

FERNANDA ALINE BREITENBACH

**APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DA MANUFATURA ENXUTA E
DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR EM UMA
EMPRESA FABRICANTE DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS
DE ENGENHARIA SOB ENCOMENDA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. João Carlos E. Ferreira, Ph.D.

Florianópolis – SC
2013

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Breitenbach, Fernanda Aline

Aplicação dos conceitos da Manufatura Enxuta e do Mapeamento do Fluxo de Valor em uma empresa fabricante de implementos rodoviários de engenharia sob encomenda / Fernanda Aline Breitenbach ; orientador, João Carlos Espíndola Ferreira ; co-orientador, Edson Pacheco Paladini. - Florianópolis, SC, 2013.

174 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Inclui referências

1. Engenharia Mecânica. 2. Manufatura Enxuta. 3. Lean Manufacturing. 4. Engenharia sob encomenda. 5. Mapeamento Fluxo Valor. I. Ferreira, João Carlos Espíndola. II. Paladini, Edson Pacheco. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. IV. Título.

FERNANDA ALINE BREITENBACH

**APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DA MANUFATURA ENXUTA E
DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR EM UMA
EMPRESA FABRICANTE DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS
DE ENGENHARIA SOB ENCOMENDA**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 09 de setembro de 2013.

Prof. Armando Albertazzi Golçalves Jr., Dr. Eng. – Coordenador do curso
Universidade Federal de Santa Catarina

João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D. – Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Edson Pacheco Paladini, Dr. Eng. – Coorientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:

Abelardo Alves de Queiroz, Ph.D.
Universidade Federal de Santa Catarina

Dalvio Ferrari Tubino, Dr. Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina

Fernando Antônio Forcellini, Dr. Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina

À minha família,
pelo apoio e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Devo o meu primeiro agradecimento ao Professor João Carlos Espíndola Ferreira, que compartilhou comigo seus conhecimentos sobre este tema, e que disponibilizou seu tempo para exercer a orientação necessária, contribuindo para o resultado final obtido.

À UFSC e seus excepcionais professores pelo ensino de alta qualidade. Ao POSMEC por proporcionar a oportunidade do desenvolvimento da pesquisa, na certeza de que esta trará contribuição para o desenvolvimento das indústrias de bens de capital do nosso país, proporcionando um futuro mais garantido para as próximas gerações.

A meu marido Cleuri, que desde o início prestou todo apoio para realização deste projeto, pelos incentivos e consolos, amor, paciência, ajuda e presença em todos os momentos. Agradeço, pois é ele o motivo principal da finalização deste trabalho.

Sobre tudo, à minha mãe Lurdes (*in memoriam*) e a meu pai Arnildo (*in memoriam*), que formaram minha personalidade e educação, me passando o exemplo de determinação e persistência, agradeço-os em cada etapa conquistada de minha vida.

Perder tempo em aprender coisas que não interessam, priva-nos de descobrir coisas interessantes.

(Carlos Drummond de Andrade)

RESUMO

No atual cenário econômico, é crescente e constante a busca das empresas em adaptar seus sistemas de produção de forma a atender as novas exigências do mercado e, ao mesmo tempo, atingir a eficiência em seus processos. Dentre as diversas metodologias que se tem conhecimento, a manufatura enxuta se destaca como uma valiosa abordagem de melhoria da cadeia produtiva. Originária da indústria japonesa, a manufatura enxuta ("*lean manufacturing*") busca a eliminação de desperdícios, visando otimizar seus recursos. O presente trabalho tem por objetivo implementar conceitos da manufatura enxuta em uma empresa fabricante de implementos rodoviários sob encomenda (ETO – "*Engineering to Order*"), que caracteriza-se pelo desenvolvimento de produtos personalizados para as necessidades de cada cliente (produtos não seriados). Para isso, pretende-se aplicar a ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV - "*Value Stream Mapping*") a um dos produtos desta empresa, o qual contém uma elevada variabilidade de materiais, peças e processos de montagem. O MFV corresponde a uma representação visual dos fluxos de materiais e informações para uma família de produtos, auxiliando para: (a) analisar o fluxo de valor, (b) identificar as principais fontes geradoras de desperdícios, (c) propor melhorias para o estado futuro e (d) agregar valor para o cliente. Esta ferramenta permitiu desenvolver um fluxo contínuo, reduzir o *lead time* e flexibilizar a linha de montagem em uma empresa do setor metal-mecânica de produtos sob encomenda. Os resultados alcançados com a aplicação desta ferramenta na montagem do semirreboque foram as seguintes: redução de 75% no tempo de estocagem de matéria-prima, redução de 49% no *lead time* do produto, redução de 92% na distância percorrida, redução de 80% no tempo de transporte de materiais e produtos, redução de 94% no tempo de preparação do box de montagem, redução de 75% no tempo de espera de processo, redução de 50% no tempo de posicionamento de peças e subconjuntos, e redução de 20% no tempo de processamento do produto.

Palavras-chave: Manufatura Enxuta, Mapeamento do Fluxo de Valor, Redução de Desperdícios, Produtos Personalizados e Semirreboque.

ABSTRACT

In the current economic scenario, it is an increasing trend of companies seeking to adapt their production systems to meet the new demands of the market and at the same time, achieve efficiency in their processes. Among the various methodologies that have knowledge, lean manufacturing stands out as a valuable approach to improving the supply chain. Originally from Japanese industry, lean manufacturing ("lean manufacturing") seeks to eliminate waste, to optimize its resources. This paper aims to implement lean manufacturing concepts into a manufacturer of custom road implements (ETO - "Engineering to Order"), which is characterized by the development of custom products for the needs of each client (non-series) . For this, we intend to apply the tool Value Stream Mapping (VSM - "Value Stream Mapping") to one of the products of this company, which contains a high variability of materials, parts and assembly processes. The MFV corresponds to a visual representation of the flow of materials and information for a product family, helping to: (a) analyze the value stream, (b) identify the main sources of waste, (c) propose improvements to the state future and (d) add value to the customer. This tool allowed the development of a continuous flow, reduce lead time and flexible assembly line in a company in the metal-mechanical products custom. The results achieved with the application of this tool in assembling the semitrailer were as follows: 75% reduction in storage time of raw material, 49% reduction in product lead time, 92% reduction in the distance, a reduction of 80 % in time for transporting materials and products, 94% reduction in preparation time box mounting, a 75% reduction in waiting time process, 50% reduction in time positioning of parts and subassemblies, and reduced 20% in product processing time.

Keywords: Lean Manufacturing, Value Stream Mapping, Waste Reduction, Custom Products and Semi-Trailer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Chassi do Semirreboque (base).....	4
Figura 2 - Semirreboque (chassi + estrutura do sobre chassi).....	4
Figura 3 - Semirreboque acoplado ao veículo trator	4
Figura 4 - Modelo do Sistema Toyota de Produção	11
Figura 5 - Relação da filosofia enxuta e do sistema JIT.....	13
Figura 6 - Fluxo de Produção em Lotes x Fluxo Contínuo de Produção	26
Figura 7 - Estoque elevado esconde os problemas existentes	27
Figura 8 - Etapas iniciais do Mapeamento do Fluxo de Valor.	28
Figura 9 - Ícones do Mapeamento do Fluxo de Valor.....	32
Figura 10 - Fluxo de Materiais e Informações	33
Figura 11 - Gerenciamento e foco de atuação	34
Figura 12 - Selecionando uma família de produtos.....	34
Figura 13 - Exemplo de Mapa do Fluxo de Valor do estado atual.....	36
Figura 14 - Linha de tempo do mapeamento do fluxo de valor	37
Figura 15 - Processo puxador conforme sistema de produção	40
Figura 16 - Exemplo de Mapa do Fluxo de Valor do estado futuro.....	42
Figura 17 - Imagem do chassi do semirreboque.....	47
Figura 18 - Imagem de um Semirreboque (chassi + sobre chassi).....	48
Figura 19 - Leiaute da Matriz da Empresa	51
Figura 20 - Leiaute da Filial da Empresa	53
Figura 21 - Exemplos de variações internas e externas de semirreboque	58
Figura 22 -Fluxograma global do semirreboque	59
Figura 23 - Etapas de Implementação dos Conceitos Enxutos.....	62
Figura 24 - Limite de Contorno do MFV	65
Figura 25 - Modelo de Folha de Mapeamento	67
Figura 26 - Histórico da demanda do Semirreboque 2011/2012.....	68
Figura 27 - Modelo de linha de tempo de um produto	71
Figura 28 - Mapa Macro Atual do Semirreboque.....	73
Figura 29 - Mapa do Estado Atual do Chassi do Semirreboque	75
Figura 30 - GBP Atual da Montagem do Chassi do Semirreboque.....	76
Figura 31 - Mapa do Estado Atual do Sobre Chassi do Semirreboque	77

Figura 32 - GBP Atual da Montagem do Sobre Chassi do Semirreboque	78
Figura 33 - Informações do Processo de Montagem do Chassi do Semirreboque	80
Figura 34 - Informações do Processo de Montagem do Sobre Chassi do Semirreboque.....	80
Figura 35 - Fluxo de transporte atual do semirreboque.....	84
Figura 36 - Mapa do estado futuro do chassi do semirreboque.....	91
Figura 37 - GBP Futuro da Montagem do Chassi do Semirreboque.....	92
Figura 38 - Mapa do estado futuro do sobre chassi do semirreboque	94
Figura 39 - GBP Futuro da Montagem do Sobre Chassi do Semirreboque	95
Figura 44 - Fluxo de transporte futuro do semirreboque.....	104
Figura A.50 - Organograma Macro da Empresa	131
Figura A.51 - Organograma Micro da Matriz	132
Figura A.52 - Organograma Micro da Filial.....	132
Figura B.53 – Organização e identificação da MP no pátio.....	133
Figura B.54 - Organização e identificação da MP na linha de montagem	134
Figura B.55 - Modelo de Instrução de Trabalho	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo da demanda dos produtos em 2011	69
Tabela 2 - Resumo da demanda dos produtos em 2012	69
Tabela 3 - Resumo do Estado Atual do Semirreboque.....	79
Tabela 4 - Resumo dos Tempos de Estoque de Matéria-prima.....	81
Tabela 5 - Resumo dos Tempos de Estoque de Produto Acabado	82
Tabela 6 - Resumo do <i>Lead time</i> do Semirreboque.....	82
Tabela 7 - Distâncias percorridas nos trajetos e processos do chassi (leiaute atual).....	85
Tabela 8 - Distância percorridas nos trajetos e processos do sobre chassi (leiaute atual).....	85
Tabela 9 - Resumo das Distâncias Percorridas para Montagem do Semirreboque	86
Tabela 10 - Resumo do Tempo de Preparação do Box, Gabaritos e Equipamentos para Montagem.....	87
Tabela 11 - Resumo do Tempo de Espera do Semirreboque	87
Tabela 12 - Resumo do Tempo de Posicionamento das Peças e Subconjuntos	88
Tabela 13 - Resumo do <i>Lead time</i> de Processamento x Tempo de Agregação de Valor	88
Tabela 14 - Resumo do Tempo de Limpeza do Semirreboque	89
Tabela 15 - Resumo do Tempo de Inspeção do Semirreboque	89
Tabela 16 - Redução do Tempo de Estocagem da Matéria-prima	99
Tabela 17 - Redução do Tempo de Estocagem do Produto Acabado	99
Tabela 18 - Redução do <i>Lead Time</i>	100
Tabela 19 - Redução do Tempo de Preparação do box, Gabaritos e Equipamentos.....	102
Tabela 20 - Distâncias percorridas nos trajetos e processos do chassi (leiaute futuro).....	105
Tabela 21 - Distâncias percorridas nos trajetos e processos do sobre chassi (leiaute futuro)	105
Tabela 22 - Comparativo das distâncias percorridas em cada mapa	106
Tabela 23 - Tempo para transporte e movimentação de materiais e produtos	106
Tabela 24 - Redução do Tempo de Espera	108
Tabela 25 - Redução do Tempo de Posicionamento de Peças e Subconjuntos.....	110
Tabela 26 - Redução no Tempo de Processamento	113
Tabela 27 - Redução do Tempo de Limpeza.....	114
Tabela 28 - Redução do Tempo de Inspeção.....	114
Tabela 29 - Resumo os resultados do mapa futuro do Chassi do Semirreboque.....	115

Tabela 30 - Resumo dos resultados do mapa futuro do Sobre Chassi do Semirreboque	115
Tabela 31 - Resumo das Principais Melhorias Propostas e os Resultados Esperados	116
Tabela 32 - Cronograma de melhorias implementadas em 2012 e 2013.....	119
Tabela 33 – Resumo dos resultados obtidos com a implementação parcial do mapa futuro .	121

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Combinações veiculares de carga	46
Quadro D.2 - Soldagem do suporte do engate elétrico na frontal do chassi.....	145
Quadro D.3 - Montagem das almas intermediárias da frontal do chassi.....	146
Quadro D.4 - Montagem do distanciador do balanceiro	147
Quadro D.5 - Montagem da travessa na frontal do chassi.....	148
Quadro D.6 - Montagem da suspensão no corpo do chassi.....	148
Quadro D.7 - Montagem da suspensão no corpo do chassi.....	149
Quadro D.8 – Montagem do corpo x frontal do chassi	151
Quadro D.9 - Montagem das travessas do chassi	152
Quadro D.10 - Montagem das sapatas dos eixos.....	153
Quadro D.11 - Montagem dos eixos no chassi.....	154
Quadro D.12 - Alinhamento do chassi	155
Quadro D.13 - Elevadores para montagem dos semirreboques.....	156
Quadro D.14 - Montagem das dobradiças das portas traseiras.....	157
Quadro D.15 - Montagem da longarina lateral inferior.....	158
Quadro D.16 - Nivelamento do semirreboque.....	159
Quadro D.17 - Montagem do quadro da porta lateral.....	161
Quadro D.18 - Esquadrejamento da estrutura metálica.....	163
Quadro D.19 - Andaimos internos para revestimento	164
Quadro D.20 - Instalação das lanternas nas portas traseiras.....	165
Quadro D.21 - Teste de funcionamento do sistema elétrico do semirreboque.....	166
Quadro D.22 - Organização dos materiais e ambientes fabris	167
Quadro D 23 - Dispositivos de transporte de peças	169

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AET – Autorização Especial de Trânsito
- ATO – *Assembly to Order*
- ANFIR – Associação dos Fabricantes de Implementos Rodoviários
- BOM – Lista de Materiais (*Bill of Materials*)
- CCQ – Círculo de Controle da Qualidade
- CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito
- DNIT – Departamento Nacional de Trânsito
- ERP – Planejamento de Recursos Empresariais (*Enterprise Resourcing Planning*)
- GBO – Gráfico de Balanceamento do Operador
- GMC – Grupos de Melhoria Contínua
- ETO – *Engineering to Order*
- FIFO – *First In First Out*
- FP – Fabricação de Peças
- JIT – *Just in Time*
- LEI – *Lean Enterprise Institute*
- LLI – Longarina Lateral Inferior
- L/T – *Lead Time*
- ME – Manufatura Enxuta
- MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping*)
- MO – Mão-de-obra
- MP – Matéria-prima
- MRP – Planejamento dos Recursos de Manufatura (*Material Requeriment Planning*)
- MST – *Make to Stoke*
- MTO – *Make to Order*
- NR – Norma de Segurança no Trabalho em Máquina e Equipamentos
- OF – Ordem de Fabricação
- PA – Produto Acabado
- PBT – Peso Bruto Total
- PBTC – Peso Bruto Total Combinado
- PCP – Planejamento e Controle da Produção

QD – Quadro Dianteiro

QPL – Quadro da Porta Lateral

QT – Quadro Traseiro

RH – Recursos Humanos

RNC – Relatório de Não Conformidade

STP – Sistema Toyota de Produção

TVA – Tempo de Agregação de valor

TPM – Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance*)

TRF – Troca Rápida de Ferramenta

T/C – Tempo de Ciclo

WIP – *Work in process*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	CARACTERÍSTICAS DO TEMA DA PESQUISA	1
1.2	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	3
1.3	CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO	5
1.4	METODOLOGIA	6
1.5	OBJETIVOS	7
1.5.1	Objetivo Geral	7
1.5.2	Objetivos Específicos	7
1.6	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	8
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO	8
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1	O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	9
2.2	MANUFATURA ENXUTA	12
2.3	DESPERDÍCIOS NOS SISTEMAS PRODUTIVOS	16
2.3.1	Superprodução	17
2.3.2	Espera	17
2.3.3	Transporte excessivo	18
2.3.4	Perdas no processamento	18
2.3.5	Estoque desnecessário	19
2.3.6	Movimentação desnecessária	19
2.3.7	Produtos defeituosos	19
2.4	JUST IN TIME	20
2.5	AUTONOMAÇÃO – “JIDOKA”	22
2.6	PRINCÍPIOS ENXUTOS	23
2.7	MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR	28
2.7.1	Fluxo de materiais e de informações	33
2.7.2	O gerente do fluxo de valor	33
2.7.3	Seleção da família de produtos	34
2.7.4	Mapa do estado atual	35
2.7.5	Mapa do estado futuro	38
2.7.6	Plano de implementação	42

3 ESTUDO DE CASO: IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA DE MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR NA LINHA DE MONTAGEM DE UMA FAMÍLIA DE PRODUTOS SOB ENCOMENDA	44
3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS	44
3.1.1 Transporte Rodoviário no Brasil	44
3.1.2 Características dos Implementos Rodoviários.....	45
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	49
3.2.1 Estrutura Organizacional	50
3.2.2 Leiaute da empresa	50
3.3 SELEÇÃO DO PRODUTO A SER MAPEADO.....	54
3.4 PROCESSOS DE MANUFATURA	54
3.5 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTIVO	56
3.6 ESTRUTURA DE IMPLANTAÇÃO DO TRABALHO.....	61
3.6.1 Preparação	62
3.6.2 Atividades Paralelas	63
3.7 MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL	63
3.7.1 Seleção da família do produto	63
3.7.2 Limites de contorno do mapeamento.....	64
3.7.3 Registro das informações do mapeamento	67
3.7.4 Levantamento da demanda do semirreboque	68
3.7.5 Mapa do estado atual	70
3.8 ANÁLISE DO MAPA ATUAL	79
3.8.1 Estoque matéria-prima e produto acabado	81
3.8.2 <i>Lead time</i> do produto.....	82
3.8.3 Transporte e leiaute	83
3.8.4 Preparação do box de montagem, gabaritos e equipamentos	86
3.8.5 Esperas de Processo.....	87
3.8.6 Posicionamento de peças e subconjuntos	87
3.8.7 Processamento	88
3.8.8 Limpeza	88
3.8.9 Inspeção.....	89
3.9 MAPA DO ESTADO FUTURO	89
3.9.1 Melhorias no estoque de matéria-prima e produto acabado	98

3.9.2	Melhorias no <i>lead time</i> do produto.....	99
3.9.3	Melhorias na preparação do box de montagem, gabaritos e equipamentos	100
3.9.4	Melhorias no transporte e leiaute.....	102
3.9.5	Melhorias na espera de processos.....	107
3.9.6	Melhorias no posicionamento de peças e subconjuntos	109
3.9.7	Melhorias no processamento	111
3.9.8	Melhorias na limpeza e inspeção.....	113
3.9.9	Resumo dos resultados esperados no mapa futuro	114
3.10	PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO	118
3.11	MELHORIAS IMPLEMENTADAS	120
3.11.1	Resumo das Melhorias Implementadas	120
3.11.2	Resultados obtidos.....	120
3.11.3	Principais dificuldades encontradas.....	121
4	CONCLUSÃO	122
4.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	122
4.2	CONTRIBUIÇÕES	123
4.3	RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	124
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	126
6	APÊNDICE A – ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM PARALELO AO MFV .	131
7	APÊNDICE B – ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM PARALELO AO MFV .	133
8	APÊNDICE C – FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A GERAÇÃO DE DESPERDÍCIOS	137
9	APÊNDICE D – MELHORIAS IMPLEMENTADAS.....	145
10	ANEXO A – LIMITES DE COMPRIMENTO, PBT E PBTC PARA CADA COMBINAÇÃO DE VEÍCULO	170

1 INTRODUÇÃO

1.1 CARACTERÍSTICAS DO TEMA DA PESQUISA

O fim das barreiras comerciais entre países e o inevitável crescimento da concorrência têm obrigado as empresas a adotar dois tipos de estratégia: fabricar produtos em grande quantidade para atender a demanda (produção em massa) ou desenvolver produtos diferenciados conforme a necessidade e expectativas dos clientes (produção personalizada).

Segundo Tubino (2000), cada vez mais a competição ocorre entre cadeias produtivas e não apenas entre as empresas. Isto requer que as empresas aumentem a eficiência e a eficácia de seus processos, buscando produzir cada vez mais rápido, com menos recursos e ao menor custo possível.

Em ambos os casos, as empresas devem buscar melhorar continuamente seus produtos e processos, reduzindo os tempos de atravessamento (*lead times*) dos produtos, modernizando suas instalações e maquinários, oferecendo assim para os clientes produtos com alto nível de qualidade, extrema rapidez e custos reduzidos.

Inúmeras metodologias e ferramentas para aumentar a qualidade e a produtividade vêm sendo desenvolvidas nas últimas décadas, algumas se destacando mais, devido aos resultados que proporcionam.

Frederick Taylor e Henry Ford predominaram até 1950 com um sistema de gestão voltado a produção em larga escala (produção em massa), que visava reduzir os custos unitários dos produtos e especializar o trabalho no chão de fábrica.

A partir de 1960, os japoneses difundiram a filosofia da manufatura enxuta (*Lean Manufacturing*), caracterizando-se pelo combate a todas as formas de desperdício no sistema produtivo, disseminando a ideia de que todas as atividades e esforços despendidos em um ambiente produtivo devem ter um único objetivo: agregar valor ao produto, criando desta forma, valor ao cliente.

Baseadas nestes princípios, várias empresas passaram a adotar em seus processos métodos da produção enxuta, mapeando seu fluxo de valor atual para identificar pontos potenciais para reduzir desperdícios e agregar valor ao produto.

No entanto, em ambientes de produção do tipo sob encomenda (ETO – "*Engineering to Order*"), uma grande dificuldade é encontrada na transformação das práticas convencionais em práticas que visem a eliminação dos desperdícios por meio do Mapeamento do Fluxo de

Valor (MFV). Diferentemente das indústrias de produção em massa (produtos seriados), nas quais a padronização dos processos produtivos e a estabilidade da demanda são mais evidentes, as empresas de ETO encontram grandes obstáculos que exigem que alguns conceitos de Manufatura Enxuta sejam adaptados exclusivamente para este ambiente de produção. Além disso, muitas empresas que possuem ampla gama de peças apresentam dificuldades na implantação dos conceitos de manufatura enxuta que, segundo Nazareno (2003), é causada principalmente pela redução da visibilidade de peças a serem mapeadas.

Perdomo (2010) evidenciou a dificuldade em aplicar conceitos enxutos em linhas de montagem com elevada variabilidade de peças forçando as empresas a desenvolver métodos de implementação específicos, respeitando as peculiaridades de cada empresa.

Diante disso, este trabalho busca implementar os conceitos de manufatura enxuta, mais especificamente do mapeamento do fluxo de valor (MFV) em um ambiente de manufatura de produtos personalizados, com processos artesanais e alta variabilidade de peças, visando reduzir o *lead time*, eliminar os desperdícios e manter a linha de montagem flexível para atender a demanda de produtos sob encomenda.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

A logística de transporte se caracteriza por distribuir produtos e conduzir da melhor forma a circulação de materiais e serviços, proporcionando o correto deslocamento dos produtos aos menores custos possíveis.

No Brasil verifica-se uma grande concentração e opções de transporte no modal rodoviário, sendo este responsável por 65% do transporte de carga no país, segundo o Guia de Logística (2011). As rodovias possuem grande flexibilidade, facilitando a demanda por seus serviços, além de caracterizar-se por um custo fixo baixo e custos variáveis altos (Bowersox; Closs & Cooper, 2006).

Impulsionadas pela expansão na demanda de transporte de cargas, as vendas no setor de implementos rodoviários têm registrado forte crescimento. Segundo levantamento da Anfir - Associação dos Fabricantes de Implementos Rodoviários, no período de janeiro a agosto de 2011, os implementos tiveram um aumento de 19,26% em relação ao mesmo período de 2010, sendo emplacados 126.499 implementos contra 106.073 em 2010.

Implementos emplacados são aqueles em que a placa e o lacre do veículo são fixados, permitindo que os implementos trafeguem e transportem cargas nas rodovias. Nas estatísticas de implementos emplacados não são considerados os implementos fabricados e estocados.

Atualmente o Brasil possui cerca de 1500 empresas que fabricam implementos rodoviários para transporte de cargas. As dez maiores empresas detêm 85% do mercado de reboques e semirreboques, segundo a Anfir.

A empresa considerada como estudo nesta dissertação está inserida neste mercado há 76 anos. Ela possui duas plantas industriais (matriz e filial), ambas localizadas no Médio Vale Catarinense. Além do semirreboque, a empresa também fabrica outros produtos do segmento rodoviário.

O semirreboque tem a função de transportar cargas em geral, sendo utilizado por diversas empresas em todo o mundo. É composto por uma base (chassi) e uma estrutura (sobre chassi). O chassi é o subconjunto que sustenta a estrutura, sendo esta composta pelos eixos, suspensões, rodados, almas e travessas (figura 1).



Figura 1 – Chassi do Semirreboque (base)

Fonte: Empresa

A estrutura do semirreboque é montada sobre o subconjunto do chassi, podendo esta ser revestida de chapa de alumínio (designada de "metálica") ou de lona deslizante nas laterais (chamada de "lonada") (figura 2).



Figura 2 - Semirreboque (chassi + estrutura do sobre chassi)

Fonte: Empresa

A figura 3 ilustra o semirreboque, composto pelo chassi e a estrutura metálica, acoplado a um veículo trator (caminhão), utilizado para tracionar o semirreboque.



Figura 3 - Semirreboque acoplado ao veículo trator

Fonte: Empresa

Por se tratar de uma empresa com produtos personalizados, o semirreboque apresenta elevada variação dimensional, de materiais e acabamentos.

Segundo a Resolução do Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN nº 210, a lei 9.503 estabelece os limites de dimensões para o semirreboque: altura máxima 4.400 mm, largura máxima 2.600 mm e comprimento máximo 18.600 mm, somando-se o semirreboque e o veículo trator. Estas dimensões podem variar a cada 40 mm, conforme a especificação do cliente, resultando em centenas de configurações.

O mesmo ocorre com a posição, quantidade e dimensões das portas laterais, a largura interna do implemento, o modelo de porta traseira, o material utilizado no revestimento interno (piso, laterais e teto), entre outros.

Estas infinitudes de configurações resultam em produtos altamente personalizados e desenvolvidos exclusivamente para cada cliente, gerando a necessidade de desenvolverem-se orçamentos, projeto, lista de materiais e compra de materiais específicos. Desta mesma forma, a linha de montagem desses produtos deve levar em consideração todas as variações que podem ocorrer a cada novo pedido. Isso implica diretamente no desenvolvimento de gabaritos e dispositivos de montagem, definição da quantidade de itens em estoque, logística dos materiais e alocação de recursos.

1.3 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

As contribuições deste trabalho podem ser classificadas em contribuições acadêmicas, industriais e pessoais.

Academicamente por contribuir com a realização de um amplo levantamento bibliográfico sobre Manufatura Enxuta e Mapeamento de Fluxo de Valor voltado para produtos personalizados (ETO), buscando apresentar problemas encontrados no dia-a-dia de uma empresa de manufatura de produtos diferenciados, altamente variáveis e com ampla gama de peças e materiais. Além disso, são apresentados os resultados de algumas aplicações práticas das metodologias difundidas para empresas de produtos seriados, em uma linha de montagem caracterizada pela sua flexibilidade, permitindo a montagem de produtos diferenciados a cada novo pedido.

Industrialmente por se tratar de um trabalho que visa nivelar e balancear as linhas de produção, buscando reduzir desperdícios e agregar maior valor aos produtos fabricados, tendo como principal finalidade aumentar a qualidade dos produtos, reduzir o *lead time* (tempo de atravessamento) e manter a flexibilidade da linha de montagem para produtos ETO.

Este trabalho poderá ser usado como fonte de apoio para futuras implantações dos conceitos de manufatura enxuta e utilização da ferramenta do MFV em empresas de manufatura que não fabricam produtos padronizados e com demandas previsíveis, e sim produtos sob encomenda (ETO).

Este trabalho também poderá contribuir como material de referência no apoio à tomada de decisões para gestores e diretores, principalmente para empresas que possuem produtos personalizados ou com as mesmas características, permitindo que as empresas consigam oferecer produtos com alta qualidade, baixos custos e personalizados conforme a necessidade dos clientes.

Além das contribuições já citadas, o presente trabalho visa também contribuir para o desenvolvimento social e cultural dos colaboradores, principalmente dos que integram a equipe de implementação e os Grupos de Melhoria Contínua – GMC que estão diretamente engajados na aplicação dos conceitos enxutos. Os programas de treinamentos auxiliam no desenvolvimento da capacitação dos colaboradores, na qualificação profissional e na disseminação dos conceitos enxutos em regiões que as desconhecem.

1.4 METODOLOGIA

Este trabalho visa gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigida à solução de problemas relacionados à produtividade e qualidade industrial, por meio de um estudo de caso em uma empresa do setor metal-mecânico do sul do país, fabricante de implementos rodoviários sob encomenda (ETO).

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica preliminar, com o intuito de compreender melhor os conceitos relativos ao Sistema Toyota de Produção, produção puxada, Manufatura Enxuta (ME) e mapeamento de fluxo de valor (MFV). Os resultados dessa pesquisa bibliográfica são a base inicial deste trabalho.

Pode-se dividir o projeto de pesquisa em três etapas principais: revisão bibliográfica, análise do mapeamento de fluxo de valor atual, desenvolvimento de mapas futuros e implementação das melhorias.

No método implementado, foi efetuado o estudo e definição dos mapas atuais do semirreboque. Equipes de trabalho foram necessárias para auxiliar na obtenção dos dados e informações, bem como fornecer suporte aos envolvidos.

Através dos conhecimentos adquiridos a respeito das condições da linha de montagem verificadas pela análise dos mapas atuais, foram sugeridas melhorias visando a elaboração dos

mapas futuros. De posse dos mapas futuros, foi proposto um plano de implementação das melhorias, considerando o treinamento dos colaboradores da empresa para entender e aplicar a filosofia enxuta no ambiente ETO, buscando a melhoria contínua de seus produtos e processos.

Em paralelo ao MFV, um sistema de controle da qualidade e Grupos de Melhoria Contínua foram criados para dar suporte às melhorias implementadas. Indicadores de qualidade e produtividade medem a eficiência destas melhorias, proporcionando a obtenção de dados mais concretos e confiáveis.

Nas considerações finais serão descritos os resultados obtidos e as dificuldades encontradas para a implementação do modelo proposto, bem como uma avaliação da eficiência do Mapeamento de Fluxo de Valor.

1.5 OBJETIVOS

O Objetivo Geral e os Objetivos Específicos deste trabalho são apresentados a seguir.

1.5.1 Objetivo Geral

Aplicar os princípios da Manufatura Enxuta na linha de montagem do semirreboque de uma fabricante de implementos rodoviários sob encomenda, utilizando o método de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) para nivelar a produção, reduzir o *lead time*, identificar desperdícios e garantir a flexibilidade da produção dos produtos sob encomenda.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Elaborar o mapa do estado atual e futuro da linha de montagem do semirreboque, identificando as fontes de desperdícios;
- Adaptar os conceitos *Make to Order* (MTO) para *Engineering to Order* (ETO);
- Elaborar um plano de implementação para adaptar os conceitos de manufatura enxuta em um ambiente de produtos com elevada variabilidade de peças e materiais, mantendo seus processos produtivos flexíveis para atender a demanda irregular.

1.6 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho tem as características de um estudo de caso, tendo como resultado final pretendido a implementação parcial do plano de melhorias descritas no mapa futuro. Como o plano de implementação das melhorias não possui caráter de imposição ao sistema produtivo da empresa, fica a critério da empresa a implementação das melhorias e o seu prazo para conclusão.

Devido à limitação de tempo e de recursos da empresa para investimento, houve resultados parciais na aplicação das melhorias propostas no mapa proposto.

Os esforços desta dissertação foram mapear e propor melhorias no fluxo de valor na linha de montagem do semirreboque, no fluxo de valor porta-a-porta da filial. O plano de implementação de melhorias no fluxo de valor abrange desde o recebimento das peças até a montagem final do produto.

Não fazem parte do mapeamento os processos administrativos, compras, comercial, desenvolvimento do produto, fabricação das peças, logística e almoxarifado. Além disso, não será objetivo do estudo mapear e propor melhorias na montagem dos freios e na entrega técnica do produto ao cliente.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estruturação desta dissertação é apresentada da seguinte forma:

Capítulo 1: Introdução

Este capítulo apresenta o tema de pesquisa e caracteriza a aplicação do MFV em um produto sob encomenda (ETO). Descreve a contextualização do problema, as contribuições, as delimitações, o detalhamento dos objetivos e a estrutura do trabalho, bem como a metodologia utilizada para alcançá-los.

Capítulo 2: Revisão Bibliográfica

Este capítulo contém a revisão bibliográfica sobre o Sistema Toyota de Produção e a filosofia *Lean Manufacturing*, descrevendo seus conceitos, ferramentas e técnicas de implementação para promover a sustentação teórica do estudo de caso. São apresentadas também a metodologia do Mapeamento do Fluxo de Valor, seu conceito e técnicas de implementação.

Capítulo 3: Estudo de Caso: Implementação da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor na linha de montagem de uma família de produtos sob encomenda (ETO – *Engineering to order*)

No capítulo 3 é apresentado o estudo de caso, com a análise do sistema produtivo do produto estudado e a aplicação dos conceitos do Mapeamento do Fluxo de Valor. São identificadas todas as etapas envolvidas na montagem do produto, o fluxo de materiais e de informações, auxiliando na elaboração dos mapas do estado atual e contribuindo para a identificação das fontes de desperdícios e das operações que agregam valor ao cliente.

Além disso, são analisados os mapas atuais, propondo melhorias ao sistema produtivo, onde são elaborados os mapas do estado futuro e seus respectivos planos de implementação.

Ao final deste capítulo são detalhadas algumas das melhorias implementadas na linha de montagem e os resultados alcançados na redução do tempo de *lead time* da linha de montagem do semirreboque.

Capítulo 4: Conclusão

No capítulo final são abordadas as conclusões do trabalho, os resultados obtidos com a pesquisa, levando em conta os objetivos propostos, dificuldades encontradas e recomendações e contribuições para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo apresenta-se a revisão da bibliografia existente sobre o Sistema Toyota de Produção, Manufatura Enxuta, seus conceitos *Just-in-time*, *Jidoka* e sua ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor, explicando as vantagens da adoção destes métodos no sistema produtivo.

Esta revisão fornece o suporte necessário para o entendimento e aplicação dos conceitos de manufatura enxuta em uma empresa do setor metal-mecânico fabricante de implementos rodoviários sob encomenda.

2.1 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

O Sistema Toyota de Produção (STP), conhecido também como Sistema de Produção Enxuta, tem sua origem junto à indústria automobilística japonesa, quando engenheiros da empresa *Toyota Motor Corporation*, após a Segunda Guerra Mundial, fizeram várias visitas

às fábricas norte-americanas com o intuito de verificar o funcionamento do sistema de produção em massa, para adaptá-lo à indústria japonesa (GHINATO, 2000).

Neste período, a economia japonesa estava devastada pela guerra e necessitava se reerguer e impulsionar sua produtividade. O país não dispunha de recursos para investimentos em tecnologia e máquinas dedicadas à produção de somente um tipo de produto, como na produção em massa.

Por isso, apesar das tentativas de implantar do sistema de produção em massa, notou-se que não seriam alcançadas as mesmas vantagens para as indústrias japonesas, obrigando a Toyota a adaptar o sistema de produção em massa à sua realidade.

Como o mercado japonês na época dispunha de uma demanda limitada e necessitava de uma grande variedade de produtos, estas restrições tornaram necessária a produção de pequenas quantidades de diferentes produtos sob condições de baixa demanda (OHNO, 1997).

Para isso, era preciso desenvolver um sistema que unisse as vantagens da produção artesanal, com trabalhadores altamente qualificados e ferramentas flexíveis para produzir exatamente o que o consumidor desejava, mantendo as vantagens da produção em massa, como elevada produtividade e baixo custo.

Então a eliminação do desperdício passou a ser o foco de todas as ações da Toyota para se adaptar às condições de demanda, surgindo assim o Sistema Toyota de Produção. Seu objetivo mais importante foi aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e completa de desperdícios (OHNO, 1997). Assim, surgiu o Princípio do Não Custo que modifica a tradicional equação: “Custo + Lucro = Preço”, sendo substituída por: “Preço - Custo = Lucro”.

Com esta nova abordagem, a produtividade da Toyota passou a ter outro enfoque, pois para aumentar os lucros era necessário reduzir os custos através da eliminação de desperdícios. No STP, o principal objetivo é atender da melhor maneira possível às necessidades do cliente, fornecendo-lhe produtos e serviços de elevada qualidade, no menor custo e no menor *lead time* possível (GHINATO, 2000).

A figura 4 representa o modelo do Sistema Toyota de Produção, onde seu fundamento está estruturado na absoluta eliminação dos desperdícios, tendo dois pilares necessários a sua sustentação: *Justi in Time* e Autonomiação (*Jidoka*) (OHNO, 1997). Segundo Slack (2009), o *Just in Time* é definido como a movimentação rápida e coordenada de componentes ao longo do sistema de produção, objetivando manter o fluxo contínuo das atividades em processo, enquanto o *Jidoka* busca interromper o fluxo de materiais no caso de ocorrer qualquer anomalia, operacionalizado por dispositivos “à prova de falhas”.

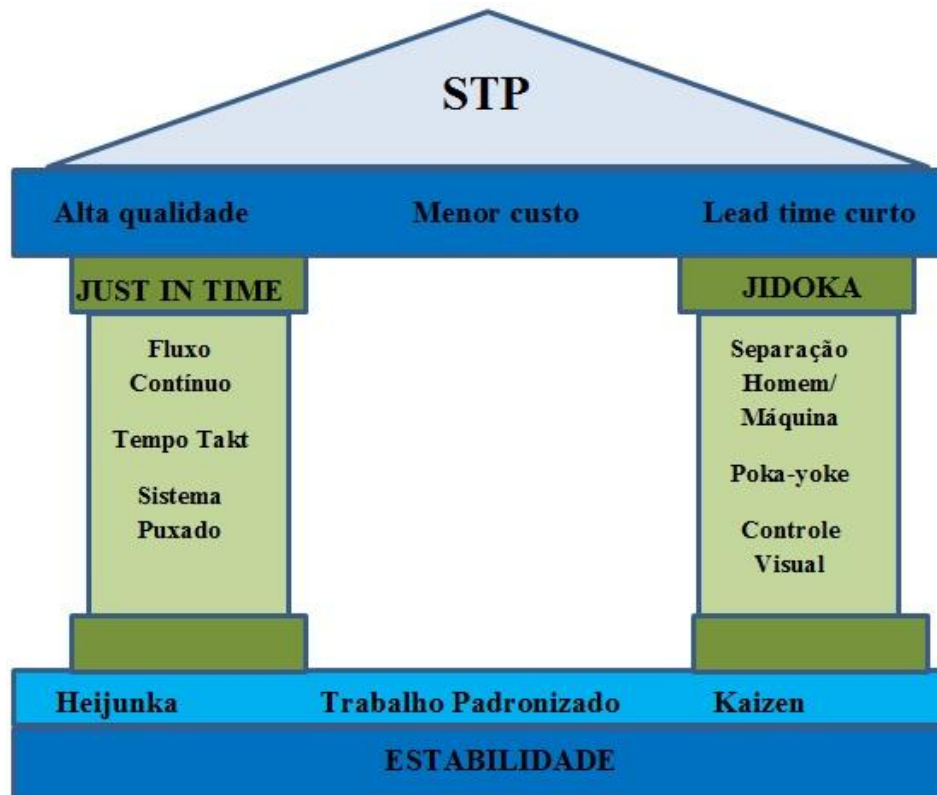


Figura 4 - Modelo do Sistema Toyota de Produção

Fonte: Adaptado de L exico *Lean*, 2003

Al em dos itens citados, o STP proporciona um ambiente de trabalho seguro, no qual a moral e a satisfa o dos colaboradores t em grande importância, envolvendo e integrando todas as partes da organiza o.

Atualmente o STP vem sendo implementado em várias empresas de diversos ramos produtivos em todo o mundo, sendo uma ferramenta forte para garantir a sobrevivência das indústrias no mercado.

Porém, para garantir a eficácia de métodos do STP deve-se ter uma estrutura básica implantada.   necessário ter funcionários bem treinados e em quantidade suficiente para o processo, disponibilidade de máquinas suficientes para produzir de acordo com a demanda dos clientes, material suficiente em mãos para atender a produ o, e métodos de trabalho adequados (instru es básicas e padrões estabelecidos).

Sendo um sistema de produ o muito mais eficiente, flexível, ágil e inovador do que a produ o em massa, ele   um sistema habilitado a enfrentar melhor um mercado em constante mudança. Na verdade, sua essência   a busca, identifica o e elimina o de toda e qualquer perda.

2.2 MANUFATURA ENXUTA

O termo Manufatura Enxuta, ou do inglês “*Lean Manufacturing*”, pode ser definido como uma abordagem que busca uma forma melhor de organizar e gerenciar os relacionamentos de uma empresa com seus clientes, cadeia de fornecedores, desenvolvimento de produtos e operações de produção, na qual é possível fazer cada vez mais com menos recursos e menos tempo (WOMACK e JONES (1998).

A Manufatura Enxuta (ME) surgiu a partir do Sistema Toyota de Produção e tornou-se popular em 1990 após a publicação do livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (WOMACK *et al.*, 1992).

Conforme Martins e Laugeni (2005), a abordagem enxuta levou as empresas a resultados muito superiores aos obtidos pelas montadoras norte-americanas, que adotavam naquela época o sistema tradicional de produção em massa. Isso foi possível devido à utilização de diversas ferramentas e técnicas de forma integrada, possibilitando que a produção fosse extremamente flexível e adaptável.

A ME vêm sendo aplicadas em diversas organizações dos mais variados ramos, devido à alta competitividade do mercado. Para Shingo (1996), estas técnicas podem ser aplicadas em qualquer organização de qualquer país, porém devem ser adaptada às características de cada situação.

A manufatura enxuta é uma abordagem utilizada com o objetivo de aumentar a flexibilidade de produção, aumentar os resultados e reduzir desperdícios, sendo estes, definidos por Womack e Jones (1998) como qualquer operação que absorve recursos e não agrega valor.

É preciso reconhecer que somente uma pequena parte do tempo total e do esforço de qualquer organização agrega valor para o consumidor final e que definir claramente este valor na visão do cliente faz com que todas as atividades que não agregam valor (desperdícios), possam ser identificadas e eliminadas.

O pensamento enxuto, abordado por Womack e Jones (1998), baseia-se em cinco princípios enxutos: valor, fluxo de valor, fluxo, sistema puxado e perfeição:

- Princípio do valor: eliminar as fontes de desperdícios e criar valor;
- Princípio do Fluxo de Valor: identificar o fluxo de valor;
- Princípio do Fluxo: fazer com que o valor flua pelo processo;
- Princípio do Sistema Puxado: deixar que o consumidor puxe o valor, e

- Princípio da Perfeição: esforço rumo à perfeição.

Segundo Slack (2009), a filosofia enxuta tem foco em três princípios: a eliminação de desperdícios, o envolvimento dos funcionários na produção e o esforço de aprimoramento contínuo.

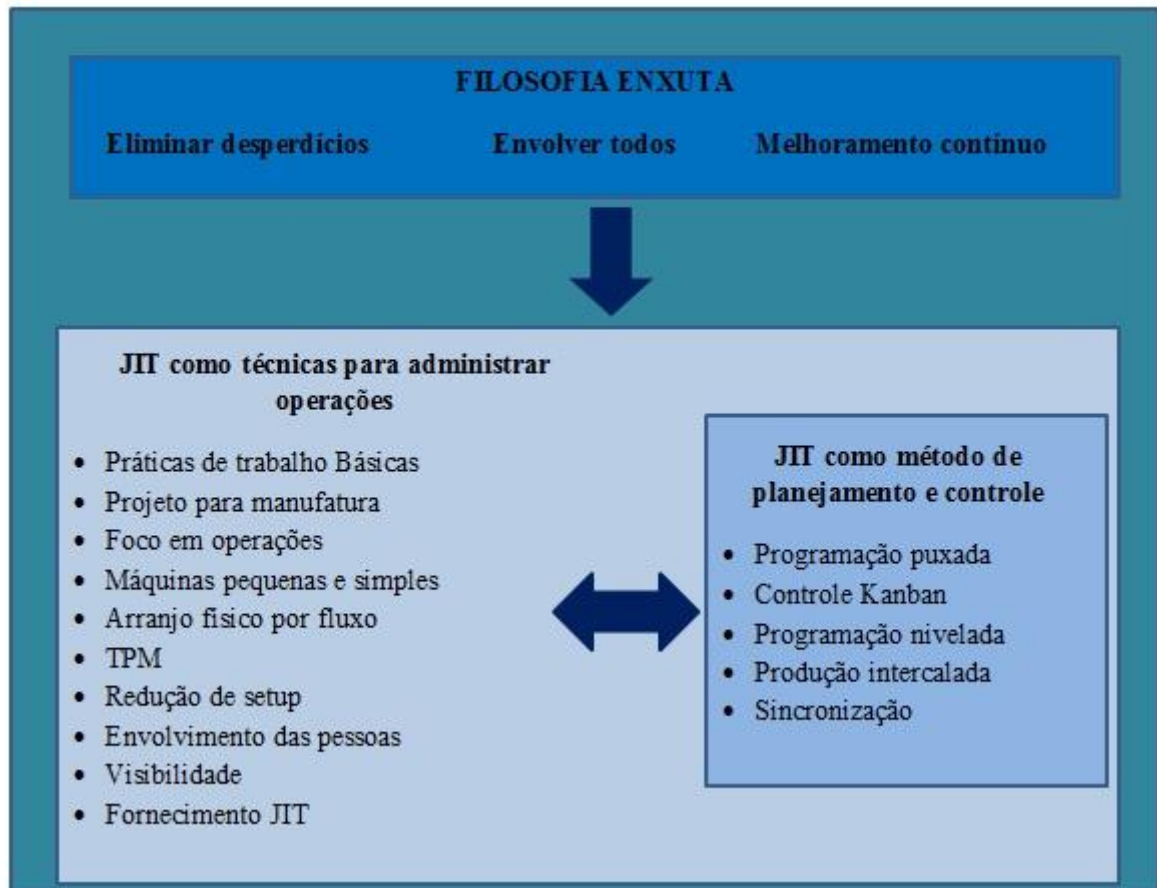


Figura 5 - Relação da filosofia enxuta e do sistema JIT

Fonte: Adaptado de Slack, 2009.

A figura 5 representa a relação destes princípios com a filosofia enxuta e com as técnicas JIT. Slack (2009) descreve cada um desses princípios:

- Eliminar os desperdícios: Parte mais significativa da filosofia enxuta, tendo como foco a eliminação de todas as formas de desperdício. Desperdício este, definido como qualquer atividade que não agregue valor.
 - **Os sete desperdícios:** São os tipos de perdas identificadas no sistema produtivo. Cada uma das perdas será descrita no item 2.3;

- **5S ou ordem visual:** Representam o alicerce da melhoria contínua mantendo um ambiente de trabalho de ordem, limpeza e padronização; eliminando desperdícios relacionados à incerteza, à espera, à busca por informações e matérias e etc. Os 5Ss são:

Seiri (senso de utilização): Manter no local de trabalho apenas os materiais e ferramentas necessárias para a execução das tarefas;

Seiton (senso de organização): Facilitar a identificação e localização dos materiais e ferramentas necessários para a realização das tarefas, evitando movimentos desnecessários;

Seiso (senso da limpeza): Manter o ambiente de trabalho limpo e arrumado;

Seiketsu (senso de padronização): Padronizar as práticas de trabalho e a organização do ambiente;

Shitsuke (senso de autodisciplina): Desenvolver o compromisso e o orgulho em manter os padrões.

- **Tempo de atravessamento:** O tempo de atravessamento é visto como uma medida de desperdício, pois quanto maior o tempo em que um item processado for mantido em estoque, em movimento, em inspeção ou a outra atividade que não agregue valor, maior será o tempo para seguir ao longo do processo; sinalizando a existência de fontes de desperdício no processo.
- **Mapeamento do Fluxo de Valor:** É uma abordagem para entender o fluxo de materiais e informações ao longo de um processo, à medida que agrega valor a um produto ou serviço. As etapas que compõem o mapeamento do fluxo de valor serão descritas no item 2.7.

- **Envolvimento de todos:** A filosofia enxuta visa fornecer diretrizes que incluam todos os colaboradores e processos da organização, incentivando a resolução de problemas por equipes, o enriquecimento de cargos (por meio de inclusão de tarefas de manutenção e *setup* na rotina dos colaboradores), a rotação de cargos e multi-habilidades.
- **Melhoria Contínua:** É uma abordagem de melhoramento contínuo de um produto, processo ou serviço, utilizado na prevenção e recuperação de falhas. A melhoria contínua também é conhecida como *Kaizen*.

Além dos princípios citados acima, Bicheno (2000), Nazareno (2003b) e Slack (2009), identificam outros conceitos, ferramentas e técnicas necessárias para a aplicação bem sucedida do pensamento enxuto:

- Práticas básicas de trabalho
- Leiaute simplificado: Um leiaute projetado de acordo com a melhor sequência ou fluxo das operações;
- Células de trabalho: Os processos são projetados para formar células de trabalho, localizadas próximas umas das outras, com o objetivo de reduzir os transportes desnecessários e os tempos de espera;
- Trabalhadores multifuncionais: Com o arranjo organizado em forma de célula, os operadores devem ser treinados para operar várias máquinas diferentes, tendo também a responsabilidade de garantir a qualidade do produto e buscar a redução dos desperdícios;
- Troca rápida de ferramentas (TRF): Desenvolver mecanismos para reduzir o *setup*, aumentando a flexibilidade da produção e reduzindo os desperdícios;
- Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive Maintenance*): Planejar e realizar manutenções dos equipamentos, garantindo o seu funcionamento confiável e reduzindo o tempo de parada ou quebra dos equipamentos;
- Desenvolvimento de fornecedores: Trabalhar com os fornecedores para desenvolver a compreensão e a confiança mútua, visando a entrega “*Just in Time*”;
- Fluxo contínuo: Desenvolver um fluxo consistente de processo de trabalho, evitando retrabalhos e interrupções;
- Nivelamento da produção: Com a redução do *setup* dos equipamentos, os lotes de produção ficam menores, gerando menores estoques de materiais e produtos acabados. Desta forma, pode-se produzir conforme a demanda do cliente, conferindo flexibilidade ao sistema produtivo;
- Produção puxada (*Kanban*): Sistema que dispara a produção ou movimentação de um material de um estágio a outro da operação, no qual o fornecedor não produz até que o cliente sinalize sua necessidade;
- Balanceamento da produção: Sincronizar os tempos de operação para balancear as cargas de trabalho, reduzindo os tempos de espera.
- Prevenção à prova de falhas ou “*Poka-yoke*”: Dispositivos de parada, instrumentos ou sensores para a prevenção que materiais defeituosos sigam para o próximo processo. Visa

melhorar as atividades de inspeção e garantir que os defeitos sejam identificados e eliminados rapidamente.

2.3 DESPERDÍCIOS NOS SISTEMAS PRODUTIVOS

O desperdício pode ser definido como qualquer atividade que não agregue valor ao produto ou serviço produzido. Segundo Ghinato (1996), a perda é definida como a parcela de recursos utilizados de forma não necessária. Por outro lado, Taylor (1990) associa a visão de perda à ineficiência industrial, causando o desperdício dos materiais.

Na ótica da qualidade, Taguchi (1990) define a perda como prejuízo que um produto causa à sociedade no momento em que ele é liberado para a venda. Para ele, o preço que o consumidor paga na hora da compra já representa uma perda, e uma má qualidade no produto representa um custo adicional.

Para Ohno (1997) a capacidade de produção em um sistema produtivo é representada pela equação “Capacidade de produção = trabalho + perda”, onde trabalho compreende as atividades que levam o processo a efetivamente alcançar seu objetivo. O trabalho pode adicionar valor, representado por um processamento; ou trabalho que não adiciona valor, porém é necessário para dar suporte ao processamento. E perda é toda atividade desnecessária que gera custo e não agrega valor ao produto, devendo ser eliminada.

Ohno (1997), Shingo (1996) e Slack (2009) identificam sete principais desperdícios: superprodução, espera, transporte excessivo, perdas no processo, estoque desnecessário, movimentação desnecessária e produtos defeituosos, os quais serão detalhados a seguir.

Para o STP são nestes pontos que se encontram as principais formas de desperdícios da indústria, ou seja, as atividades que consomem recursos e não agregam valor ao produto. Esta análise do sistema produtivo através do MFV permite identificar as sete perdas e desenvolver ideias e ações para eliminar uma ou mais formas de desperdício.

Há autores que defendem a existência de outras perdas no sistema produtivo. Segundo Liker (2005), ainda há um oitavo tipo de perda: o desperdício da criatividade dos funcionários. Este desperdício caracteriza-se pela perda de tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não ouvir e envolver os funcionários.

Antunes (1998) descreve outras perdas existentes no sistema produtivo: perdas ergonômicas, perdas relacionadas ao meio-ambiente, perdas energéticas e perdas na comunicação devido ao excesso de níveis hierárquicos.

Além das perdas citadas, mais três desperdícios estão presentes nos sistemas produtivos atuais: a baixa ou não utilização da capacidade intelectual humana, uso inadequado dos computadores e uso de indicadores mal estabelecidos (MIKA, 2001).

Para implementar os conceitos enxutos em um sistema produtivo, deve haver a total compreensão dos conceitos de desperdícios para poder identificá-los e eliminá-los.

2.3.1 Superprodução

A perda por superprodução consiste em produzir mais do que é imediatamente necessário para o próximo processo da produção, gerando estoques excessivos (SLACK, 2009). Basicamente existem dois tipos de perda por superprodução: a perda por produzir excessivamente (superprodução por quantidade) e a perda por produzir antecipadamente (superprodução por antecipação).

A necessidade de manter estoque de matéria-prima e produtos acabados trás a ideia de segurança, tendo como objetivo preparar-se para eventuais incertezas de entrega ou variações de preço de compra. Porém, esta abordagem de estocagem não é economicamente viável. O ideal é seguir a metodologia JIT e produzir somente o necessário, quando necessário e na quantidade necessária (MENEZES, 2003).

2.3.2 Espera

Esta perda é caracterizada por longos períodos de ociosidade de pessoas, materiais e máquinas devido à produção de estoques, resultando em fluxos pobres e *lead times* longos. As perdas por esperas podem ser: espera no processo, espera do lote ou espera do operador.

Conforme Shingo (1996) as causas que levam ao aumento das perdas por espera são as seguintes:

- Elevado tempo de preparação: longos tempos de troca de dispositivos e ferramentas;
- Falta de sincronização da produção: com o ritmo de produção desuniforme, ocorre o desbalanceamento da produção e a espera de trabalhadores e máquinas;
- Falhas não previstas que ocorrem no sistema: quebra de equipamentos, acidentes causados por fadiga dos colaboradores, etc.

De acordo com os conceitos enxutos, algumas técnicas e conceitos podem ser utilizados para reduzir ou eliminar as causas das perdas por espera: (a) a Troca Rápida de

Ferramentas (SMED), para reduzir o *setup*; (b) conceitos para sincronizar a produção, como: kanban, fluxo contínuo, balanceamento e nivelamento da produção; (c) Manutenção Produtiva Total (TPM), para manter o funcionamento confiável do equipamento e impedir paradas não programadas.

2.3.3 Transporte excessivo

O transporte excessivo está relacionado à movimentação desnecessária de materiais, informações e pessoas dentro da fábrica, elevando os custos de desempenho da produção e não agregando valor ao produto.

As perdas por transporte relacionam-se diretamente com todas as atividades de movimentação de materiais que geram custo e não adicionam valor, podendo ser eliminadas imediatamente ou em curto prazo (SHINGO, 1996). Deve-se eliminar ou reduzir ao mínimo as atividades de transporte e movimentação.

De acordo com Slack (2009), melhorias no leiaute que reduzam as distâncias percorridas entre os estágios do processo e aprimoramentos nos métodos de transporte e organização do local de trabalho, podem minimizar ou eliminar as perdas por transporte.

2.3.4 Perdas no processamento

Consiste em processamentos desnecessários na transformação de um produto ou serviço. Slack (2009) afirma que no próprio processo pode haver fontes de desperdícios, pois algumas operações existem apenas em função do projeto inadequado de componentes ou manutenção deficiente, podendo assim ser eliminados.

Esta perda pode ser eliminada usando-se:

- Análise de valor que questiona métodos a serem utilizados na produção de produtos e serviços;
- Projetos que facilitem o processamento;
- Manutenções adequadas nas máquinas e equipamentos;
- Máquinas simples e pequenas que flexibilizam a produção;
- Dispositivos à prova de erros “*Poka-yoke*”.

2.3.5 Estoque desnecessário

Corresponde ao excesso de matéria-prima, de estoques em processo (WIP – *Work-in-process*) ou de produtos acabados, causando *lead times* longos, custo de transporte, custos de armazenagem e atrasos.

De acordo com Slack (2009), altos níveis de estoque podem esconder diversos problemas no sistema produtivo, como: produtos defeituosos, quebra de máquinas, demanda instável, produtos fora do padrão, operadores não treinados, retrabalho, erros de quantidade, arranjo físico ruim e refugo.

Para Shingo (1996), a existência de estoques tem como causa fundamental a falta de sincronia entre o prazo de entrega do pedido e o período de produção, sendo estes problemas solucionados com o nivelamento e sincronização da produção e a adoção de pequenos lotes.

As perdas pelo estoque desnecessário podem ser eliminadas com melhorias do leiaute, métodos de sincronização da produção, melhorias no fluxo de produção, métodos *Just in Time* e melhorias na confiabilidade dos equipamentos.

2.3.6 Movimentação desnecessária

Refere-se aos movimentos desnecessários de materiais e operadores durante a execução de um processo, estando diretamente relacionado à desorganização do ambiente de trabalho. Esta desorganização gera baixo desempenho produtivo, perda frequente de peças e demora na execução das atividades.

Segundo Slack (2009) um operador pode parecer ocupado, mas nenhum valor está sendo agregando ao produto. Contudo, a simplificação do trabalho é uma importante fonte de redução de desperdícios de movimentação.

Outros métodos para a eliminação desse desperdício é a organização do ambiente de trabalho e a melhoria do leiaute.

2.3.7 Produtos defeituosos

A produção de peças e produtos fora da especificação de projeto resultam em produtos não conformes, retrabalhos e refugos. O retrabalho gera custos adicionais de inspeção, reprocessamento e materiais. No caso do refugo perde-se o material, o processamento e o custo da mão-de-obra para a execução do processo.

Porém, as perdas relacionadas a produtos não-conformes são muito maiores. Se produtos não-conformes não forem detectados e chegarem até o cliente, esta perda terá proporções e custos muito elevados, causando diversas consequências:

- Custos aumentados de distribuição;
- Custos elevados de garantia;
- *Marketing* negativo para a empresa;
- Prejuízos comerciais e judiciais.

De acordo com Imam (1996) a pior situação da perda é aquela em que o defeito passa despercebido por todo o processo de manufatura e é descoberto mais tarde pelo cliente.

As formas de eliminar os defeitos que geram refugos e retrabalho é realizar inspeções para identificá-los, e também, para evitar a recorrências dos defeitos. As inspeções podem ser por amostragem ou inspeções 100%.

2.4 JUST IN TIME

O *Just-in-time* (JIT) pode ser definido como a produção de bens e serviços exatamente no momento em que são necessários – não antes para que não formem estoques, e não depois para que seus clientes não tenham que esperar (GHINATO, 2000).

De acordo com Slack *et al.* (2009) definem JIT como uma abordagem disciplinada, que visa aprimorar a produtividade global e eliminar desperdícios. Ele possibilita a produção eficaz em termos de custos, assim como o fornecimento apenas da quantidade correta, no momento e local corretos, utilizando o mínimo de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos. O JIT é dependente do equilíbrio entre a flexibilidade do fornecedor e a flexibilidade do usuário. Ele é alcançado por meio da aplicação de elementos que requerem um envolvimento total dos funcionários e trabalho em equipe. Uma filosofia chave do JIT é a simplificação.

Lustosa (2008) define o controle JIT como a produção com estoque zero ou sem estoque, ou seja, cada processo deve ser abastecido com os itens necessários, na quantidade necessária, no momento necessário, no tempo certo, sem geração de estoque.

Existem vários conceitos e definições do JIT citados em muitas obras da literatura, dificultando seu entendimento. Para Ghinato (2000) é importante entender que o JIT é somente um meio de alcançar os objetivos do Sistema Toyota de Produção e não, como sendo o próprio STP.

Conforme Slack (2009), as definições do JIT são muito mais amplas e devem incluir os métodos de fluxo sincronizado, fluxo contínuo, produção sem estoques, tempo de atravessamento rápido e operações de tempo de ciclo reduzido.

Liker (2005b) descreve que a prática do JIT diferencia-se da abordagem tradicional de administrar a produção, tendo como meta:

- Zero defeito;
- Tempo zero de *setup*;
- Estoque zero;
- Movimentação zero;
- Quebra zero;
- *Lead time* zero;
- Lote unitário.

De acordo com Slack (2009), as técnicas do JIT para a eliminação dos desperdícios são:

- Desenvolver “práticas básicas de trabalho” buscando o envolvimento de todos na eliminação dos desperdícios e no aprimoramento contínuo;
- Projetar para facilitar o processamento;
- Simplificar das operações;
- Uso de máquinas simples e pequenas, que sejam robustas e flexíveis;
- Layout simplificado e fluxo suave;
- Manutenção Produtiva Total (TPM);
- Reduzir tempos de *setup*;
- Envolver todos os funcionários no aprimoramento contínuo;
- Assegurar a visibilidade de qualquer problema.

Segundo Porto (1995) dentro da filosofia JIT, duas ferramentas fundamentais para sua implantação são necessárias: o *Kanban* e o *Heijunka*.

Kanban significa cartão ou sinal. É um método de operacionalizar o sistema de planejamento e controle puxado. Segundo Slack (2009), *Kanban* também pode ser chamado de “correia invisível”, pois controla a transferência de material de um estágio a outro da operação, ou seja, é um cartão utilizado por um estágio cliente, para avisar seu estágio fornecedor que mais material deve ser enviado.

2.5 AUTONOMAÇÃO – “JIDOKA”

O termo japonês “*Jidoka*”, também conhecido como “automação”, teve início em 1926 com Sakichi Toyoda, fundador da Toyota, e tornou-se um dos pilares do STP, onde a “separação homem-máquina” é um dos principais elementos.

Toyoda observou que as máquinas de seu tear não detectavam os problemas e anomalias que ocorriam com o rompimento dos fios as malha ou quando a quantidade programada de tecido fosse alcançada. Então, ele desenvolveu um dispositivo para que as próprias máquinas detectassem esses problemas e parassem automaticamente o processo de fabricação (KOSAKA, 2006). Assim, Toyoda conseguiu dispensar a atenção constante do operador durante o processamento, viabilizando a supervisão simultânea de diversas máquinas.

Posteriormente, visando os benefícios proporcionados por estes dispositivos, Taiichi Ohno, engenheiro da Toyota, adotou os mesmos conceitos e fez com que uma pessoa operasse várias máquinas, reduzindo os desperdícios e perdas por lotes, e contribuindo para a redução do *lead time* e da garantia da qualidade.

Ohno chamou os conceitos derivados de Sakichi de *Jidoka*, que segundo Guinato (2000), consiste em facultar ao operador ao a máquina a autonomia de parar o processamento sempre que for detectada qualquer anomalia.

O termo “automação” é a combinação das palavras “autonomia” e “automação”. Porém, o verdadeiro significado do conceito é expresso por “*Ninben no aru Jidoka*”, ou seja, máquina dotada de inteligência e toque humano. No entanto, dentro do conceito de engenharia industrial da Toyota, *Jidoka* consagrou-se como sinônimo de “automação com toque humano”.

No STP, a automação assegura qualidade, pois permite que a linha seja parada no caso de detecção de peças defeituosas, gerando ação imediata de correção da anormalidade. Segundo Guinato (2000), quando o problema torna-se visível ao próprio operador e aos seus colegas, desencadeia-se um esforço conjunto para identificar a causa fundamental e eliminá-la, evitando a reincidência do problema. Para Monden (1984), esta parada valoriza a atuação do operador e estimula a aplicação de melhorias.

Esta visualização das paradas ocasionadas por problemas é obtida através de um sistema de informação visual conhecido como “*Andon*”, que consiste em um painel luminoso fixado em posição de visualização total em cada linha, com lâmpadas de indicação das condições da linha e de chamada de assistência, acionado por qualquer operador da linha.

A paralização da máquina ou da linha, com a imediata pesquisa para levantamento e correção das causas, é o procedimento chave na obtenção dos índices de qualidade superiores das fábricas da Toyota em relação às outras montadoras de veículos (GUINATO *et al.* 2007).

Para dar suporte à implantação do *Jidoka*, uma ferramenta útil é o “*Poka-yoke*”. Segundo Dennis (2008), “*poka*” significa erro inadvertido e “*yoke*” quer dizer prevenção. *Poka-yoke* significa implementar dispositivos simples, de baixo custo que, ou detectem situações anormais antes que ocorram, ou uma vez que tenha ocorrido, parem a linha para prevenir defeitos.

Os dispositivos visam a otimização ou automação das tarefas que necessitam de atenção e memorização por parte do operador, objetivando minimizar os erros ou o descarte das peças defeituosas.

Por fim, *Jidoka* busca estabelecer um sistema de produção capaz de detectar e reagir imediatamente aos erros, onde a atenção humana é requerida apenas quando a máquina para devido a uma situação anormal. Desta forma, o operador pode atender várias máquinas, possibilitando a redução de operadores, a flexibilização da mão-de-obra nas células de trabalho, melhorando a qualidade e, conseqüentemente, aumentando a eficiência da produção.

2.6 PRINCÍPIOS ENXUTOS

A produção enxuta reúne uma série de princípios para eliminar desperdícios durante a produção, buscando atingir, ou até superar as expectativas dos clientes (MACDONALD, VAN AKEN & RENTES, 2000). Estes princípios procuram minimizar as perdas da produção, gerando produtos a um custo reduzido sem ocasionar em perdas de qualidade.

Segundo Kappes (2011), os japoneses, criadores da produção enxuta, trabalhavam de cima para baixo, onde conversavam e pensavam sobre métodos aplicados a atividades específicas em departamentos de engenharia, equipes de desenvolvimento de produtos, grupos de fábrica, programação nivelada e fabricação celular.

O pensamento enxuto é um processo dinâmico, orientado pelo conhecimento e focado no cliente, no qual todas as pessoas da empresa eliminam desperdícios com o objetivo de criar valor ao produto (MURMAN, 2002).

Uma atividade é considerada enxuta desde o momento em que possibilita fazer mais com cada vez menos, ou seja, utilizar menos esforço humano, menos equipamentos, menos

tempo e menos espaço. Assim, são fabricados produtos que os clientes realmente desejam, proporcionando o aumento do valor e a redução dos desperdícios (WOMACK e JONES, 2004).

O processo de pensamento enxuto vai além das técnicas e específicas descritas por Taiichi Ohno no Sistema Toyota de Produção, ele reúne todos os métodos em um sistema completo, baseado em cinco princípios, sendo estes já citados anteriormente:

- **Princípio do valor:** É a busca pela eliminação das fontes de desperdício e a especificação do valor. De acordo com Womack e Jones (1998), é a especificação correta de valor, que está relacionada a todas as características do produto desejadas pelo cliente. As restantes serão consideradas fonte de desperdício e deverão ser eliminadas.

Porém, o valor só pode ser definido pelo cliente final, caso contrário corre-se o risco de fornecer eficientemente para o cliente algo que ele não deseja. Este pensamento enxuto deve começar com uma tentativa consistente de definir precisamente o valor em termos de produtos ou serviços específicos, com capacidades específicas, oferecidas a preços específicos, através do diálogo com clientes específicos (LINDGREN, 2001).

Deve-se sempre ter em mente que cada etapa do processo deve, obrigatoriamente, adicionar “valor” ao seu produto final. Critique e elimine atividades que só agreguem custo.

- **Princípio do Fluxo de Valor:** Womack e Jones (2004) definem o fluxo de valor como o conjunto de todas as ações específicas necessárias para se levar um bem ou serviço a passar por três tarefas gerenciais críticas: desenvolvimento do produto, gerenciamento da informação do produto e transformação física do produto.

De acordo com Hines e Taylor (2000) o princípio de fluxo de valor deve identificar todos os passos necessários para produzir o produto ao longo de toda linha de produção, de modo a não serem gerados desperdícios.

Para compreender o fluxo de valor deve-se observar o processo por completo e não como etapas isoladas, lembrando-se que o valor e custo são adicionados em todas as etapas e também entre elas. A análise deve ser feita em toda cadeia incluindo as etapas de transição de uma à outra. É muito comum encontrar oportunidades de melhorias entre as etapas do processo, pois geralmente entre processos encontram-se estoques de peças semi-acabadas, peças defeituosas, movimentações de materiais, etc.

Nesta análise da cadeia produtiva pode-se identificar três tipos de operações: as que agregam valor, as que não agregam valor mas são indispensáveis, e as que não agregam valor e devem ser eliminadas (WOMACK E JONES, 1998).

- **Princípio do Fluxo:** Após o fluxo de valor do produto ter sido totalmente mapeado e as etapas que geram desperdícios eliminadas, o próximo passo é fazer com que as atividades que agregam valor fluam. Este princípio busca suprimir esperas para a execução das tarefas. Elas ocorrem muitas vezes devido à forma de se organizar a empresa e de se pensar a produção. Ao invés de empurrar os lotes de trabalho entre os vários departamentos sucessivos, os processos são reorganizados de forma que o produto flua livremente pelas atividades que agregam valor.

Segundo Womack e Jones (1998), é necessário fazer com que as atividades que criam valor fluam em um fluxo de valor contínuo e estável. Os produtos deveriam sempre fluir em um fluxo de valor enxuto da matéria-prima ao produto acabado, sem movimentos inúteis, sem interrupções, sem lotes e sem filas.

O fluxo contínuo é entendido como a produção e movimentação de um item ou lote pequeno de itens por vez ao longo de uma das etapas de processamento, continuamente, sendo que em cada etapa seja realizada apenas o que é exigido pela etapa seguinte.

Esse passo requer uma mudança de mentalidade, pois é um comportamento natural do ser humano a criação de lotes com o intuito de facilitar o trabalho e buscar melhor eficiência (WOMACK E JONES, 2004). Sendo um desafio ainda maior criar um fluxo contínuo na produção de pequenos lotes, como em produtos sob encomenda (GIOVANE, 2011) e (ROSA, 2008).

A figura 6 demonstra a diferença entre produção sequenciada em lotes e a implementação de um fluxo contínuo de produção no *lead time* do produto.

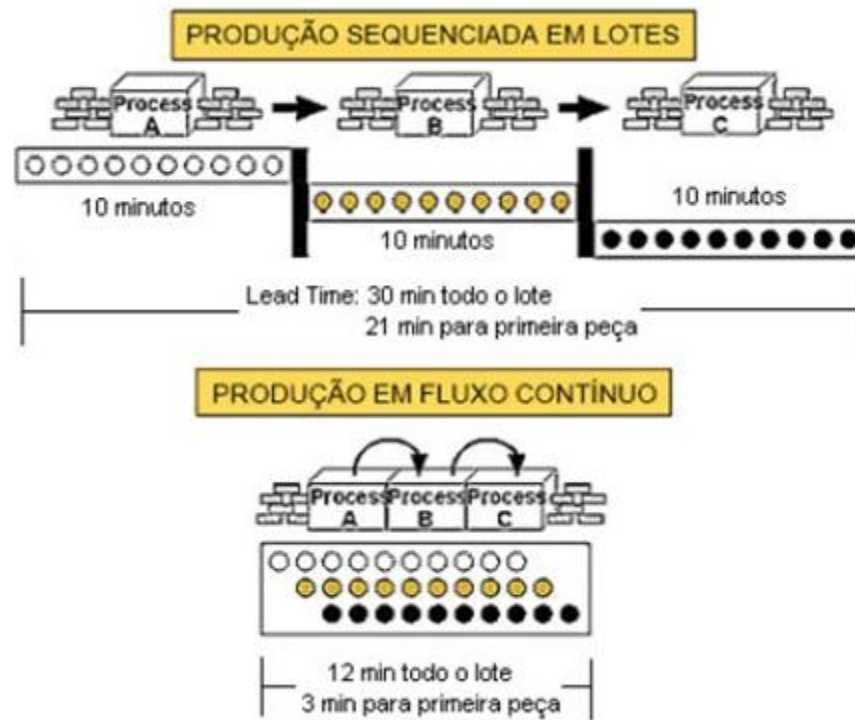


Figura 6 - Fluxo de Produção em Lotes x Fluxo Contínuo de Produção

Fonte: Adaptado de Alonso, 2002.

Na produção sequenciada em lotes o *lead time* de produção (tempo de atravessamento) é maior do que na produção em fluxo contínuo, pois cada estação processa o lote inteiro para então enviar para o processo posterior, gerando desta forma desperdícios de espera e estoques em processos.

- **Princípio do Sistema Puxado:** Na produção puxada um processo somente será acionado quando o processo seguinte solicitar, objetivando produzir somente o que o próximo processo necessita e quando necessita. O cliente é quem deve puxar o produto e a produção, caso contrário os processos fornecedores tenderão a produzir o que os processos clientes não necessitam naquele momento, levando ao excesso de produção, à formação de estoques, à produção empurrada e conseqüentemente, ao desperdício.

Entende-se por sistema de produção puxada os processos que produzem a partir de uma sinalização de necessidade vinda direto do cliente. Este procedimento é oposto à produção empurrada, onde a ordem de produção é enviada para o processo sem a sinalização do cliente, partindo de uma previsão de vendas ou de um planejamento de produção do Planejamento dos Recursos da Manufatura (MRP – *Material Requirement Planning*) (SLACK, 2009).

- **Princípio da Perfeição:** Pressupõe-se que o processo de redução de esforços, tempo, espaço, custos e erros é infinito. Sempre será possível especificar melhor o valor, eliminar desperdícios ao longo da cadeia, suprimir obstáculos que interrompam o fluxo do produto e fazer com que o cliente puxe mais a produção.

As oportunidades de redução dos desperdícios possibilita a empresa oferecer um produto que se aproxima cada vez mais do que o cliente realmente quer (WOMACK E JONES, 1998).

A perfeição é como o infinito. Tentar imaginá-la (e chegar lá) na verdade é impossível, mas o esforço para fazê-lo oferece a inspiração e a direção essenciais para o progresso ao longo do caminho (WOMACK, 2006).

Quando uma empresa trabalha focada para agregar valor, criando um fluxo contínuo em suas operações, praticando a produção puxada, processando o material apenas no momento necessário, seus estoques são reduzidos, e com isso, tornam-se mais evidentes os problemas relacionados à confiabilidade das máquinas, retrabalhos e outras ineficiências no processo. A Figura 7 ilustra o estoque pelo nível d'água escondendo os problemas existentes numa empresa, como *setups* longos, retrabalhos, rejeições e máquinas paradas.

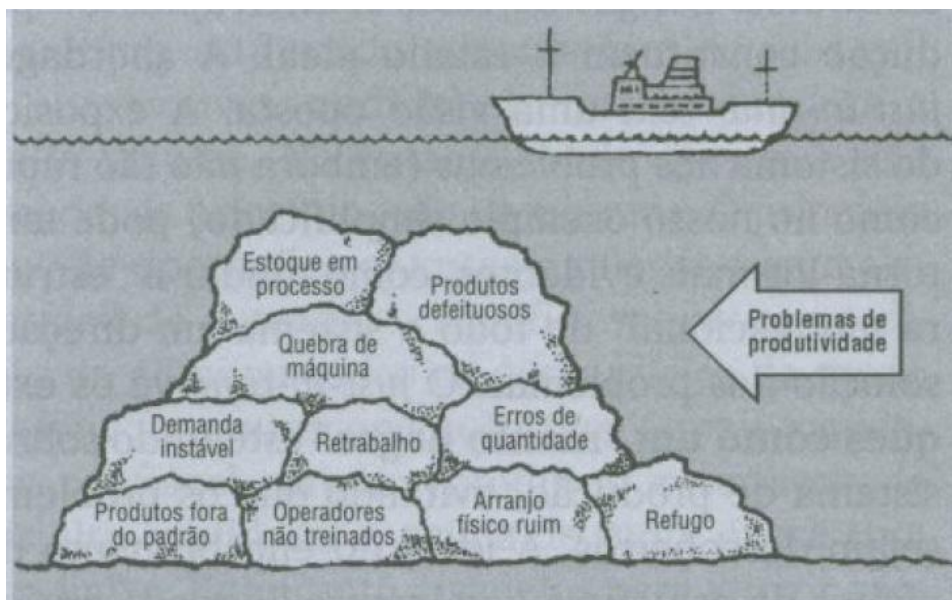


Figura 7 - Estoque elevado esconde os problemas existentes

Fonte: Slack, 2009

2.7 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), do inglês, *Value Stream Mapping*, é uma ferramenta desenvolvida por Rother e Shook. O MFV é uma ferramenta qualitativa usada para descrever como a produção opera e como deveria operar para criar um fluxo de valor otimizado. Esta ferramenta é capaz de representar todas as etapas envolvidas nos fluxos de materiais e informações na medida em que o produto segue o fluxo de valor, auxiliando na compreensão da agregação de valor, desde o consumidor até o fornecedor (ROTHER E SHOOK, 2003).

Segundo Rentes (2004), o mapeamento do fluxo de valor pode ser explicado como: siga a trilha de produção de um produto de porta-a-porta da empresa e cuidadosamente desenhe uma representação visual de cada processo no fluxo de materiais e informações. Em seguida, elabore o mapa do estado futuro mostrando como o valor deveria fluir.

O MFV tem como objetivo fornecer uma linguagem comum, identificar os desperdícios e suas fontes, desenvolver um fluxo simplificado, revelar oportunidades de melhoria e agregar valor ao cliente. Ele é composto por diferentes etapas, conforme pode ser observado na figura 8.

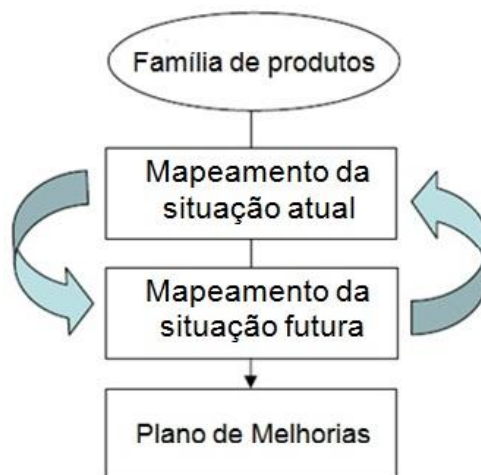


Figura 8 - Etapas iniciais do Mapeamento do Fluxo de Valor.

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003).

Segundo Rother e Shook (2003), a implantação do MFV consiste nas seguintes etapas:

Seleção da família de produtos: No início do mapeamento é necessário selecionar uma família de produtos. Os produtos são agrupados em famílias, levando em consideração os

processos semelhantes em cada produto, as máquinas e equipamentos comuns aos processos, etc.

Mapeamento do estado atual: Após a definição das famílias de produtos a serem analisadas, inicia-se o mapeamento utilizando um conjunto de símbolos ou ícones para representar os processos e os fluxos. O mapeamento é realizado no nível porta-a-porta, do consumidor ao fornecedor, desenhando o mapa da situação atual com seus fluxos de materiais e informações.

Mapeamento do estado futuro: A partir do mapa do estado atual, elabora-se um mapa do estado futuro, eliminando-se os desperdícios identificados anteriormente e propondo melhorias potenciais.

Plano de melhorias: Nesta etapa propõem-se um plano de implementação das melhorias, composto por tarefas, responsabilidades e metas a serem atingidas para alcançar a situação futura.

O mapeamento do fluxo de valor é um método de modelagem relativamente simples, utilizando apenas lápis e papel é possível construir mapas por meio de ícones e regras que levam em consideração tanto o fluxo de materiais como o fluxo de informações (ROTHER E SHOOK, 2003).

O grande diferencial do MFV é reduzir significativamente e de forma simples a complexidade do sistema produtivo e ainda oferecer um conjunto de diretrizes para a análise de possíveis melhorias. Nesse sentido, a técnica de MFV auxilia no desenvolvimento conceitual da “situação futura” do sistema de produção enxuta.

Rother e Shook (2003) caracterizam a elevada importância desta ferramenta para a visualização da situação atual e construção da situação futura:

- Ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais. Ajuda a enxergar o fluxo;
- Ajuda a identificar mais do que os desperdícios. O mapeamento ajuda a identificar as fontes de desperdícios no fluxo de valor;
- Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura;
- Torna as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo que se pode discuti-las;
- Integra conceitos e técnicas enxutas, evitando a implantação de algumas técnicas isoladamente;

- Forma a base de um plano de implementação, em que os mapas do fluxo de valor tornam-se referência para a implantação enxuta;
- Demonstra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material;
- É uma ferramenta qualitativa que descreve em detalhes como a sua unidade produtiva deveria operar para criar fluxo. O mapeamento do fluxo de valor fornece números que servem para criar senso de urgência ou medidas e comparações dos mapas antes/depois.

De acordo com Rosa (2008), a aplicação do MFV para uma família de produtos proporciona a visualização gráfica dos seguintes elementos:

- O fluxo de matéria-prima, desde o estoque até os processos de montagem dos componentes;
- A quantidade e frequência de abastecimento dos estoques de matérias-primas;
- O fluxo de componentes e a frequência que serão enviados aos processos posteriores de montagem;
- O fluxo de informações da família de produtos e a interação com os processos que produzem componentes para outras famílias de produtos;
- A área de armazenagem necessária para matérias-primas, componentes e produtos acabados, bem como a viabilidade de criação de “supermercados” entre processos.

Conforme Rother e Shook (2003), o mapeamento ainda ajuda a estabelecer a real necessidade e o foco adequado das diversas ferramentas *Lean*, tais como: células de fluxo contínuo, sistemas puxados e nivelados, *setup* reduzido, Manutenção Produtiva Total (TPM), etc., e a enxergar melhor a interação entre elas.

Entretanto, em algumas circunstâncias, o MFV pode apresentar algumas limitações, como: (1) dificuldade de lidar com o mapeamento de fluxos que apresentem recursos compartilhados entre diversas famílias de produtos, ou seja, quando centros de trabalhos (máquinas) realizam operações em diferentes tipos de peça de diversas famílias; (2) a falta de habilidade em tratar aspectos físicos, como dimensões e leiautes, ou seja, dificuldades em modificar equipamentos de lugar para melhor utilização dos conceitos *lean* (ROSA, 2008).

Apesar das limitações apresentadas acima, o MFV representa uma ferramenta que permite aos gestores industriais aprender a enxergar e a transformar suas empresas, focando na eliminação dos desperdícios e na implementação de melhorias. Além disso, ela se destaca

pela capacidade de reduzir significativamente e de forma simples a complexidade do sistema produtivo.

Os ícones e símbolos utilizados para desenhar os mapas de fluxo de valor foram desenvolvidos pelo *Lean Enterprise Institute* (LEI), instituto norte-americano criado para disseminar os conceitos *Lean*. Os mapas desta dissertação serão elaborados utilizando a simbologia ilustrada na figura 9, podendo alguns ícones serem adaptados conforme a necessidade.

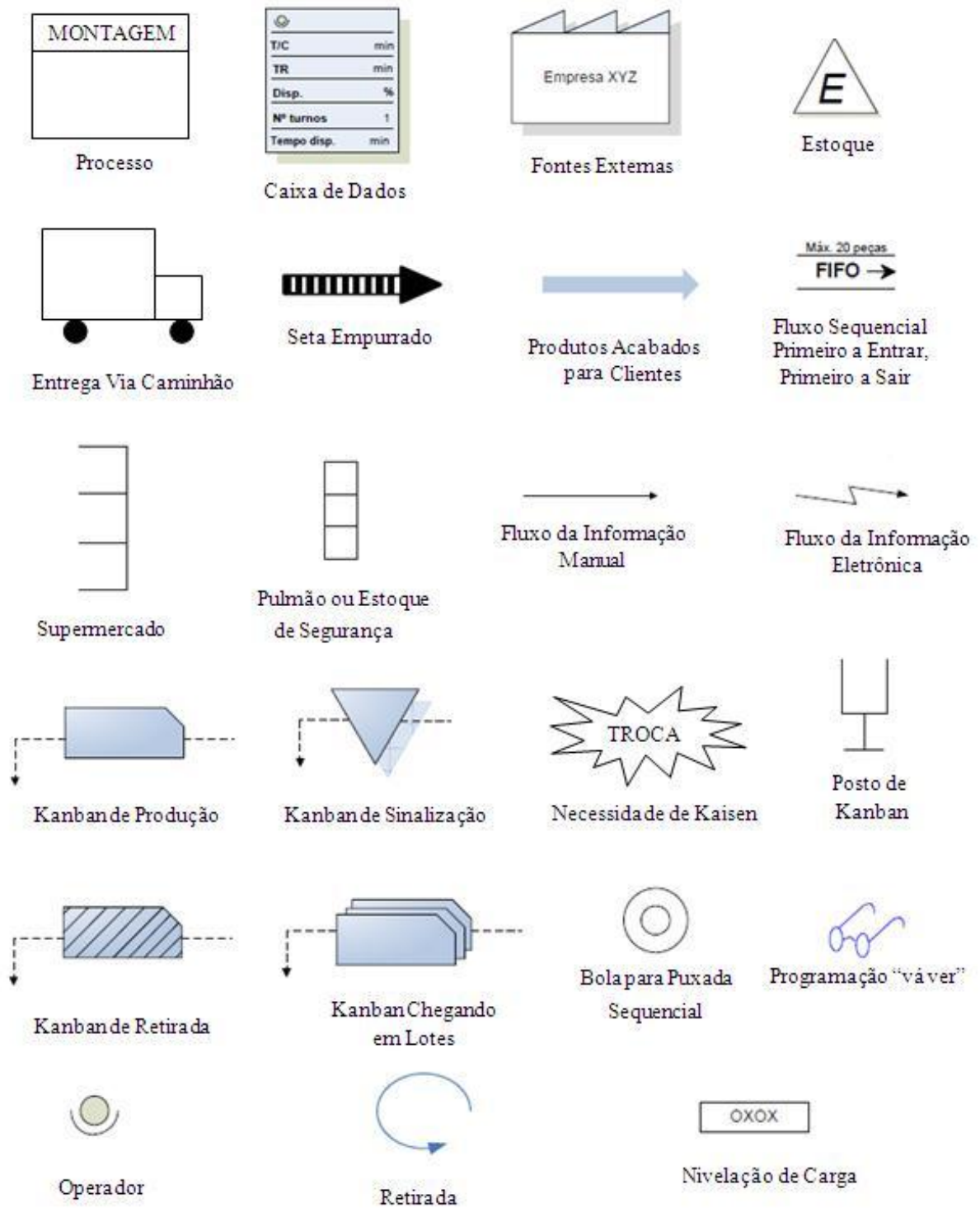


Figura 9 - Ícones do Mapeamento do Fluxo de Valor.

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003).

2.7.1 Fluxo de materiais e de informações

Dentro do fluxo da produção, além do fluxo de materiais, também existe o fluxo de informações, que corresponde aos dados que indicam o que cada processo deve fabricar ou qual a etapa seguinte. No contexto dos conceitos enxutos é necessário mapear ambos os fluxos, devendo o fluxo de informações ser tratado com tanta importância quanto o fluxo de materiais. A figura 10 representa os fluxos de materiais e informações dentro de um processo produtivo.



Figura 10 - Fluxo de Materiais e Informações

Fonte: Adaptado de Rother e Shook, 2003

2.7.2 O gerente do fluxo de valor

O gerente do fluxo de valor é uma pessoa com a responsabilidade de entender o fluxo de valor da família de produtos e por sua melhoria.

Durante a implementação dos conceitos enxutos todos os envolvidos devem entender o MFV para estarem aptos a enxergar o mapa do estado futuro. Porém, o mapeamento e a equipe de implementação do estado futuro precisam ser liderados por alguém que possa enxergar através das fronteiras dos fluxos de valor de um produto (ROTHER E SHOOK, 2003).

Não se deve cometer o erro de dividir a tarefa de mapeamento entre os gerentes das áreas, pois isso provocaria a desarticulação de partes do fluxo, onde áreas de processos individuais operariam de modo ótimo dentro de suas óticas, sem considerar a perspectiva global do fluxo de valor.

A figura 11 mostra a diferença entre o foco de atuação da alta administração e do pessoal da linha de frente.

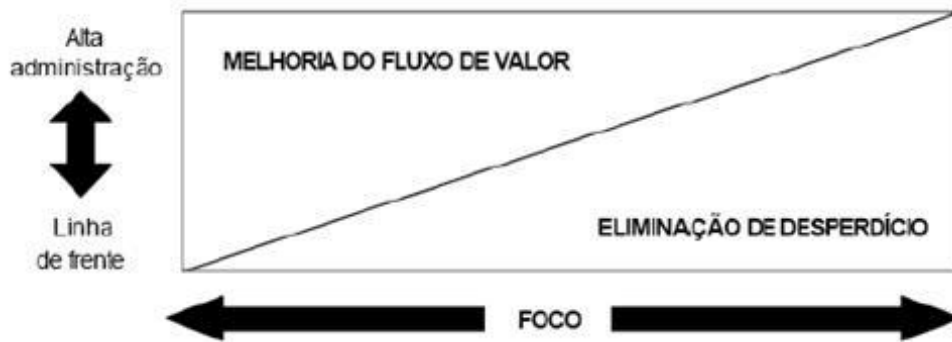


Figura 11 - Gerenciamento e foco de atuação

Fonte: Rother e Shook, 2003.

2.7.3 Seleção da família de produtos

Antes de desenhar o mapa do estado atual, é preciso definir claramente quais são os produtos que serão mapeados. Não é necessário mapear toda a produção, ou todos os produtos de uma empresa, a não ser que seja uma empresa pequena baseada em um só produto.

Conforme Rother e Shook (2003), uma família é um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam recursos comuns ao longo do processo de agregação de valor. Para simplificar a seleção de uma família de produtos, o agrupamento de diversos produtos em poucas famílias pode ser alcançado com uma matriz, tendo as etapas de montagem e os equipamentos em um eixo e os produtos em outro eixo, conforme ilustrado na figura 12.

	Etapas de Montagem & Equipamentos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
PRODUTOS	A	x	x	x		x	x		
	B	x	x	x	x	x	x		
	C	x	x	x		x	x	x	
	D		x	x	x			x	x
	E		x	x	x			x	x
	F	x		x		x	x	x	
	G	x		x		x	x	x	

Uma Família de produtos

Figura 12 - Selecionando uma família de produtos.

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003).

Com a elaboração da matriz dos produtos, pode-se identificar os produtos que percorrem caminhos comuns, formando famílias de produtos a serem mapeadas. Segundo Nazareno (2003), para definir a família de produtos é necessário levar em consideração alguns critérios:

- Similaridade de processos: se aplica a produtos que geralmente compartilham uma mesma linha de produção;
- Frequência e volume da demanda: define o tipo de atendimento da demanda (ATO – *Assembly to Order*, MTS – *Make to Stock*, MTO – *Make to Order*, etc.);
- Tempo de ciclo do produto: representa o tempo que o produto leva para ser processado, desde a consolidação do pedido até a entrega ao cliente. No caso de produtos que compartilham a mesma linha, mas que possuem tempos de ciclo muito diferentes, eles devem ser incluídos em famílias diferentes.

2.7.4 Mapa do estado atual

Para desenhar o mapa do estado atual, é necessário coletar informações sobre a demanda do produto pelos consumidores e informações no nível de fluxo porta-a-porta, desde a entrada de matéria-prima até a expedição do produto acabado. Estas informações coletadas da análise dos processos serão registradas nas folhas de Mapeamento, para que possa ser elaborado a mapa do estado atual.

Além das informações coletadas nas folhas de mapeamento, Rother e Shook (2003) e Nazareno (2003) listam os dados típicos de processo importantes para compor o mapa atual:

- Tempo de ciclo (T/C): tempo que leva entre um produto e o próximo saírem do mesmo processo, em segundos. Também pode ser definido como o tempo que um operador leva para percorrer todas as suas etapas de trabalho antes de repeti-las;
- Tempo de troca (TR): tempo que leva para mudar a produção de um tipo de produto para outro, envolvendo troca de ferramentas, posicionamento de gabaritos ou *setup*;
- Disponibilidade: tempo real disponível por turno do processo descontando-se os tempos de parada e manutenção;
- Número de pessoas necessárias para operar o processo;
- Tempo de trabalho disponível: tempo real disponível por turno do processo descontando-se o tempo de descanso, reuniões e tempo de limpeza;

- Taxa de refugo: índice que determina a quantidade de produtos defeituosos gerados pelo processo.

O objetivo do mapa do estado atual é retratar como o fluxo de informações e de materiais percorrem toda a empresa, fornecendo dados do setor de produção, tamanho dos estoques entre etapas e operadores envolvidos em cada processo. A figura 13 mostra um exemplo de mapa do estado atual.

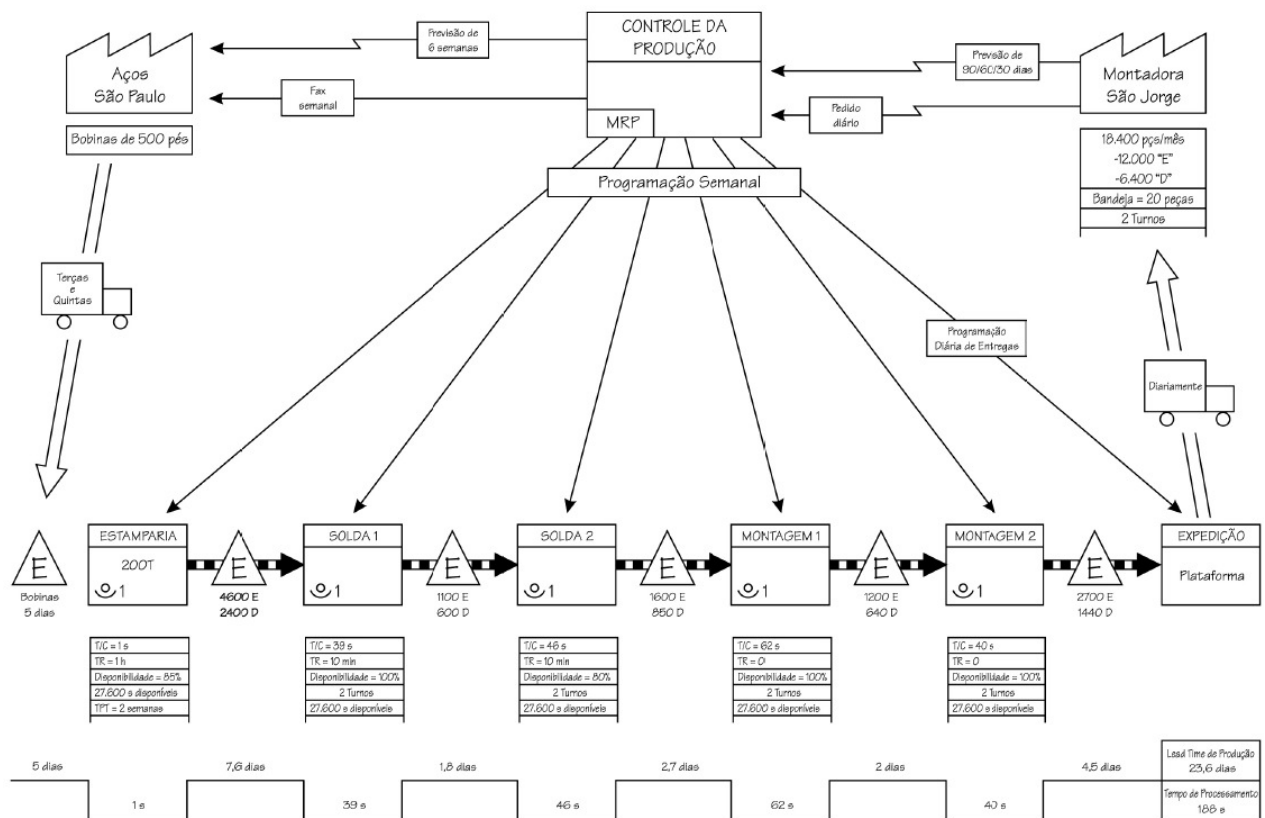


Figura 13 - Exemplo de Mapa do Fluxo de Valor do estado atual.

Fonte: Rother e Shook (2003).

Pode-se observar neste mapa que a fabricação do produto é mostrada em sequência, de acordo com cada tipo de processo que o produto percorre. Os processos são representados por uma caixa de dados padrão com informações da análise de mapeamento. A caixa de processo termina onde os processos são separados e o fluxo de material para.

O fluxo de material tem sentido da direita para a esquerda, sendo indicado o tamanho dos lotes entre os processos e seu tempo de espera. Em contrapartida, o fluxo de informações mostra como a manufatura do produto é programada e controlada, podendo ser identificado o

tipo de programação: empurrada, puxada, sequênciada (FIFO – *First In First Out*) ou fluxo contínuo.

Na parte inferior do mapa é ilustrada a linha de tempo com a qual se compara o *lead time* total do produto e o tempo de agregação de valor, melhor ilustrada na figura 14. O *lead time* (L/T) representa o tempo que uma peça leva para mover-se ao longo de todo um processo ou um fluxo de valor. Já o tempo de agregação de valor (TAV) diz respeito ao tempo de trabalho que efetivamente transforma o produto de uma maneira que o cliente está disposto a pagar.

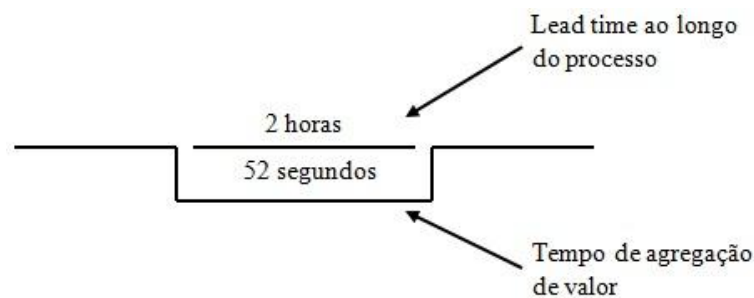


Figura 14 - Linha de tempo do mapeamento do fluxo de valor

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003).

Rother e Shook (2003) fazem as seguintes recomendações para o mapeamento:

- Sempre colete as informações do estado atual enquanto caminha diretamente junto ao fluxo de materiais e informações;
- Comece com uma rápida caminhada por todo o fluxo de valor “porta-a-porta” para obter uma compreensão do fluxo e da sequência dos processos. Depois volte e reúna as informações de cada processo;
- Comece pela expedição e em seguida nos processos anteriores;
- Traga seu próprio cronômetro e não se baseie em tempos padrão;
- Mapeie pessoalmente o fluxo completo de valor, para entender o fluxo por interno;
- Sempre desenhe a mão e a lápis para facilitar as anotações e modificações no desenho.

2.7.5 Mapa do estado futuro

O objetivo do mapeamento do fluxo de valor é identificar as fontes de desperdícios e eliminá-las através da implementação de propostas de melhorias. Estas melhorias serão representadas graficamente no próprio mapa do estado futuro, onde o fluxo de materiais e informações já estará como desejável.

A meta do mapa é fabricar os produtos em um fluxo contínuo, com *lead time* suficientemente curtos para permitir a produção somente dos pedidos confirmados e com tempos de troca zero entre os diferentes produtos.

Mas para que isso seja possível, é necessário criar uma produção enxuta e eliminar as fontes ou “as causas básicas” dos desperdícios no fluxo de valor. Uma das fontes mais importantes de desperdício é o excesso de produção, que significa produzir mais, antes, ou mais rápido do que é requerido pelo processo seguinte, gerando outros tipos de desperdício. Além disso, resulta em um *lead time* maior, prejudicando a flexibilidade de resposta da empresa às necessidades dos clientes.

Rother e Shook (2003) sugerem uma série de diretrizes para a elaboração do mapa do estado futuro:

1. **Produza de acordo com o *takt time*:** é sincronizar o ritmo de produção para acompanhar o ritmo de vendas. Segundo Womack e Jones (2003) o *takt time* é calculado dividindo-se o tempo disponível de trabalho (em segundos) pelo volume de encomendas do cliente (por unidade).

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{Demanda do cliente por turno}}$$

Exemplo:

$$\text{Takt time} = \frac{27.600\text{s}}{460 \text{ peças}} = 60 \text{ segundos}$$

No *takt time* do exemplo acima, para atender a demanda do cliente dentro do tempo de trabalho disponível, é preciso produzir uma peça a cada 60 segundos. Mas, neste valor, não estão incluídos os tempos de parada de equipamentos, setup e retrabalhos.

Produzir de acordo com o *takt time* requer um esforço concentrado para fornecer resposta rápida para problemas, eliminar as causas de paradas das máquinas não planejadas e eliminar tempos de troca em processos posteriores.

2. Desenvolva um fluxo contínuo onde possível: significa produzir um item de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente de um estágio do processo para o seguinte, sem nenhuma interrupção. Desta forma, reduz-se o tempo de espera, o *lead time*, o retrabalho, entre outros desperdícios.

3. Use supermercados para controlar a produção onde o fluxo contínuo não foi possível: nos pontos do fluxo em que fabricar em lotes é necessário, um sistema puxados baseado em supermercados deve ser instalado. Os supermercados são utilizados para associar a programação destes processos à demanda dos processos posteriores. São controlados por meio de um *kanban*, que determina o fluxo de materiais, evitando a programação estimada.

Porém, às vezes não é prático manter um estoque para todas as possíveis variações de peças em um supermercado como peças ou produtos sob encomenda, peças com curto prazo de armazenamento ou usadas com pouca frequência.

Nestes casos pode-se usar a programação FIFO (*Firts In First Out*) entre dois processos para substituir um supermercado e manter um fluxo entre eles ou “puxado sequenciado” em que o processo fornecedor produz uma quantidade pré-determinada de uma peça, diretamente a partir do pedido do processo cliente.

4. Envie a programação do cliente para somente um processo de produção: com os processos interligados através do sistema puxado, a programação pode ser enviada somente a um ponto do fluxo, o chamado processo puxador. Este processo determinará o ritmo de produção dos demais processos e a agilidade do *lead time*.

No processo puxador, a transferência de materiais até os produtos acabados deve ocorrer como um fluxo, sem nenhum supermercado ou puxadas posteriores. Por isso, o processo puxador é frequentemente o último processo do fluxo do produto. Contudo, na manufatura de produtos sob encomenda, o ponto de programação geralmente precisa estar mais próximo dos processos iniciais. Esta diferença na posição do processo puxador dependendo do tipo de produção da empresa é mostrado na figura 15.

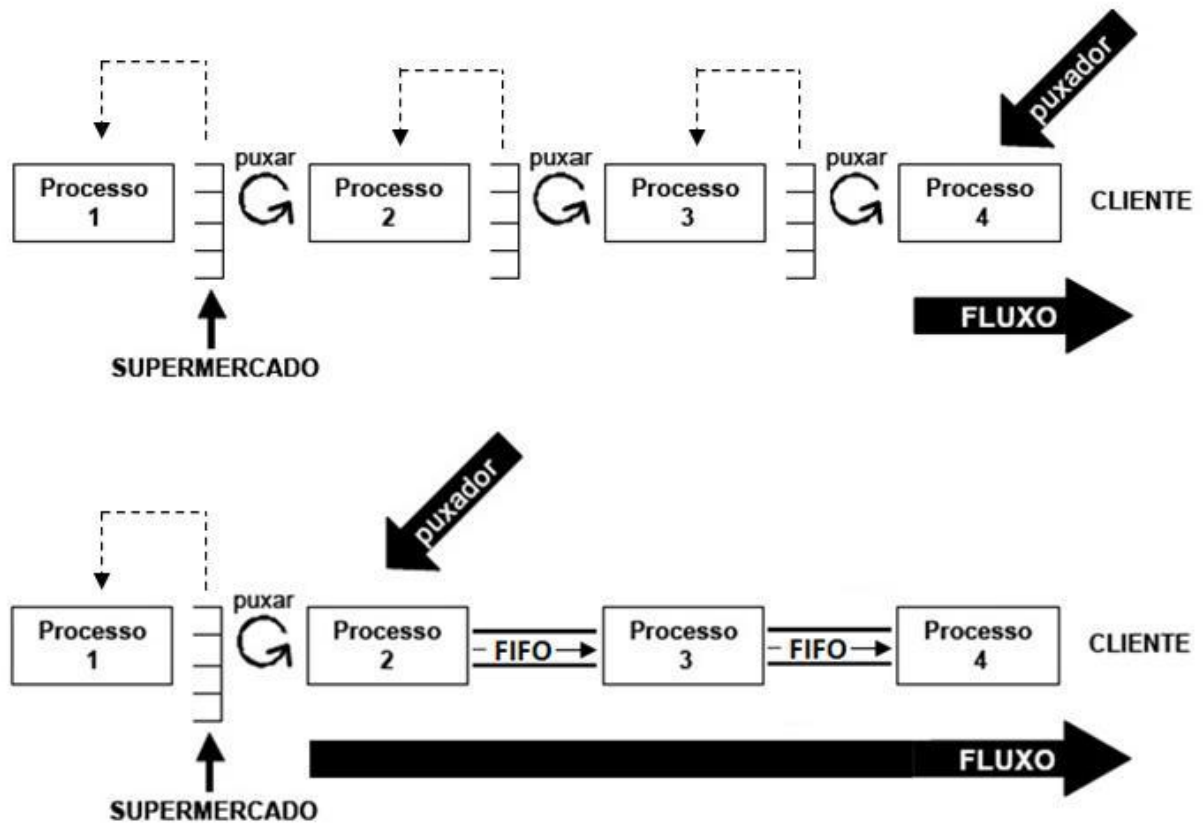


Figura 15 - Processo puxador conforme sistema de produção

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003)

5. **Distribua a produção de diferentes produtos uniformemente no decorrer do tempo do processo puxador:** nivelar o *mix* de produtos significa distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente durante um período de tempo, tornando o sistema produtivo mais flexível para atender as diferentes solicitações dos clientes, com redução dos estoques e do tamanho dos lotes processados e diminuindo o *lead time* total dos produtos.

6. **Crie uma “puxada inicial” com a liberação e retirada de somente um pequeno e uniforme incremento de trabalho no processo puxador:** o objetivo é estabelecer um ritmo de produção consistente e nivelado, criando um fluxo de produção previsível que alerte para os problemas de forma que ações corretivas possam ser tomadas rapidamente.

O incremento de trabalho liberado é chamado de *pitch* e baseia-se na quantidade de embalagens no contêiner, ou um múltiplo ou fração daquela quantidade. O *pitch* significa multiplicar seu *takt time* por uma quantidade de transferência de produtos acabados no processo puxador. Por exemplo, se seu tempo *takt* é de 30 segundos e seu tamanho de embalagem é de 20 peças, então seu *pitch* é: 30 segundos x 20 peças = 10 minutos. Ou seja, a cada 10 minutos de instruções ao processo puxador para produzir a quantidade para uma embalagem.

7. Desenvolva a habilidade de fazer “toda peça todo dia” nos processos anteriores ao processo puxador: ao produzirem-se lotes menores nos processos anteriores, esses processos serão capazes de responder às mudanças posteriores mais rapidamente. Por sua vez, eles requererão ainda menos estoque nos supermercados.

Para auxiliar o desenho do mapa do estado futuro, Rother e Shook (2003) propõem que sejam seguidas algumas questões chave:

1. Qual é o *takt time*?
2. A produção será para um supermercado de produtos acabados do qual os clientes puxam ou diretamente para a expedição?
3. Onde pode-se usar fluxo contínuo?
4. Onde será introduzido os sistemas puxados com supermercados?
5. Em que ponto da cadeia produtiva a produção será programada?
6. Como será nivelado o *mix* de produção no processo puxador?
7. Qual incremento de trabalho será liberado uniformemente no processo puxador?
8. Quais melhorias de produção serão necessárias para fazer fluir o fluxo de valor conforme projetado no estado futuro?

A figura 16 mostra um exemplo de mapa do estado futuro, onde melhorias no nivelamento, programação e estruturação da produção, possibilitaram a redução de lead time, quantidade de estoques intermediários, entre outros desperdícios.

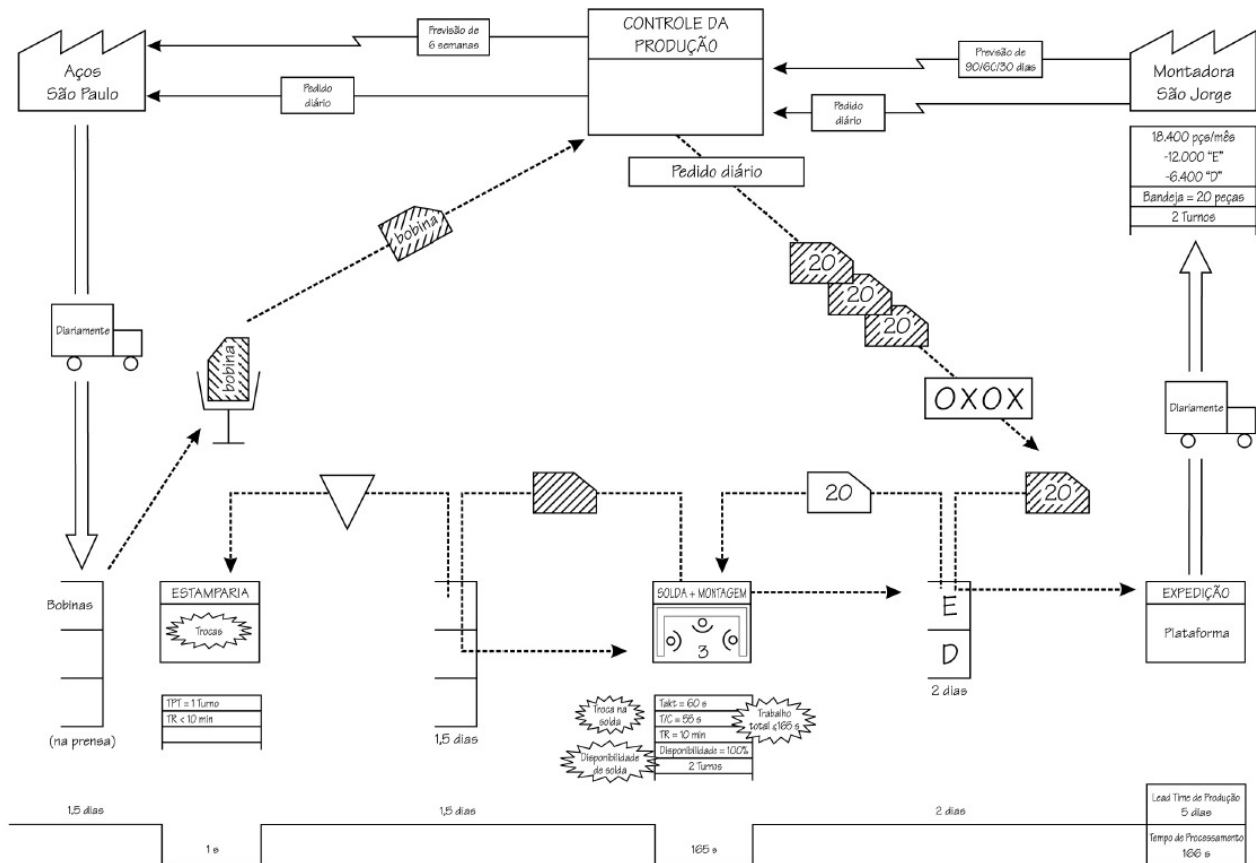


Figura 16 - Exemplo de Mapa do Fluxo de Valor do estado futuro.

Fonte: Rother e Shook (2003).

Para tornar o fluxo de valor enxuto, sem desperdícios e fabricar somente o que processo cliente necessita e quando necessita, são necessários inúmeros mapas do estado futuro, cada vez mais enxuto e mais próximo do fluxo ideal.

2.7.6 Plano de implementação

Após o desenvolvimento do mapa futuro é importante que se elabore um plano para sua implementação, contendo metas mensuráveis, responsáveis nomeados e datas definidas para cada etapa. Porém, uma visão do futuro com perspectivas a longo prazo podem imobilizar a equipe diante de investimentos necessários e outros fatores que impedem uma ação imediata (FERRO, 2003). Além disso, em empresas com processos e equipamentos já instalados, as características do estado atual não poderão ser mudadas imediatamente, pois estão atreladas à liberação de recursos financeiros ou envolvendo estratégia futuras da empresa.

Diante dessa dificuldade de implementar o conceito de estado futuro de uma só vez, Rother e Shook (2003) propõem a divisão do plano de implementação em etapas ou “*loops*”, sendo uma excelente forma maneira de dividir os esforços de implementação do estado futuro em partes administráveis:

- **Loop puxador:** o *loop* puxador inclui o fluxo de materiais e informações entre o cliente e o seu processo puxador. Por ser o *loop* mais próximo do final, a maneira como se administra o *loop* impacta diretamente em todos os processos anteriores àquele fluxo de valor;
- **Loops adicionais:** são os *loops* de materiais e informações entre as puxadas, que antecedem o *loop* puxador. Isto é, cada supermercado do sistema puxado, normalmente, corresponde ao final de outro *loop*.

Frequentemente as melhorias em um *loop* segue o padrão apresentado por Rother e Shook (2003):

1. Desenvolver um fluxo contínuo que opere baseado no *takt time*;
2. Estabelecer um sistema puxado para controlar a produção;
3. Introduzir o nivelamento;
4. Praticar *Kaizen* continuamente para eliminar desperdícios, reduzir o tamanho dos lotes, encolher supermercados e estender o alcance do fluxo de valor.

3 ESTUDO DE CASO: IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA DE MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR NA LINHA DE MONTAGEM DE UMA FAMÍLIA DE PRODUTOS SOB ENCOMENDA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS

3.1.1 Transporte Rodoviário no Brasil

A logística de transporte se caracteriza por distribuir produtos e conduzir da melhor forma a circulação de materiais e serviços, proporcionando o correto deslocamento dos produtos aos menores custos possíveis. Porém, o cenário brasileiro na área de infraestrutura de transporte de carga é e continuará sendo um dos grandes entraves ao crescimento econômico do Brasil. A infraestrutura do sistema de transporte de carga brasileiro, tal como se encontra hoje, acarreta enorme perda de competitividade.

No Brasil verifica-se uma grande concentração e opções de transporte no modal rodoviário, sendo este responsável por 65% do transporte de carga no país, segundo o Guia de Logística (2011). As rodovias possuem grande flexibilidade, facilitando a demanda por seus serviços.

Devido à logística de distribuição e ao crescimento econômico do mercado, é no setor de implementos rodoviários que são observadas grandes oportunidades para investimentos e inovações.

Hoje o Brasil possui cerca de 1500 empresas que fabricam implementos rodoviários para o transporte de cargas. Dentre essas empresas, as dez maiores detêm 85% do mercado de reboques e semirreboques, segundo a Anfir – Associação dos Fabricantes de Implementos Rodoviários. Algumas dessas empresas se caracterizam por produzir produtos padronizados, com apenas algumas opções de personalização, oferecendo aos consumidores produtos com preços e prazo de entrega mais competitivos. No entanto, outras empresas diferenciam-se por fabricar produtos personalizados, desenvolvidos conforme a necessidade dos clientes. Como exemplos de produtos personalizados, tem-se aqueles usados para o transporte de animais de competição, oficinas móveis para corridas ou *show rooms* para exposições.

3.1.2 Características dos Implementos Rodoviários

Os implementos rodoviários são caracterizados como bens utilizados para o transporte e a logística de cargas perecíveis, não perecíveis, grãos, produtos líquidos e gasosos, entre outros.

Para que veículos de carga trafeguem em rodovias nacionais sem o perigo de serem multados por excesso de peso ou ultrapassando os limites dimensionais é necessário conhecer e respeitar o limite máximo de carga e dimensões para cada modelo de veículo (DNIT, 2013).

A homologação e as combinações de veículos de transporte de cargas e de passeio é regida pela Resolução nº 210/2006 e 211/2006 do Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN e pela Portaria nº 93/2008 do Departamento Nacional de Trânsito - DETRAN, que apresentam os limites de comprimento, peso bruto total (PBT) e peso bruto total combinado (PBTC) para cada combinação de veículo, conforme tabelas no anexo A.

O PBT representa o peso bruto máximo do semirreboque + carga útil transportada. Já o PBTC refere-se ao peso bruto das combinações do veículo trator + semirreboque + carga útil transportada.

Os implementos rodoviários com PBTC até 57 toneladas e comprimento limitado entre 17,15 e 19,8 metros podem circular sem Autorização Especial de Trânsito (EAT). Porém, em configurações que ultrapassam esses limites, é necessário portar uma EAT para trafegar em rodovias e transportar cargas. O quadro 1 ilustra as combinações veiculares de carga produzidas na empresa caso de estudo e suas classificações.

Quadro 1 - Combinações veiculares de carga produzidos na empresa

<p>CHASSI DO IMPLEMENTO (base)</p>	
<p>CARROCERIA METÁLICA (Caminhão + carroceria metálica)</p>	
<p>CARROCERIA LONADA (Caminhão + carroceria lonada)</p>	
<p>REBOQUE (Caminhão + carroceria + reboque)</p>	
<p>SEMI-REBOQUE (veículo trator + semirreboque)</p>	
<p>BITREM (Veículo trator + 2 semirreboques)</p>	
<p>CONTÊINER (Estrutura metálica para armazenar equipamentos)</p>	

Fonte: Elaborado pela autora.

A empresa objeto do estudo desta dissertação produz diversos tipos de implementos rodoviários dos modelos carga fechada, tais como:

- Chassi para implementadores (base)

O chassi ou base é uma estrutura, normalmente, fabricada em aço. Serve para dar sustentação às carrocerias (também conhecidas como sobre chassi) que são montadas sobre os chassis.

Os chassis (figura 17) utilizados para transporte de carga são compostos por: travessas, chapas de aço, vigas, barras chatas, suspensão, eixos, sistema de freios, pés de levantamento, pino rei, barrica d'água e tanque de ar.

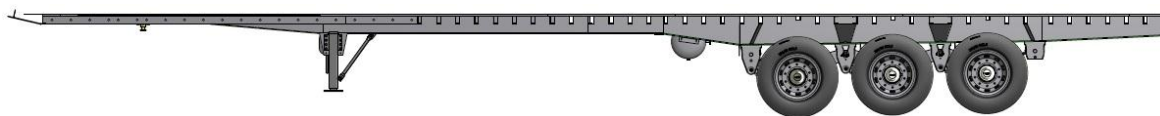


Figura 17 - Imagem do chassi do semirreboque

Fonte: Elaborado pela autora.

- Carroceria metálica

A carroceria ou sobre-chassi é uma estrutura para o transporte de carga que não podem ser expostas ao tempo. A estrutura da carroceria é montada sobre um chassi de um caminhão trator. Seu revestimento pode ser em chapa corrugada rebitada ou chapa lisa colada. Seu interior pode ser isolado, para o transporte de cargas que necessitam de temperatura controlada; revestido de chapa, com sarrafos e barras de ferro para amarração de carga, entre outras opções.

- Carroceria lonada

A carroceria lonada também necessita ser montada sobre o chassi de um caminhão trator. O que a diferencia da carroceria metálica é seu revestimento externo. A carroceria lonada possui lonas retráteis em suas laterais, facilitando o carregamento e descarregamento de produtos paletizados.

- Reboque

O reboque é um veículo de carga composto minimamente de chassi, eixos, suspensão, sistema de freio e superfície de carga. Para obter movimento, acopla-se a um veículo automotor ou atrás de um semirreboque.

- Semirreboque

O semirreboque é um termo utilizado para designar o equipamento que transporta cargas por vias rodoviárias, tracionado por um veículo trator do tipo cavalo mecânico.

O semirreboque é acoplado ao caminhão através do engate universal tipo B, composto pela quinta-rodinha no caminhão e pino-rei no semirreboque. Os semirreboques possuem normalmente 1 a 3 eixos e não dispõem de força autopropulsora (figura 18). Os tipos de semirreboques são listados a seguir:

- Aberta: para cargas em geral, que não exijam maior proteção;
- Fechada: para cargas em geral, que precisam ser protegidas das ações do ambiente;
- Basculante: para cargas a granel que possam ser despejadas;
- Frigorífica: para cargas que requerem temperatura controlada;
- Tanque: para transporte de líquidos a granel;
- Cegonha: para transporte de veículos.



Figura 18 - Imagem de um Semirreboque (chassi + sobre chassi)

Fonte: Elaborado pela autora.

Os semirreboques são compostos por até três eixos, sendo o cavalo mecânico do tipo 6x4 ou 6x2. O limite máximo de PBTC (Peso Bruto Total Combinado) é de 48 toneladas, com a capacidade de carga útil de 27 toneladas, dependendo do peso do veículo. O comprimento máximo permitido é de 18,60 metros, para circulação.

- Bitrem

O Bitrem é uma combinação de dois semirreboques acoplados entre si através de uma quinta-rodinha situada na traseira do primeiro semirreboque, tracionados por um caminhão trator. Esta junção permite, em casos especiais, que o usuário transporte apenas um semirreboque, neste caso, perdendo a característica do bitrem.

O limite máximo de PBTC (Peso Bruto Total Combinado) varia de acordo com a legislação de cada país. No Brasil o limite é de 57 toneladas, com a capacidade de carga útil de 38 a 40 toneladas, dependendo do peso do veículo. O comprimento máximo permitido é de 19,80 metros, para circulação sem Autorização Especial de Trânsito - AET.

Os bitrens de nove eixos são obrigatoriamente tracionados por uma unidade tratora do tipo 6x4, e possuem três eixos em cada semirreboque. No Brasil o PBTC máximo é de 74 toneladas e o comprimento máximo é 30 metros. Nesta configuração de 9 eixos é necessário portar a AET.

- Contêiner

Os modelos de contêineres fabricados pela empresa estudada não são utilizados para o transporte de cargas, mas sim com a finalidade de acondicionar equipamentos utilizados no monitoramento de centrais de energia elétrica.

São compostos por estruturas em aço, revestidas externamente de chapa corrugada ou chapa lisa, e internamente, revestidas com isolamento térmico e chapas pintadas. Possui adaptações internas para acomodar os equipamentos de monitoramento e aparelhos de refrigeração. Para sua fixação no solo, possui quatro pés adaptados para sua elevação, permitindo o nivelamento independente de cada extremidade devido a irregularidades no solo.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa estudada foi fundada em 1937 e está localizada no médio vale catarinense. Possui uma matriz, com área construída de 12.000m² em um terreno de 20.000m²; e uma filial com área construída de 6.000m² em um terreno de 130.000m²; ambas localizadas na mesma cidade.

Além das duas plantas industriais, possui uma representação no estado de São Paulo, que comercializa os implementos e realiza reformas de garantia e assistência técnica.

Em suas duas plantas industriais a empresa concentra os processos de fabricação de peças (corte, dobra, furação, estampagem, usinagem), beneficiamento de madeira, marcenaria, soldagem, jateamento, pintura e montagem.

São produzidos sete tipos de produtos, que variam conforme a necessidade e especificação dos clientes, gerando uma produção mensal de 80 implementos por mês. A empresa fabrica e comercializa os implementos, bem como seus componentes (chapas, quadros traseiros, quadros dianteiros, portas, colunas, travessas, etc.) para o mercado de reposição.

3.2.1 Estrutura Organizacional

A empresa conta com aproximadamente 270 colaboradores diretos, divididos nas duas plantas industriais. Os setores de apoio à produção, mesmo auxiliando as duas plantas industriais, estão alocados na planta industrial da matriz. Esta estrutura organizacional pode ser observada nos organogramas apresentado no Apêndice A.

3.2.2 Leiaute da empresa

A planta industrial da matriz pode ser caracterizada como um leiaute de manufatura mista. Isto se deve às adaptações no processo produtivo que ocorreram com o passar dos anos, na restrição de espaço físico da planta e no aumento da demanda por implementos rodoviários, impulsionado pelos incentivos financeiros do governo federal.

Devido à necessidade de mais espaço na área fabril da matriz, houve a realocação da linha de montagem de semirreboques, reboques e bitrens para a filial da empresa, para que fosse possível ampliar os setores de montagem de carrocerias e contêineres e de reorganizar os setores de fabricação de peças e montagem de subconjuntos.

Desta forma, estabeleceu-se a concepção de fornecedores internos, facilitando a visualização do processo produtivo para os colaboradores e administradores.

Para melhor entendimento da organização das duas empresas, serão descritos os leiautes de cada uma delas.

- Leiaute da Matriz

A planta industrial da matriz (figura 19) consiste em vários galpões construídos conforme a necessidade e demanda do mercado. Por não ser um leiaute planejado, existem inúmeras restrições de espaço e desperdícios ao longo dos processos. Porém, como a matriz da empresa está localizada no centro da cidade e necessita transferir-se para a Zona Industrial, novos investimentos e grandes alterações nos processos não serão realizados nesta planta industrial.

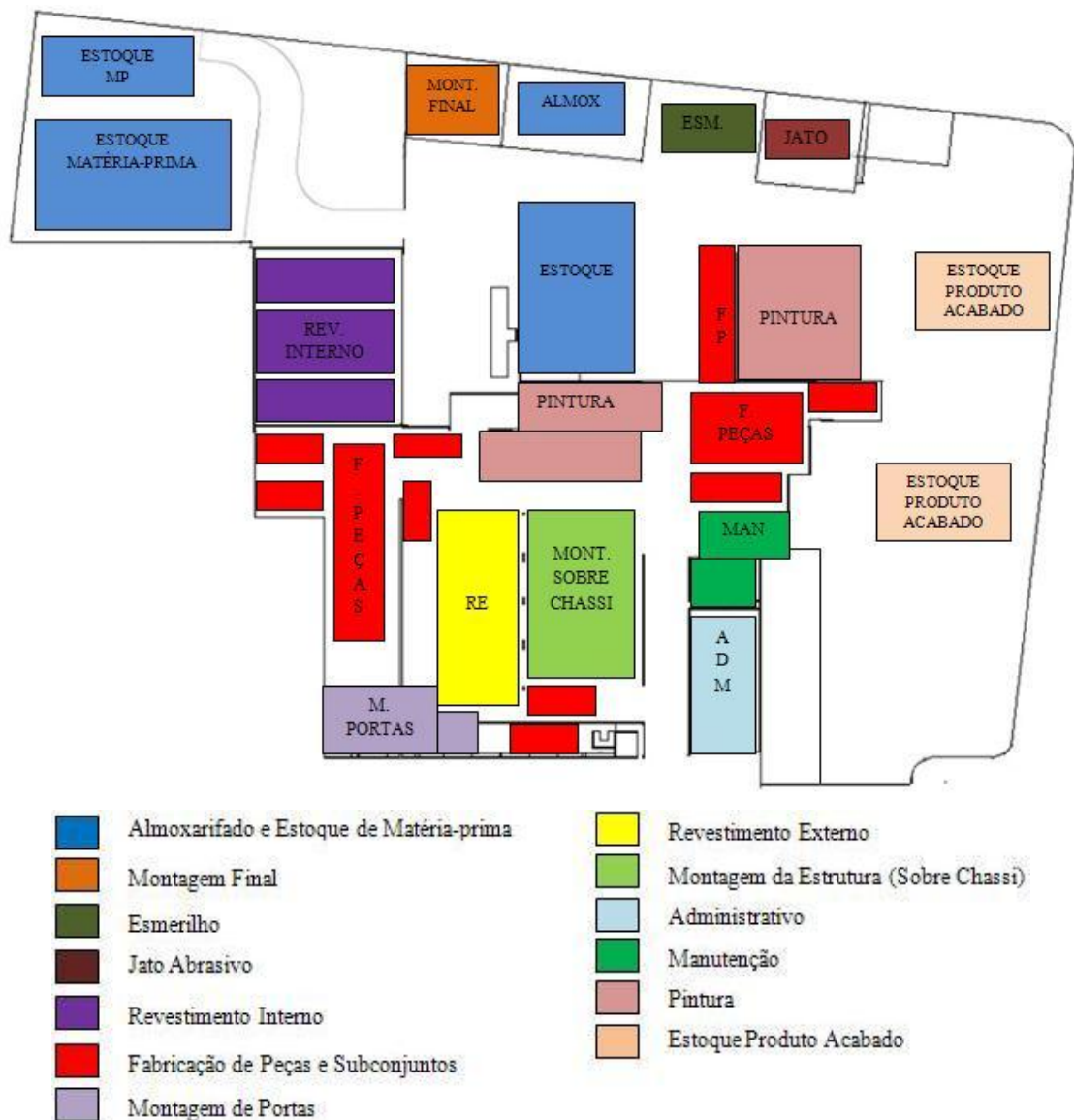


Figura 19 - Leiaute da Matriz da Empresa

Fonte: Elaborada pela autora

O setor de fabricação de peças, fabricação de portas, montagem de quadros traseiros, dianteiros e das portas laterais fornecem peças e subconjuntos para atender a demanda da

linha de montagem da matriz e filial; e representações comerciais espalhadas em várias regiões do Brasil.

Na linha de montagem da matriz são produzidas as carrocerias metálicas, carrocerias lonadas e containers, que se deslocam entre os setores conforme a sequência de processos a serem realizados.

Os setores de fabricação de peças, fabricação de portas e a linha de montagem podem ser considerados como arranjos físicos funcionais (SLACK, 2009), pois existem áreas dedicadas a realizar um procedimento em específico.

Por outro lado, em alguns setores da linha de montagem, como por exemplo no setor de montagem final, existem os subprocessos de medir, furar, cortar, soldar, parafusar, esmerilhar, pintar, colar, etc. Como em cada subprocesso os recursos e materiais se deslocam até o produto, que permanece fixo, este leiaute interno do setor pode ser considerado como posicional (SLACK, 2009).

A montagem de quadros traseiro e dianteiro e a montagem de quadro das portas laterais possuem um leiaute posicional (SLACK, 2009), uma vez que os recursos e materiais se movimentam até o gabarito de montagem, que permanece nivelado ao piso. O subconjunto somente é retirado do gabarito após a conclusão de sua montagem.

- Leiaute da Filial

A filial é composta por dois galpões (figura 20), sendo um deles a marcenaria e o beneficiamento de madeiras, e o outro a linha de montagem das bases (chassi), semirreboque, reboque e bitrem.

No galpão de beneficiamento de madeiras são fabricados os assoalhos e compensados que serão utilizados no revestimento interno dos implementos, tanto da matriz como da filial. Na marcenaria são fabricados cavaletes, tábuas, carrinhos, bancadas de trabalho e móveis para serem utilizados na linha de produção ou nos setores administrativos da empresa. Por ser um setor com áreas dedicadas a processos específicos, pode ser definido como leiaute funcional (SLACK, 2009).

A linha de montagem está organizada conforme a sequência de montagem do produto, sendo que o produto se desloca entre os setores dependendo dos processos pelos quais o produto necessita, caracterizando-se por um leiaute funcional.

Porém, em cada processo existem subprocessos de montagem que podem ser considerados como leiaute posicional, pois devido ao tamanho do produto os recursos e materiais se movimentam a seu encontro.

Apesar de serem produtos diferentes, deve-se ressaltar que cada tipo de produto não possui uma linha de montagem dedicada. Uma vez que cada setor possui estrutura, gabaritos e material adaptados para cada produto pode-se montar na mesma linha produtos completamente diferentes.

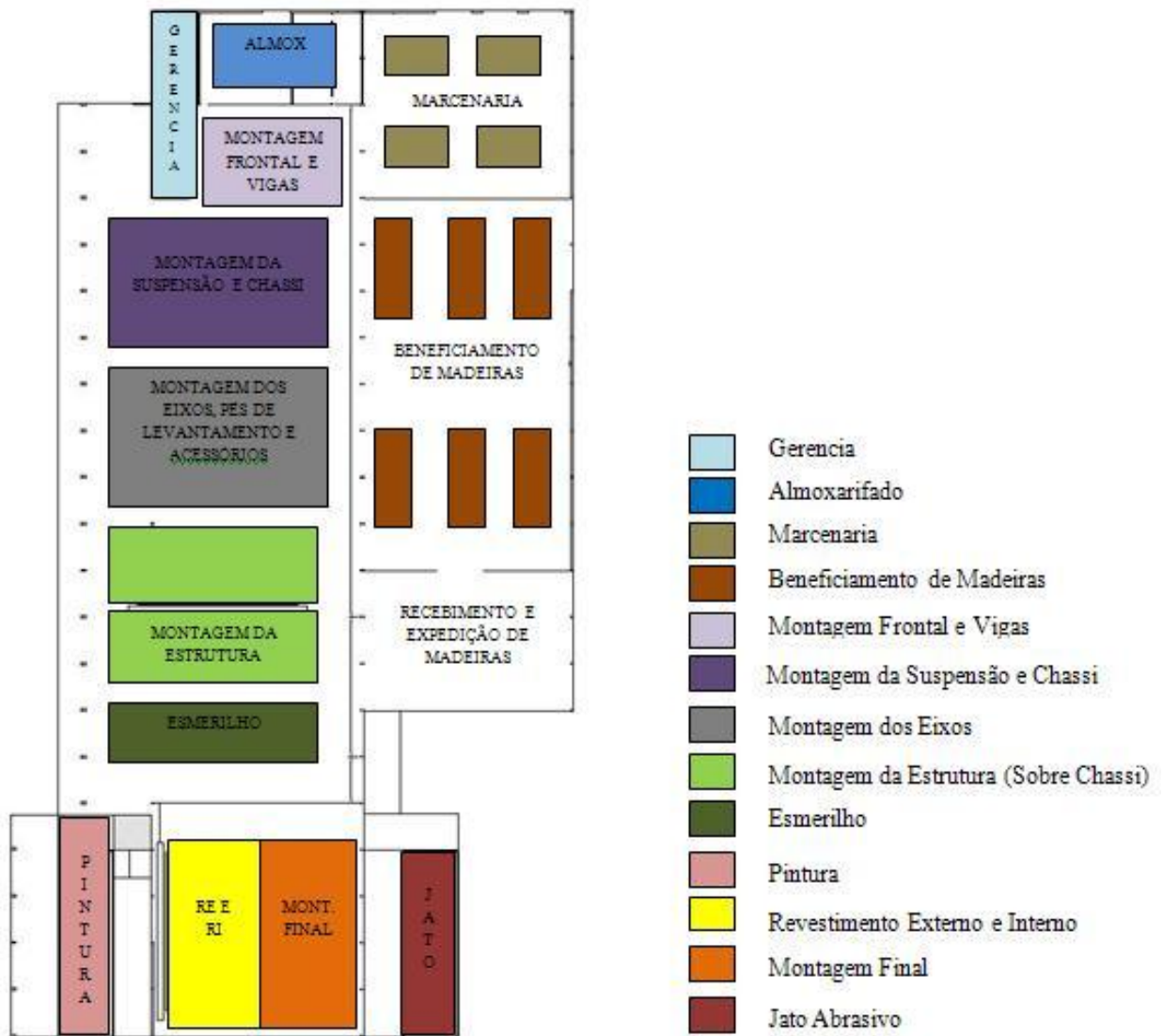


Figura 20 - Leiaute da Filial da Empresa

Fonte: Elaborada pela autora

Analisando-se a organização da empresa e considerando-se a cadeia produtiva do semirreboque desde a fabricação das peças até a montagem final, pode-se perceber a presença de uma combinação de diferentes leiautes, caracterizando-se o leiaute de manufatura da empresa como misto.

3.3 SELEÇÃO DO PRODUTO A SER MAPEADO

A empresa considerada neste trabalho fabrica sete tipos de implementos rodoviários, conforme descrito abaixo:

- Base para implementadores (chassi);
- Carroceria metálica;
- Carroceria lonada;
- Reboque;
- Semirreboque;
- Bitrem;
- Contêiner.

O implemento rodoviário escolhido para o estudo de caso desta dissertação foi o semirreboque (figura 18) tendo em vista sua importância estratégica para a empresa, pois apresenta a maior margem de lucro em relação aos demais produtos fabricados. Porém, por apresentar o maior dimensional (metragem cúbica), possui um dos maiores *lead times* da linha de produção, demandando elevada quantidade de materiais e recursos em relação aos demais produtos fabricados. Desta forma, grande parte das oportunidades de melhoria para o produto e para o os processo produtivo do semirreboque beneficia diretamente os demais produtos fabricados na linha de montagem, visto que estes produtos passam pelos mesmos setores e processos, diferenciando-se apenas pelas características técnicas e pelos materiais que utilizam.

Para o semirreboque será realizada uma análise do atual fluxo de valor do processo de montagem, acompanhando-se o seu processo de montagem desde o recebimento das peças até a sua finalização. Porém, deve-se mencionar que alguns detalhes do produto e do processo produtivo não poderão ser apresentados na íntegra, uma vez que se referem a dados internos da empresa.

3.4 PROCESSOS DE MANUFATURA

Os processos envolvidos na montagem do semirreboque são descritos de forma resumida abaixo:

- Montagem da frontal do chassi (pescoço): posicionamento e soldagem das travessas, almas, chapas e pino rei sobre o gabarito de montagem.

- Montagem das vigas: posicionamento, soldagem e alinhamento das almas, barras chatas e cartolas para formar as vigas do chassi;
- Montagem da suspensão: posicionamento, fixação e soldagem das molas e suportes da suspensão mecânica ou pneumática;
- Montagem do chassi: posicionamento, fixação, soldagem e alinhamento das travessas entre as vigas formando o corpo do chassi. Posteriormente ocorre a união entre o pescoço e o corpo gerando o chassi do implemento;
- Montagem dos componentes: Posicionamento e soldagem dos eixos, pés de levantamento, porta estepe e tanque de ar;
- Alinhamento: Correção no alinhamento do chassi e dos eixos em relação ao pino rei;
- Montagem da estrutura: Posicionamento e soldagem dos quadros traseiro e dianteiro, longarinas laterais superiores e inferiores, colunas laterais, vigas teto, quadro da porta lateral e perfis ômega.
- Esmerilhagem: Limpeza dos respingos de solda e esmerilhagem dos cordões de solda dos quadros e longarinas que ficarão aparentes no final da montagem;
- Jato abrasivo: Aplicação de granalha de aço para a retirada do óleo das peças e demais substâncias, preparando o subconjunto para a pintura;
- Aplicação e lixamento da massa: Aplicação de massa sobre as emendas de solda e posterior lixamento da massa para deixar a superfície lisa e com acabamento. Aplicação de massa para vedação dos cantos internos dos quadros;
- Pintura: Aplicação de tinta no chassi do implemento e no sobre chassi;
- Revestimento externo: Montagem das chapas de alumínio laterais e do teto, das entradas e saídas de ar e vedação dos quadros dianteiro e traseiro;
- Revestimento interno: Montagem do assoalho, dos sarrafos laterais e do teto, dos compensados laterais, das barras de ferro e da iluminação interna;
- Montagem Portas: Montagem das portas traseiras e laterais;
- Montagem Final: Montagem dos componentes (caixa de cozinha, caixa de ferramentas, barrica d'água), do protetor lateral, da iluminação externa; limpeza interna, acabamento na pintura das longarinas laterais e quadro traseiro, aplicação das faixas reflexivas, colocação das placas de identificação do produto e teste da iluminação interna e externa.

3.5 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA PRODUTIVO

Os semirreboques são bens de capital utilizados para o transporte dos mais variados tipos de produtos ao redor do mundo. Dada a diversidade de características que um semirreboque pode apresentar, a fabricação pode ser seriada, não seriada ou sob encomenda.

Muitas empresas investem milhões de reais visando tornar o produto o mais semelhante possível a um produto seriado. Entretanto, muitas vezes esta padronização do produto não atende as necessidades de clientes que transportam produtos especiais e não paletizados.

Nesse nicho de mercado existem os produtos sob encomenda, onde os projetos são desenvolvidos especialmente para cada cliente, sendo várias características do produto customizáveis, tais como:

- Largura interna e externa da estrutura metálica (variando conforme a largura da coluna 24, 32 ou 50mm);
- Comprimento interno e externo da estrutura metálica;
- Altura interna e externa da estrutura metálica;
- Quantidade de eixos (1 eixo, 2 eixos, 3 eixos, 2 eixos distanciados, 3 eixos distanciados, etc.);
- Comprimento do balanço traseiro;
- Suspensão mecânica ou pneumática;
- Posições do pino rei (uma, duas ou três posições);
- Quantidade e posição das portas laterais, tipo de fechadura, quantidade de linguetas e sentido de abertura da porta;
- Tipo de porta traseira (2 portas ou plataforma, com ou sem revestimento interno, com ou sem janelinha);
- Tipo de revestimento externo da estrutura metálica (chapa de alumínio corrugada ou lisa; revestimento em lona; chapa rebitada ou colada);
- Tipo de revestimento interno da estrutura metálica (isolamento térmico ou semitêrmico; compensado naval total ou no rodapé; chapa pré-pintada);
- Quantidade, largura e espaçamento dos sarrafos de madeira, barras de ferro e perfil logístico;
- Tipo de assoalho (chapa xadrez, compensado naval, assoalho ômega 24 ou 32mm, assoalho macho e fêmea 24 ou 32mm);
- Quantidade de entradas e saídas de ar;

- Acabamento externo da estrutura metálica (chapa escovada, pintura total ou adesivagem);
- Pára-choque reforçado, basculante, fixo, com estribos;
- Posição e quantidade de caixas de cozinha, caixa de ferramentas, barricas d'água;
- Tipo, quantidade e posição da iluminação interna e externa (lanternas nos quadros traseiro e dianteiro; lanternas embutidas ou sobre postas; lanternas em LED);
- Itens especiais: repartições internas, prateleiras, argolas de travamento, escadas escamoteáveis, sistema de refrigeração, teto solar, entre outros.

Essas características customizáveis estão diretamente ligadas à carga que será transportada ou à finalidade para a qual o semirreboque será utilizado, podendo ser utilizado como oficina, transporte de plantas e animais, produtos diferenciados, salas de treinamento ou palco para eventos, conforme ilustrado na figura 21.

Devido à necessidade dos clientes e ao nicho de mercado em que atua, a empresa apresenta predominantemente a política de atendimento da demanda sob encomenda ou ETO (*Engineering to Order*), na qual os pedidos dos clientes são emitidos do setor de vendas ao de projetos, que após desenvolvimento e detalhamento do projeto, enviam os desenhos à produção, que por sua vez, inicia o processo de fabricação do produto, não havendo estoque de componentes, subconjuntos e produtos acabados.

De acordo com Pires (1998), ETO é uma extensão da produção por encomenda (MTO – *Make to Order*), sendo que o projeto do produto é quase que totalmente baseado nas especificações do cliente. Conforme Tubino (2007), o sistema produtivo em questão – sob encomenda - é caracterizado por um baixo volume de produção de bens, muitas vezes tendendo à unidade, visando o atendimento de necessidades específicas dos clientes.



Figura 21 - Exemplos de variações internas e externas de semirreboque

Fonte: Elaborado pela autora.

No sistema ETO o projeto básico pode ser desenvolvido a partir dos contatos iniciais com o cliente, mas a etapa de detalhamento e produção só inicia após o recebimento formal do pedido. Esta interação com o cliente costuma ser intensiva e o produto está sujeito a algumas modificações, mesmo durante a fase de produção. Por isso, seus prazos de entrega tendem a ser de médio (entre 3 e 4 meses) a longo prazo (acima de 5 meses), e as listas de materiais são usualmente únicas para cada produto (PIRES, 1995).

Os pedidos são enviados à empresa através dos representantes comerciais ou em contato direto do cliente. O setor comercial emite o pedido e encaminha para o desenvolvimento do produto (setor de projetos), que após o desenvolvimento do projeto envia o detalhamento da estrutura do produto (lista de materiais) e os desenhos para a produção, que após a emissão e distribuição das Ordens de Fabricação (OFs), inicia o processo de fabricação das peças e subconjuntos do produto, conforme fluxograma global do produto ilustrado na figura 22.

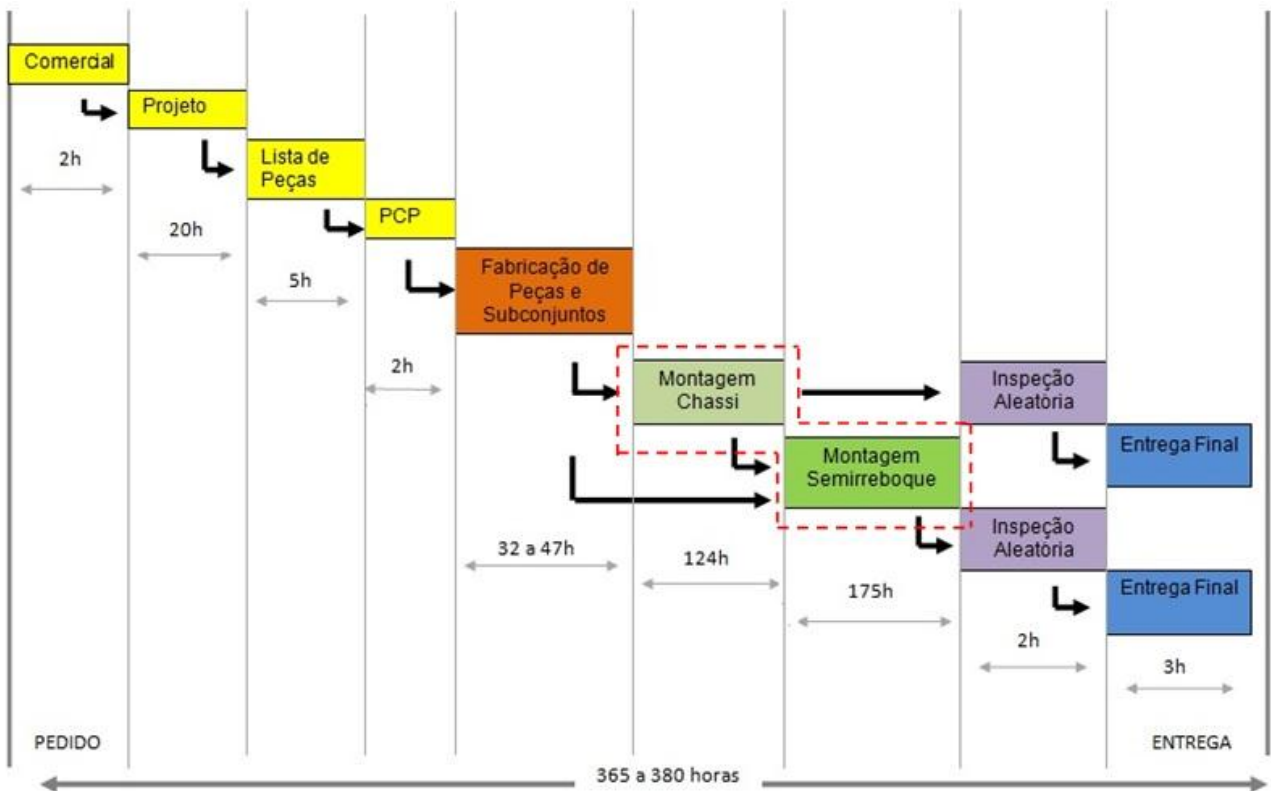


Figura 22 -Fluxograma global do semirreboque

Fonte: Elaborado pela autora

O processo de negociação do pedido de um produto ocorre, inicialmente, com a solicitação de um orçamento conforme as especificações e necessidades do cliente, o modelo de veículo trator que movimentará o semirreboque, opcionais, formas de pagamento e prazo de entrega.

Com base nas informações do cliente e solicitação de materiais especiais e opcionais o gestor da área comercial gera o orçamento para o cliente. Sendo consolidado o pedido após a aprovação do orçamento, compete ao setor de desenvolvimento do produto realizar o projeto.

Por ser um produto sob encomenda e com características únicas, muitas especificações não estão completamente definidas pelo cliente, gerando inúmeras dúvidas, modificações e, conseqüentemente, atrasos na finalização do projeto. Muitos desses atrasos são gerados pelo próprio cliente, que não define completamente as dimensões e características do produto, não efetua a compra do veículo trator ou atrasa a decisão sobre a aprovação do projeto.

O sistema sob encomenda da empresa não gera estoque de componentes e de produtos acabados. Todo pedido é um novo produto desenvolvido, sendo inviável a produção antecipada de peças e subconjuntos e muito menos do produto final.

A área de produção é responsável pelo planejamento, programação e controle da produção, segundo o prazo de entrega estabelecido inicialmente no pedido. Esta atividade é complexa e requer uma avaliação simultânea de diversos aspectos como: as características de cada projeto, o estoque disponível, emprego de grande quantidade de recursos (materiais e mão-de-obra), a logística dos recursos, as sequências diferentes de fabricação e o tempo de utilização da estrutura de produção com atividades requeridas por outros produtos.

Segundo Tubino (2007), empurrar a produção significa elaborar periodicamente um programa completo, para atender a um plano de longo prazo, desde a compra de materiais até a montagem do produto acabado, e transmiti-lo aos setores responsáveis por meio da emissão de ordens de compra, fabricação e montagem.

O modelo atual de produção do semirreboque é a programação empurrada, onde os produtos são fabricados de forma programada. O fluxo de produção das peças não é contínuo, pois a programação de produção é isolada para cada máquina. Os operadores recebem as ordens de fabricação com a descrição do que deve ser produzido. A produção é empurrada para o processo ou setor seguinte sem considerar se a produção será consumida ou não.

Abaixo são listadas algumas dificuldades e limitações da manufatura do semirreboque enfrentadas atualmente pela empresa:

- Atrasos de fornecedores internos (fabricação de peças e subconjuntos) e externos (matéria-prima);
- Deficiência na programação da produção;
- Alta variabilidade de materiais, peças e subconjuntos;
- Alta rotatividade de mão-de-obra;
- Processos desbalanceados;
- Processos não sincronizados;
- Altos estoques (matéria-prima e peças terceirizadas);
- Estoques intermediários elevados;
- Produção muito artesanal, com pouca tecnologia empregada;
- Arranjo físico e disposição dos recursos desfavoráveis e engessados;
- Elevado tempo para preparação do local onde será montado o produto;
- Excesso de movimentação de materiais entre processos e setores;
- Elevado tempo de espera do produto entre operações;
- Grande variabilidade no *lead time* dos produtos, devido à sua personalização;
- Elevado *lead time* do produto;

- Atrasos nas solicitações de alterações, revisões e melhorias nos desenhos;
- Programação dos recursos e sequenciamento de produção alterado constantemente, gerando atrasos nos pedidos e antecipação em outros;
- Atrasos no fornecimento de peças para a montagem do semirreboque, em que as peças da montagem do sobre chassi são fabricadas com antecedência e as peças da montagem do chassi são entregues atrasadas.
- Inexistência de um sistema de controle da qualidade;
- Falta de padronização e documentação dos processos;
- Peças fora de especificação que necessitam ser retrabalhadas ou fabricadas novamente;
- Falta de experiência e qualificação técnica dos colaboradores.

Tendo em vista as inúmeras dificuldades do sistema atual de manufatura, a quantidade de desperdícios e os atrasos gerados, como já mencionado anteriormente, este trabalho tem por objetivo implementar os conceitos da manufatura enxuta na linha de montagem do semirreboque, visando reduzir ou eliminar estes desperdícios e aumentar a qualidade do produto e produtividade da empresa.

3.6 ESTRUTURA DE IMPLANTAÇÃO DO TRABALHO

Com a transferência da linha de montagem dos semirreboques, reboques e bitrens para a filial e, conseqüentemente, o aumento na demanda desses produtos, percebeu-se a necessidade de organizar os materiais e o leiaute da produção, padronizar os processos de montagem, envolver os colaboradores na busca pela melhoria dos produtos e processos, visando a melhoria da gestão da produção e da qualidade dos produtos.

Com o intuito de criar um cenário de manufatura enxuta, aplicando o MFV, identificando os desperdícios, propondo e implementando melhorias, foi elaborado um modelo de estrutura de implementação. A figura 23 ilustra o modelo da estrutura proposta, na qual pode-se observar as etapas de implementação dos conceitos enxutos e as atividades relacionadas a esta implementação.

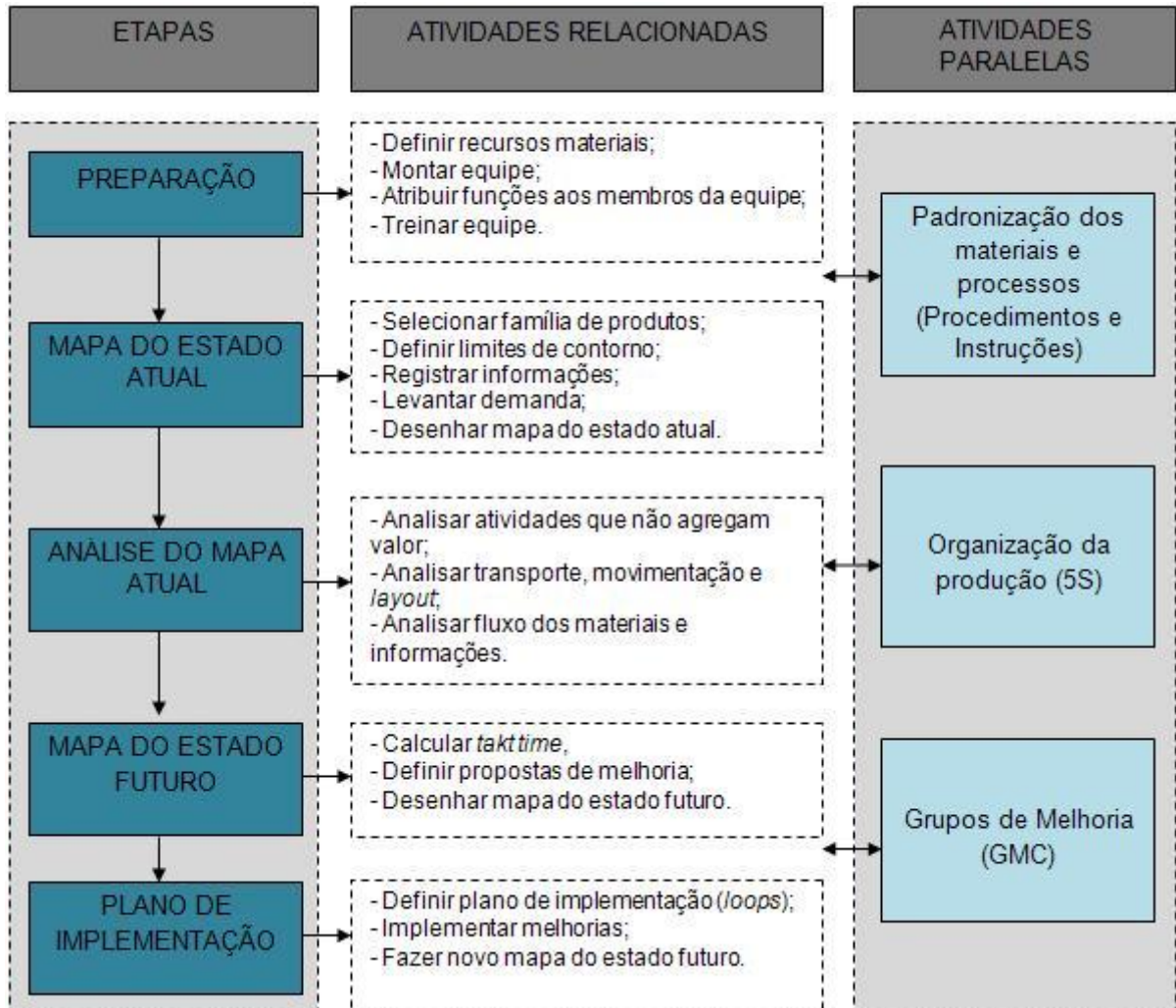


Figura 23 - Etapas de Implementação dos Conceitos Enxutos

Fonte: Elaborado pela autora

3.6.1 Preparação

A etapa de preparação formou a base para as demais atividades relacionadas à implementação, buscando desenvolver um trabalho de forma planejada e eficiente.

Os recursos materiais foram fornecidos pela empresa onde o trabalho foi desenvolvido. Com relação à equipe de mapeamento, os integrantes foram selecionados e algumas funções foram atribuídas a eles de acordo com suas competências, de modo a obter uma melhor contribuição para o desenvolvimento do trabalho.

Treinamento de capacitação da equipe abordando princípios de manufatura enxuta e MFV foram necessários para nivelar o conhecimento entre os colaboradores da equipe, visto que, por se tratar de um programa inovador, alguns conceitos e técnicas de manufatura enxuta eram desconhecidos entre os membros da equipe. Além disso, o bom entendimento dos

objetivos do programa contribui para o processo de envolvimento das pessoas, já que existe uma tendência natural do ser humano em resistir aos processos de mudança e sentir-se ameaçados diante de propostas de trabalho diferentes ao qual estão habituados.

Pensando nisso, programas e ferramentas da qualidade paralelas aos conceitos enxutos foram incorporados ao cotidiano da empresa, buscando fornecer aos demais colaboradores conhecimento, estímulo à criatividade, acompanhamento, estabelecimento de metas e reconhecimento pelos trabalhos desenvolvidos. Além disso, algumas atividades necessitavam de um tempo maior para implantação e aceitação, tanto dos colaboradores como da alta direção, que estavam acostumados com os métodos antigos e consideravam desnecessárias mudanças nos produtos e processos.

3.6.2 Atividades Paralelas

Além das atividades definidas em cada etapa da estrutura de implantação dos conceitos enxutos, outras atividades paralelas foram planejadas na linha de montagem do semirreboque visando acelerar a implementação de conceitos básicos do STP e melhorias que necessitavam de maior tempo de análise e planejamento, sendo descritas no Apêndice B.

3.7 MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL

3.7.1 Seleção da família do produto

Sob o ponto de vista da manufatura enxuta, deve-se conhecer o que é valor para o cliente, e melhorar efetivamente o que realmente lhe faz diferença. Porém, cada organização possui uma abordagem diferente para criar este valor.

Segundo Power (2011), uma estratégia é eliminar ineficiências e desperdícios, fornecendo produtos e serviços consistentes e confiáveis de baixo custo.

A estratégia utilizada pela empresa foi realizada baseando-se na demanda do mercado, tempo de *lead time* do produto, lucratividade sobre o produto e estrutura predial da planta industrial.

O produto em questão possui um dos maiores *lead times* da empresa, possui o maior percentual de vendas em relação aos outros implementos, necessita de grande espaço físico para sua movimentação, possui uma ampla gama de peças e subconjuntos, requer uma

quantidade alta de colaboradores para sua montagem e detém a maior incidência de paradas na linha de montagem.

Por ser um produto de grandes dimensões, sua movimentação no leiaute da matriz gerava inúmeras paradas nos postos de montagem próximos, longos tempos de espera para movimentação do produto entre um box de montagem e outro, falta de espaço entre os boxes para movimentação de peças e subconjuntos, entre outros.

Além disso, a empresa tinha como meta aumentar a quantidade de unidades produzidas no ano de 2012 a 2014. Como o leiaute da matriz não apresentava possibilidades de expansão, a alternativa foi utilizar o espaço disponível no leiaute da filial e deslocar uma linha de montagem, gerando possibilidade de aumento de produção.

A linha de montagem escolhida para a transferência foi a do semirreboque, que também possibilita a montagem de reboques e bitrens. Esses produtos caracterizam-se por serem montados sobre o chassi fabricado na mesma planta industrial, facilitado a padronização da altura do produto em relação ao solo.

3.7.2 Limites de contorno do mapeamento

O fluxo de valor foi construído no nível “porta-a-porta” da montagem do semirreboque, iniciando-se pelo recebimento da matéria-prima (peças e subconjuntos), passando pelos seus processos de montagem até sua finalização (produto acabado), onde o produto se encontra concluído aguardando a vinda do veículo trator do cliente para a entrega final.

O limite de contorno do MFV para o semirreboque é ilustrado na figura 24, não sendo mapeada a fabricação de peças e subconjuntos e a entrega ao cliente com a montagem do semirreboque ao veículo trator.

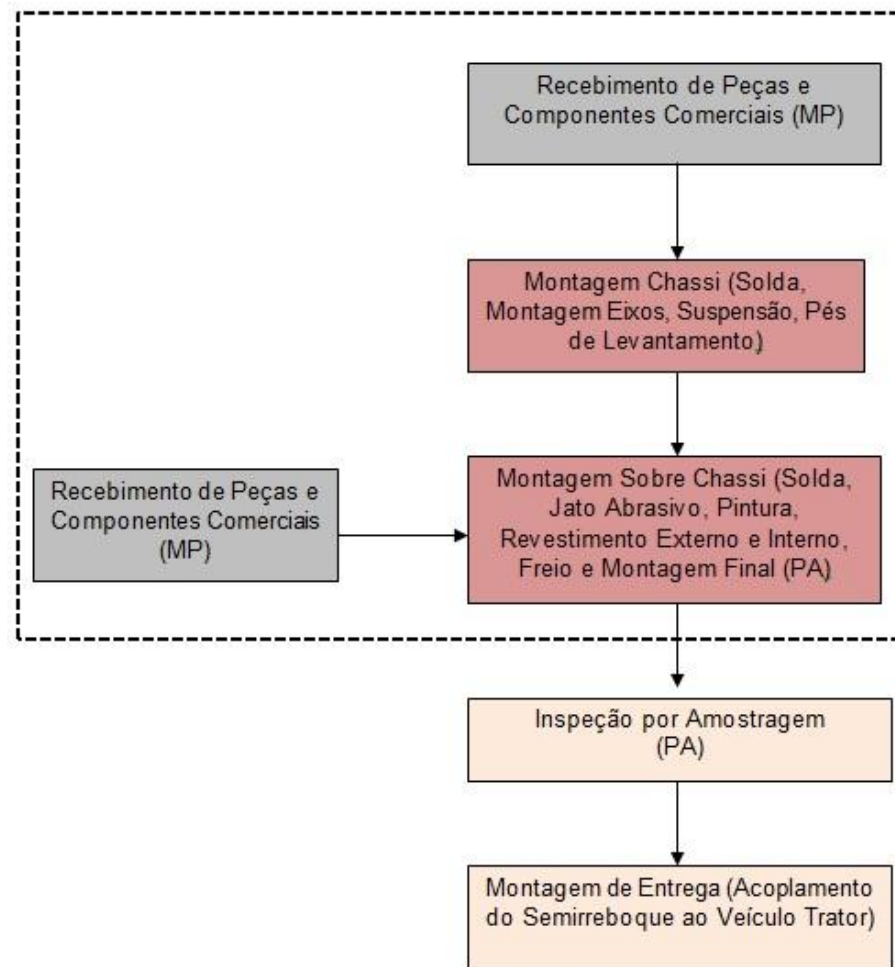


Figura 24 - Limite de Contorno do MFV

Fonte: Elaborado pela autora

Esta exclusão de parte do processo do produto ocorreu devido a diversos fatores. Com a transferência da linha de montagem do semirreboque para a filial, foi possível fazer alterações no leiaute da matriz. Os setores de fabricação de peças e subconjuntos foram reagrupados para ficarem em uma mesma área da empresa, reduzindo desperdícios com transporte, estoques intermediários e perda de peças entre os processos. Além disso, foi necessário criar um cronograma de implantação da NR 12 – Norma de Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos para as prensas do setor de fabricação de peças.

Esta norma determina que as prensas devem ser protegidas por grades e sensores, evitando o risco de acidentes aos colaboradores. Por serem máquinas antigas, muitas delas, necessitam um investimento muito alto para sua adequação à norma.

Por isso, uma equipe ficou encarregada de analisar quais tipos de peças são fabricadas em cada máquina, o valor de investimento para adequação das máquinas e o custo para

terceirização das peças. Dependendo da quantidade de peças e do valor do investimento para adequação, a máquina será sucateada e as peças serão terceirizadas.

Esta análise está sendo feita conforme o cronograma de implantação da NR 12 apresentado ao Ministério do Trabalho, que tem como prazo limite o final do ano de 2013 para adequação das máquinas, resultando em mudanças de leiaute após este prazo determinado.

Devido às constantes mudanças no leiaute e às modificações realizadas nas máquinas preferiu-se não mapear estes processos até que estas adequações estejam implantadas. Mesmo porque a agilidade destas alterações depende em muito da demanda de produtos fabricados.

Além disso, o setor de fabricação de peças e subconjuntos está localizado na matriz, fornecendo peças para a linha de montagem de matriz, da filial e para representações da empresa em outros estados. Devido ao momento de mudança pelo qual o setor de fabricação de peças está passando, definiu-se que o MFV não abrangeria o setor, porque as variações nos tempos de fabricação poderiam mascarar os resultados e influenciar decisões erradas.

Com relação à entrega ao cliente, a exclusão ocorreu devido ao tempo que o produto fica aguardando no pátio até a retirada pelo cliente. Após a montagem final dos componentes o semirreboque segue até o pátio, onde aguarda o cliente trazer o veículo trator para realizar a montagem e teste do sistema elétrico e de freios do semirreboque.

Cada cliente programa uma data para esta entrega, mas podem ocorrer atrasos devido à liberação do financiamento, entrega do veículo trator por parte do fornecedor, veículo trator alocado em outro transporte, veículo trator danificado ou por não ter carga programada para a data de entrega do semirreboque.

Assim, o tempo de permanência do semirreboque no pátio da empresa varia muito, e como o produto não retorna para a linha de montagem para a realização da união com o veículo trator, esta etapa não foi mapeada.

O plano de implementação do mapa futuro está direcionado aos processos de montagem do semirreboque. Entretanto, sugestões de melhoria podem ter abrangência em processos da matriz e nos processos de montagem dos outros produtos, contribuindo com o objetivo de agregação de valor e redução do *lead time* de montagem dos produtos.

3.7.3 Registro das informações do mapeamento

Depois de definido o produto e seus limites de contorno, iniciou-se o registro das informações do fluxo de valor no nível porta-a-porta da montagem do semirreboque, desde a montagem do chassi do implemento até a montagem final do semirreboque.

As informações coletadas na linha de montagem foram registradas nas folhas de mapeamento (figura 25), onde em sua parte superior constam informações sobre o produto e o processo mapeado, e no corpo da folha estão registrados os dados do fluxo de valor, informações do processo, os tempos de cada operação, a quantidade de colaboradores envolvidos e as distâncias percorridas no transporte das peças, gabaritos e equipamentos; dados necessários para a elaboração do mapa do estado atual.


FOLHA DE MAPEAMENTO DE PROCESSO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR													
MAPEAMENTO ATUAL													
DATA: 15 / 05 / 12													
ESTOQUE PEÇAS (MP)	TRANSPORTE	PREPARAÇÃO BOX, GABARITO	ESPERA DE PROCESSOS	POSICIONAMENTO PEÇAS	PROCESSAMENTO	LIMPEZA	INSPEÇÃO	ESTOQUE PRODUTO ACABADO	MAPEAMENTO ATUAL				
									DESCRIÇÃO DO PRODUTO:	TEMPO (minutos)	COLABORADORES (quantidade)	DISTÂNCIA (metros)	
									PRODUTO: Chassi do Semirreboque PEDIDO: 19517 CÓDIGO: 31077 NÚMERO DO PROJETO: K-317 PRAZO DE ENTREGA: 22/06/12				
									DESCRIÇÃO DO PRODUTO: Semirreboque base reta, 3 eixos PROCESSO: Montagem da Frontal do Chassi (Pescoço) QUANTIDADE: 01 conjunto				
1									Recebimento das peças no pátio	62	2		
2									Inspeção de recebimento (conferência das dimensões, material e quantidade)	45	1		
3									Aguardando transporte das peças até os estoques	240	1		
4									Transporte das peças até o estoque EP, E2 e E5 (empilhadeira, manual)	150	2	310	
5									Aguardando processamento das peças	3360			
6									Preparar box de montagem e gabarito	15	2	140	
7									Transporte das chapas do estoque E2 até o box de montagem	30	2	157	
8									Posicionamento das chapas no gabarito	25	2		
9									Soldagem das chapas	40	2		
10									Transporte das travessas L e U do estoque E2 até o box de montagem	37	2	60	
11									Posicionamento das travessas no gabarito	32	2		
12									Soldagem das travessas	17	2		
13									Transporte das barras chatas do estoque E2 até o box de montagem	12	1	67	

Figura 25 - Modelo de Folha de Mapeamento

Fonte: Elaborada pela autora

Cada processo de montagem possui sua folha de mapeamento, facilitando a compreensão de todas as etapas de montagem do semirreboque, em vista de sua complexidade.

Rother e Shook (2003) orientam que a coleta de informações do mapa atual deve ser feita enquanto se caminha diretamente junto aos fluxos de materiais e informações, usando papel, lápis e cronômetro para a elaboração do mapa atual. Nesta fase de coleta existem algumas dificuldades às quais deve-se dar atenção, por isso é importante coletar as informações usando papel, lápis, borracha, entrevistando as pessoas, verificando in loco, acompanhando os registros, cronometrando, analisando e registrando tudo que é observado (CANTIDIO, 2009).

3.7.4 Levantamento da demanda do semirreboque

As informações de demanda do semirreboque pelos clientes foram reunidas a partir de registros comerciais do setor de vendas e dos históricos de vendas registrados no sistema ERP referentes a todos os meses de 2011 e dos nove primeiros meses de 2012, totalizando um período de 21 meses. A figura 26 ilustra o histórico de demanda do produto no período analisado, sendo a partir desses dados calculada a média de encomendas mensais do produto em questão.



Figura 26 - Histórico da demanda do Semirreboque 2011/2012

Fonte: Empresa estudo de caso

Neste período analisado, a média de encomendas mensais é de 12,29 unidades por mês, ou seja, os clientes solicitam um produto em média a cada 2,44 dias.

Apesar de ser o produto que apresenta maior solicitação pelo cliente, a demanda do semirreboque se caracteriza por ser um produto de baixo giro, com uma significativa variação, tanto no tamanho da demanda quanto no tempo médio entre encomendas, caracterizando-se assim por uma demanda incerta e intermitente.

Além do semirreboque são produzidos na mesma linha de montagem o chassi para terceiros, reboques e bitrens, sendo nas tabelas 1 e 2 mostrado o resumo dos históricos de demanda dos produtos montados nesta linha de montagem da empresa nos anos de 2011 e 2012, respectivamente.

Tabela 1 - Resumo da demanda dos produtos em 2011

Produto	Demanda média mensal (unidades/ mês)	Período médio entre pedidos (dias)
Chassi para terceiros	4,75	6,31
Semirreboque	13,08	2,29
Reboque	0,92	32,61
Bitrem	4	7,5

Fonte: Empresa estudo de caso

Tabela 2 - Resumo da demanda dos produtos em 2012

Produto	Demanda média mensal (unidades/ mês)	Período médio entre pedidos (dias)
Chassi para terceiros	0,33	90,91
Semirreboque	11,22	2,67
Reboque	0,67	44,78
Bitrem	2,89	10,38

Fonte: Empresa estudo de caso

Observa-se variações acentuadas na demanda de alguns produtos, causada principalmente por perda de clientes e quedas na produção de produtos primários, gerando redução na demanda de transporte de cargas.

Mesmo sendo produtos diferentes do semirreboque, os demais produtos listados na tabela percorrem os mesmos processos e utilizam os mesmos gabaritos, equipamentos e recursos para sua montagem, sendo desta forma diretamente afetados pelas melhorias que serão implementadas pelo mapa do estado futuro.

3.7.5 Mapa do estado atual

Para iniciar o mapeamento na linha de montagem do semirreboque, foi realizado um levantamento da demanda do produto, possibilitando a determinação da demanda mensal de semirreboques pelos clientes.

O produto considerado neste estudo possui um baixo volume de encomendas, sendo igual a 12,29 unidades por mês, conforme visto no item 3.7.4. Como os produtos dependem do pedido do cliente para iniciar seu projeto e posteriormente a fabricação das suas peças e subconjuntos, os processos de montagem ficam aguardando o recebimento das especificações solicitadas por cada cliente. Quando não existem pedidos desse produto pelos clientes, os processos se voltam para atender as necessidades de outros produtos que são montados na mesma linha de montagem.

Com base nos levantamentos, verificou-se também o *lead time* médio de semirreboques, sendo igual a 32 dias para os produtos que apresentam características semelhantes em termos dimensões, materiais e opcionais. Este tempo de fabricação é determinado pelos tempos de ciclo dos processos sem considerar os tempos de estoques em processos. Como o tempo baseia-se em médias advindas do histórico de produção, e cada produto diferencia-se um dos outros, o tempo calculado fica diferente do real.

Esta dificuldade em determinar o tempo real dos processos se justifica pelo fato de que a quantidade de tarefas, principalmente na montagem, é grande e diferenciada, sendo diretamente proporcional à variedade de materiais e peças utilizadas na montagem. Esses fatores intensificam a importância de mapear-se o fluxo de valor para determinar o tempo de atravessamento e agregação de valor.

A fim de representar o fluxo de valor do semirreboque em um mapa do estado atual, foi necessário seguir o caminho percorrido pelo produto, cronometrando-se todos os tempos, os colaboradores envolvidos e as distâncias percorridas conforme descrito no item 3.7.3. Esta cronometragem foi feita ao longo da cadeia os processos para o mesmo produto, mostrando o *lead time* e as esperas entre os processos, conforme ilustrado na figura 27.

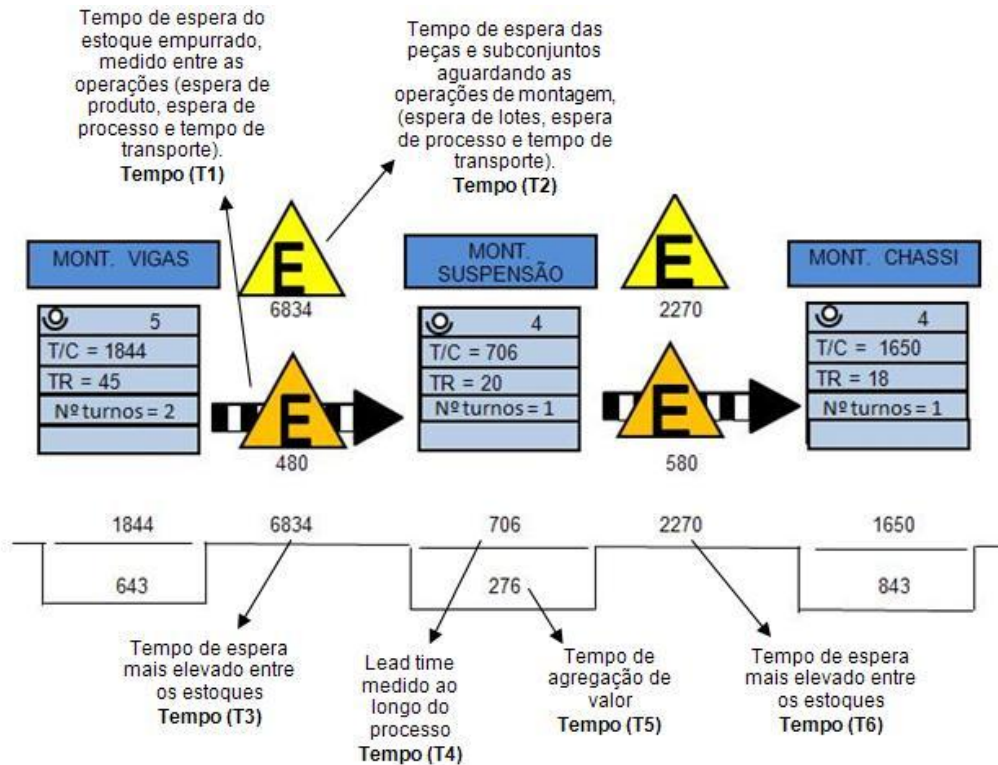


Figura 27 - Modelo de linha de tempo de um produto

Fonte: Elaborado pela autora

A figura 27 ilustra a linha de tempos de um mesmo produto, onde “T1” representa o tempo que o produto esteve em espera de processo e transporte, medido entre as operações. Este tempo de espera representa o produto “semiacabado”, aguardando iniciar as operações seguintes de montagem. Por outro lado, “T2” mostra o tempo em que as peças e subconjuntos estiveram aguardando por processamento e transporte, medido entre as operações.

Como o produto “semiacabado” fica armazenado ao mesmo tempo das peças e subconjuntos, o tempo de estocagem mais elevado é representado na linha de tempo do produto. No estoque do produto “semiacabado” o tempo de espera foi de 480 minutos, enquanto o tempo de espera das peças e subconjuntos foi de 6834 minutos. Sendo assim, o maior tempo de espera foi das peças e subconjuntos, devendo este valor ser transferido para a linha de tempo “T3”.

Caso não existam dois tipos de estoque que antecedem o processamento, apenas o tempo de espera do estoque existente é ilustrado na linha de tempo do produto.

“T4” corresponde ao *lead time* medido ao longo do processo, enquanto “T5” aponta o tempo de agregação de valor que ocorreu durante o processamento. No processo de montagem da suspensão o *lead time* foi de 706 minutos (T4), sendo que 276 minutos foi o

tempo em que realmente agregou-se valor ao produto (T5). Nos 706 minutos de operações de montagem da suspensão (T4), o produto estava sendo processado. Neste período, o processo subsequente (que é a montagem do chassi) não estava processando peças e subconjuntos do produto. Somente após uma espera de 2270 minutos que o produto semiacabado voltou a ser processado.

Desta forma, pode-se enxergar todo o *lead time* de manufatura, a partir do momento que a matéria-prima encomendada a um pedido de um cliente chega ao fluxo porta-a-porta, percorrendo o leiaute até ser transformado em produto acabado.

Estas particularidades, caracterizadas por adaptações aos modelos tradicionais, foram sugeridas neste trabalho por se tratar da análise de fluxo de um produto sob encomenda, com uma demanda do tipo ETO com baixos volumes de unidades produzidas, alta variedade de peças e processos e grande dificuldade de padronização, diferentemente dos modelos expostos por Rother e Shook (2003), nos quais existe uma continuidade de produção observada no fluxo de valor de todos os processos com o acúmulo de materiais pré-acabados em todas as etapas entre os processos.

Devido a uma simples análise pelo sistema ERP ou um cálculo estimado do *lead time* do produto desde a entrada do pedido do cliente até a entrega do produto acabado, pode-se gerar alguns pontos do mapeamento que podem ficar descobertos, possibilitando diversas interpretações das causas geradoras de esperas. Porém, com o mapeamento dos processos pode-se identificar essas fontes geradores de desperdícios, identificar as fontes de desperdícios mais relevantes dentro do *lead time* e eliminá-las no desenvolvimento do mapa do estado futuro.

Com a finalização do mapeamento do fluxo de valor no nível porta-a-porta e o levantamento da demanda do produto, foi possível elaborar o mapa do estado atual. A figura 28 ilustra o mapa macro do estado atual referente ao semirreboque, proporcionando uma visão ampla do fluxo de materiais e informações, desde o pedido do cliente até a finalização do produto.

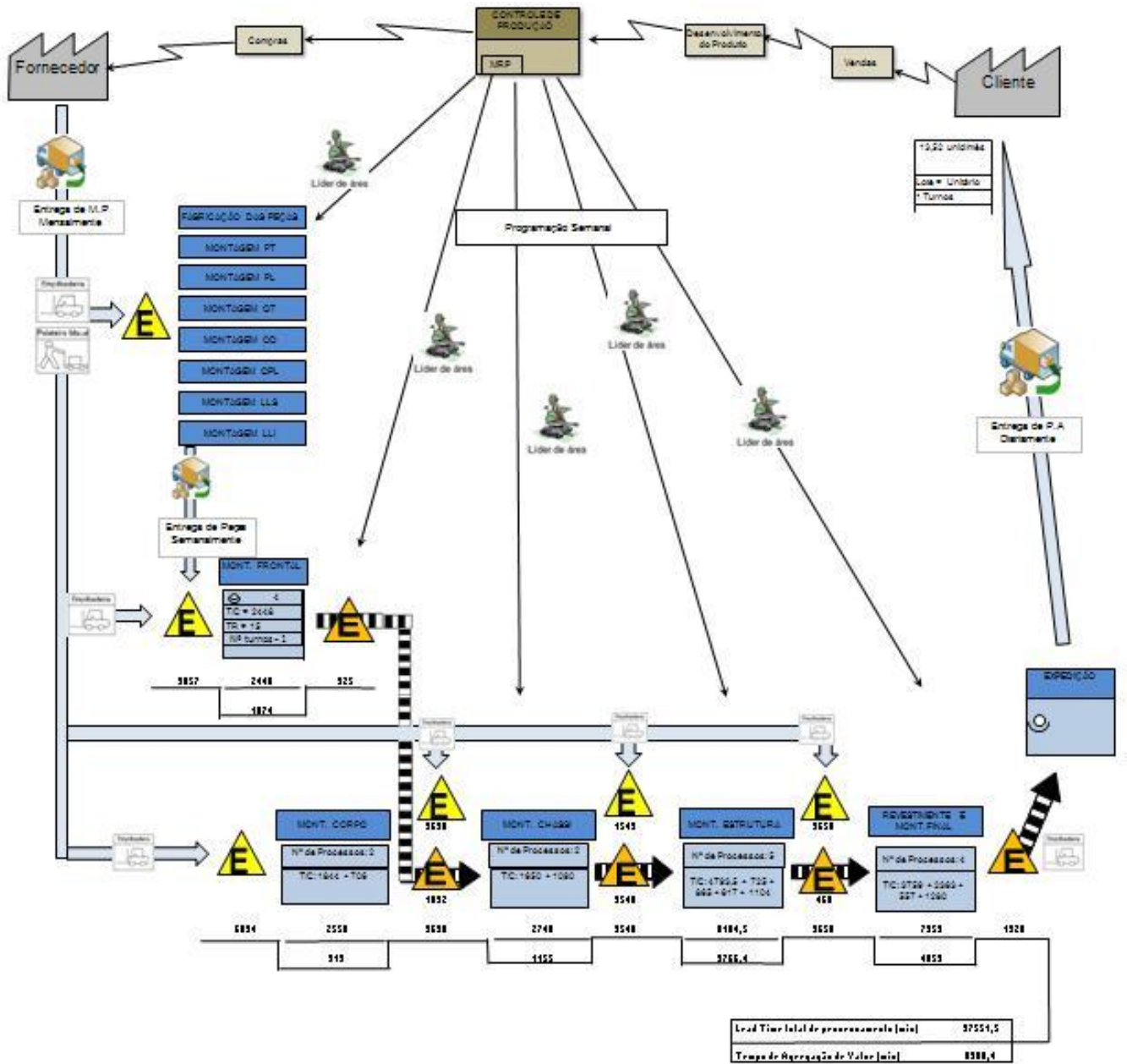


Figura 28 - Mapa Macro Atual do Semirreboque

Fonte: Elaborado pela autora

No mapa macro do estado atual foi possível representar todo o fluxo de valor do produto, iniciando o fluxo de materiais na fabricação das peças e subconjuntos produzidos na matriz e posteriormente enviados para a filial, onde são montados formando o produto acabado. Conforme definido pelo limite de contorno do mapeamento, somente os processos de montagem do semirreboque na filial serão mapeados.

Neste mapa macro são exibidas apenas as informações resumidas das operações realizadas na matriz e filial da empresa para facilitar o entendimento dos mapas atuais do produto.

Observa-se no mapa que o *lead time* ao longo de cada processo de montagem é maior que o tempo de agregação de valor. Isto ocorre devido às operações efetuadas, como: espera de processo, preparação do box de montagem, preparação dos gabaritos, posicionamento das peças, limpeza e inspeção, que apesar de estarem sendo incluídas no tempo de processamento, não agregam valor.

Desta forma, o *lead time* de processo foi separado do *lead time* ao longo do processo e do tempo de agregação de valor (figura 28). O *lead time* ao longo do processo equivale ao tempo de processamento ou tempo de ciclo do processo e o tempo de agregação de valor corresponde ao tempo em que o material está efetivamente sendo transformado.

As figuras 29 e 30 ilustram o mapa do estado atual de montagem do chassi do semirreboque e o Gráfico de Balanceamento do Operador (GBO), respectivamente. Esses dados foram obtidos através dos registros efetuados na folha de mapeamento, possibilitando resumir as condições atuais do fluxo de valor e informações do produto analisado.

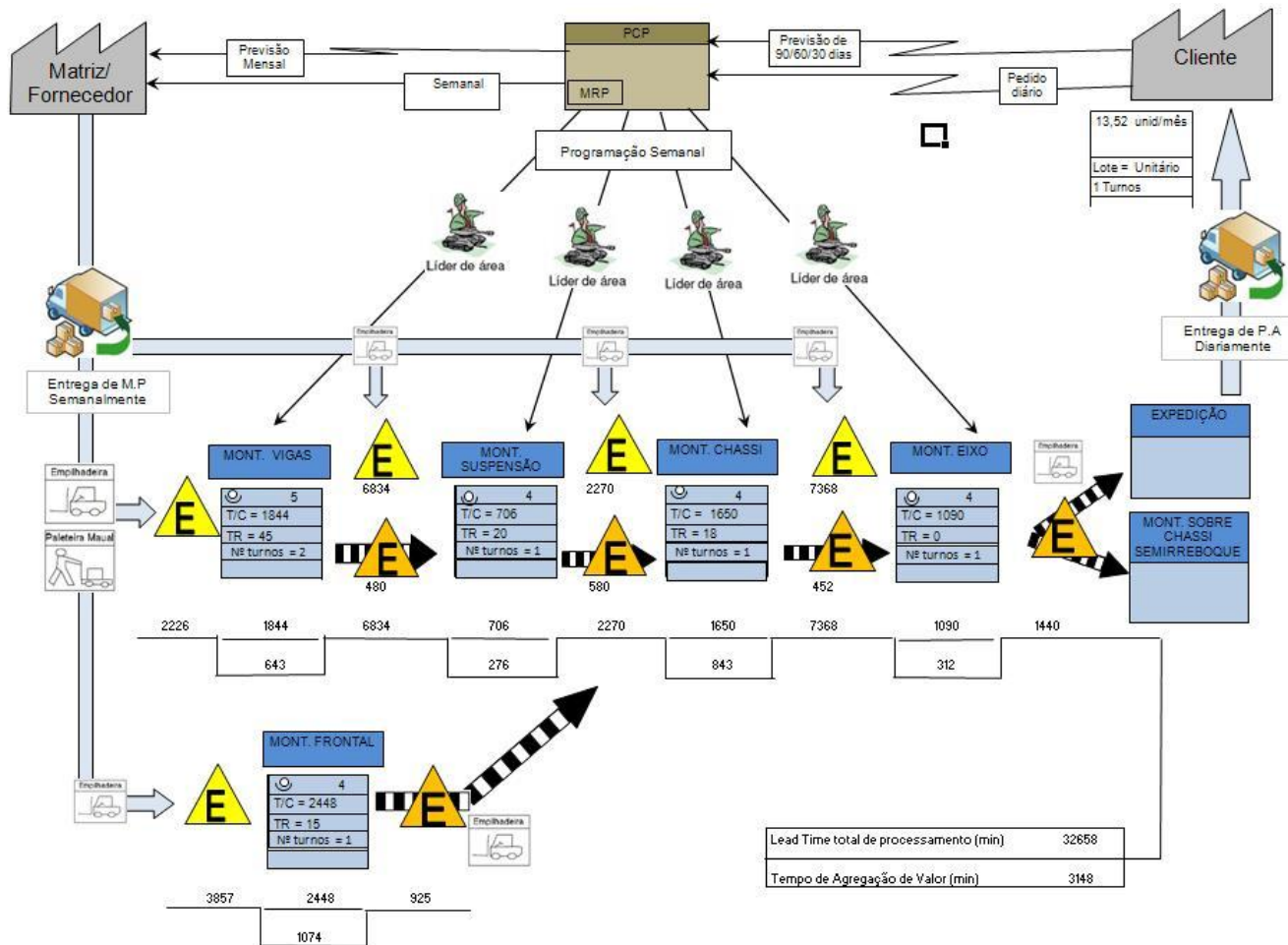


Figura 29 - Mapa do Estado Atual do Chassi do Semirreboque

Fonte: Elaborado pela autora

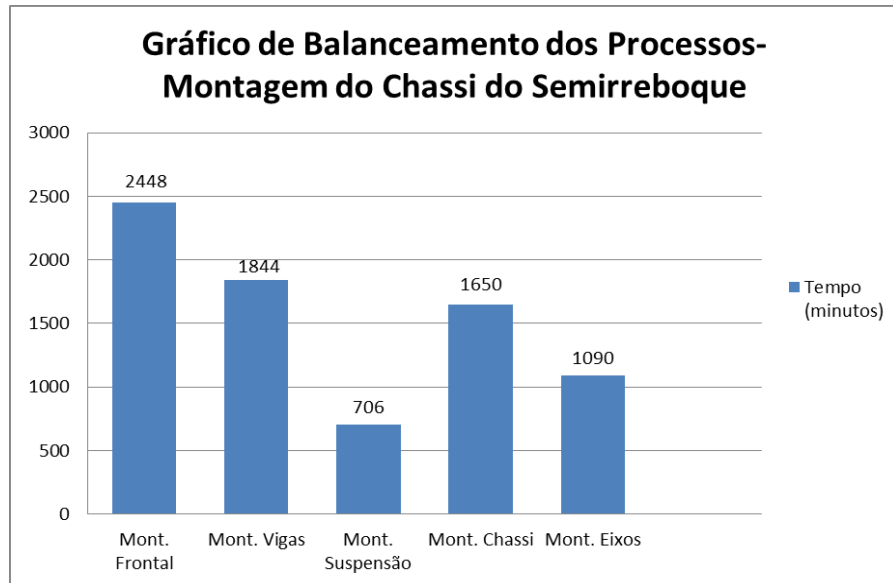


Figura 30 - GBP Atual da Montagem do Chassi do Semirreboque

Fonte: Elaborado pela autora

O *lead time* de montagem do chassi do semirreboque é de 32.658 minutos, enquanto o tempo de agregação de valor é de 3.148 minutos. Assim, tem-se um tempo de 29.510 minutos em que não há agregação de valor ao produto.

Para esta sequência de processos são necessários 21 colaboradores qualificados para executarem as operações de montagem com suas respectivas variações, conforme a necessidade definida pelo cliente.

A figura 31 ilustra o mapa do estado atual de montagem do sobre chassi do semirreboque e a figura 32 demonstra o Gráfico de Balanceamento dos Processos (GBP), dados também obtidos durante a coleta de informações e registros realizados na folha de mapeamento.

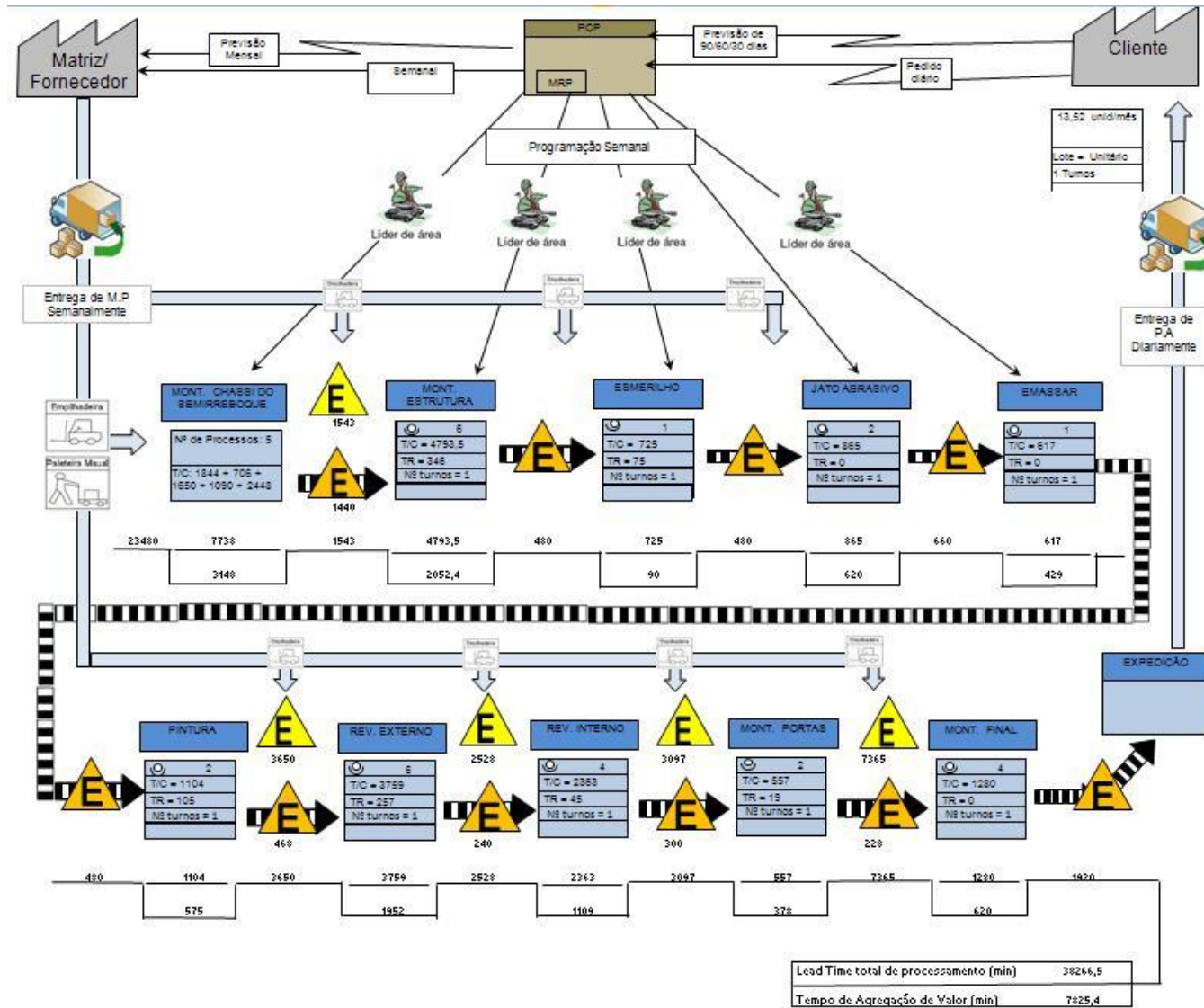


Figura 31 - Mapa do Estado Atual do Sobre Chassi do Semirreboque
 Fonte: Elaborado pela autora

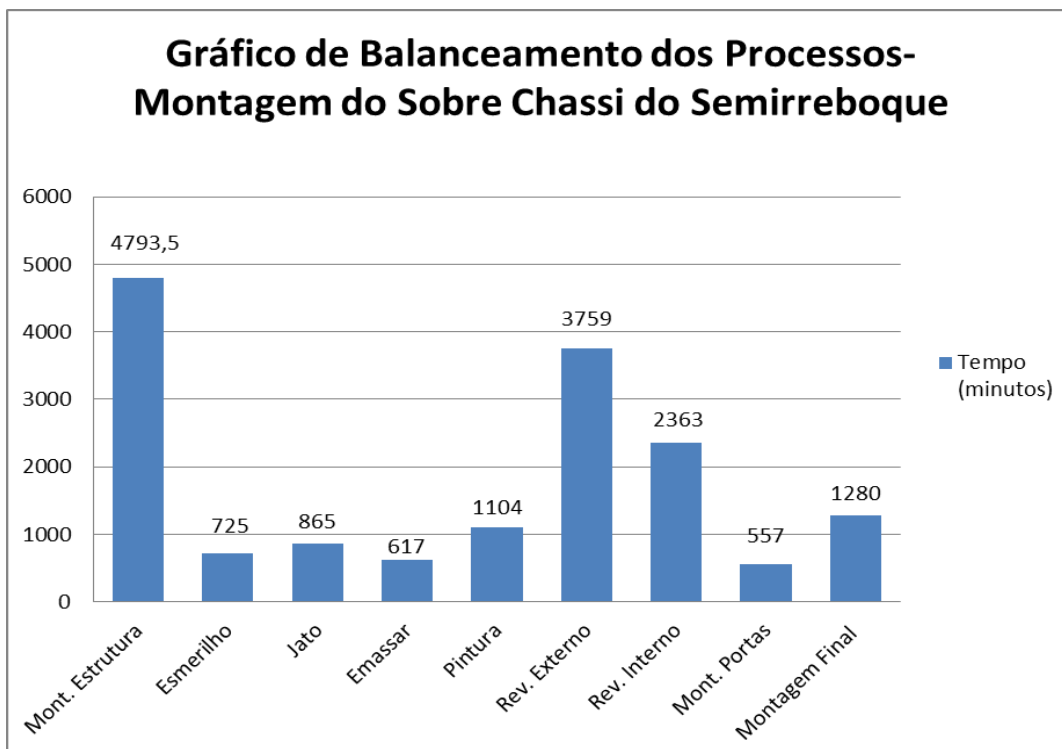


Figura 32 - GBP Atual da Montagem do Sobre Chassi do Semirreboque

Fonte: Elaborado pela autora

Baseando-se nos dados obtidos pelas observações e coletas registradas na folha de mapeamento, foi possível resumir as condições atuais do fluxo de valor do sobre chassi do semirreboque. O *lead time* de montagem do sobre chassi do semirreboque é de 38.266,5 minutos, enquanto o tempo de agregação de valor é de 7.825,4 minutos. Portanto, tem-se um tempo de 30.441,1 minutos em que não há agregação de valor ao produto.

Para esta sequência de processos são necessários 29 colaboradores qualificados para executarem as operações de montagem com as variações solicitadas pelos clientes.

A tabela 3 ilustra o *lead time* de manufatura, o *lead time* de processamento, o tempo de agregação de valor, o tempo em que não há agregação de valor, a quantidade de colaboradores na montagem e a distância percorrida.

Tabela 3 - Resumo do Estado Atual do Semirreboque

Processo	Chassi do Semirreboque	Sobre Chassi do Semirreboque	Semirreboque (total)
Lead time de manufatura (horas)	32.658	38.266,5	70.924,5
Lead time de processamento (horas)	7.738	16.063,5	23.801,5
Tempo de agregação de valor (horas)	3.148	7.825,4	10.973,4
Tempo em que não há agregação de valor (horas)	29.510	30.441,1	59.951,1
Quantidade de Colaboradores	21	29	50
Distância percorrida	7.797	24.898	32.695

Fonte: Elaborado pela autora

3.8 ANÁLISE DO MAPA ATUAL

Com a realização da coleta de informações e elaboração dos mapas de fluxo de valor atuais, foi possível analisar e identificar as fontes de desperdícios, ou seja, as atividades que não agregam valor ao produto e que contribuem para elevar os custos e aumentar os *lead time* de fabricação do produto.

Dentre os tempos das atividades que não agregam valor, tem-se:

- Tempos decorrentes de estoque de matéria-prima e estoque de produtos acabados;
- Tempos decorrentes de transporte e movimentação de peças, subconjuntos, máquinas, dispositivos de posicionamento e gabaritos;
- Tempos para preparação dos boxes de montagem e preparação dos gabaritos de montagem;
- Tempos para posicionamento das peças e subconjuntos a serem incorporadas em cada etapa de montagem do produto em estudo;
- Tempos de espera do produto semiacabado aguardando o próximo processo de montagem;
- Tempos de inspeção após finalização de cada processo de montagem;
- Tempo de limpeza do produto acabado e do box de montagem para iniciar o próximo produto.

Estes dados da folha de mapeamento possibilitam a análise dos tempos citados acima separadamente, conforme mostrado na figura 33 para a montagem do chassi do semirreboque e na figura 34 para a montagem do sobre chassi semirreboque.

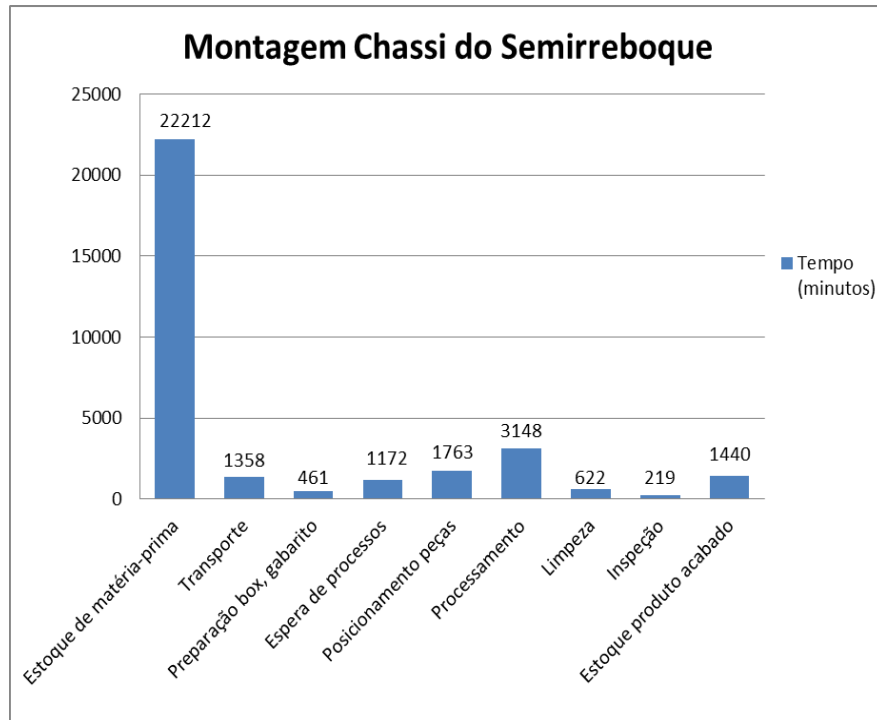


Figura 33 - Informações do Processo de Montagem do Chassi do Semirreboque

Fonte: Elaborado pela autora

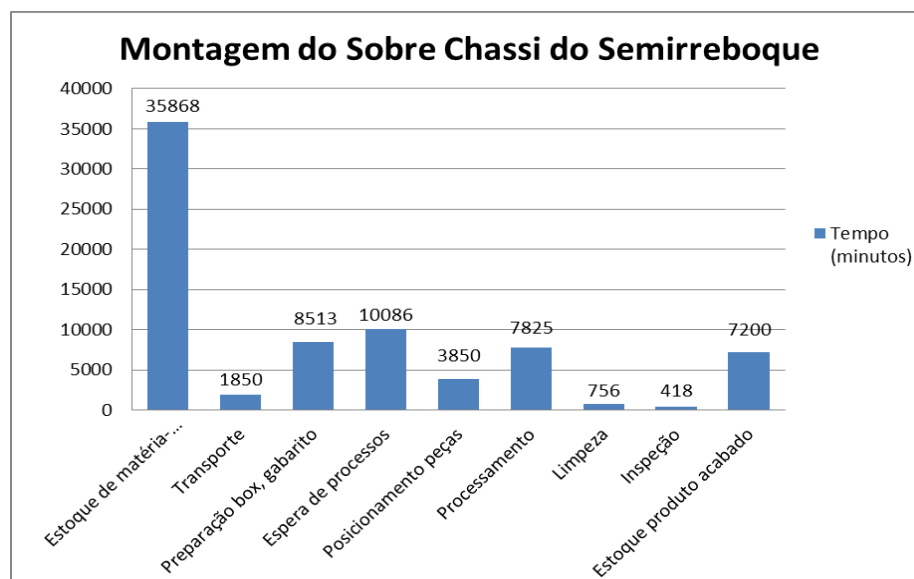


Figura 34 - Informações do Processo de Montagem do Sobre Chassi do Semirreboque

Fonte: Elaborado pela autora

Os fatores que contribuem para geração dos desperdícios detalhados nos itens 3.8.1 ao 3.8.9 estão descritos no Apêndice C.

3.8.1 Estoque matéria-prima e produto acabado

Os tempos de espera dos estoques de matéria-prima são determinados a partir do momento em que as matérias-primas, as peças e os subconjuntos chegam à filial, até o momento em que são transportadas para a linha de montagem e utilizadas no processo de montagem do produto.

As Ordens de Fabricação (OFs) são emitidas apenas no momento em que o projeto do produto é concluído e enviado para o PCP, em virtude de ser um produto sob encomenda.

Em teoria, as ordens de compra também devem ser emitidas mediante consolidação do pedido pelo cliente. Entretanto, observou-se que, na prática, apenas os materiais extremamente exclusivos ao pedido são comprados após a finalização do projeto.

Itens como eixos, pés de levantamento, suspensão, caixas de ferramentas, caixas de cozinha, barricas d'água são encomendadas antecipadamente conforme modelos disponibilizados aos clientes, com a intenção de adiantar a entrega, reduzir custo de compra e evitar atrasos de entrega.

Para manter a variedade de opções para o cliente, mais de um tipo de cada item comercial é adquirido e mantido em estoque, contribuindo para a formação de esperas de matéria-prima. Por não possuir um pedido específico, muitas vezes os itens comerciais contribuem para aumentar o *lead time* e os custos do produto.

A tabela 4 detalha os tempos de estoque matéria-prima, enquanto a tabela 5 mostra os tempos de produto acabado.

Tabela 4 - Resumo dos Tempos de Estoque de Matéria-prima

Produto	Tempo de estoque da MP	Representação do <i>lead time</i> (%)
Chassi do Semirreboque	22.212	68,01
Sobre Chassi do Semirreboque	35.868	93,73
Total	58.080	81,89

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 5 - Resumo dos Tempos de Estoque de Produto Acabado

Produto	Tempo de estoque de PA	Representação do <i>lead time</i> (%)
Chassi do Semirreboque	1.440	4,41
Sobre Chassi do Semirreboque	7.200	18,81
Total	8.640	12,18

Fonte: Elaborado pela autora

As datas de entrega são programadas no momento da consolidação dos pedidos, porém os clientes nem sempre buscam os produtos na data acordada. Devido à necessidade de um veículo trator para a retirada do semirreboque, este veículo trator pode estar: (a) sendo utilizado no transporte de outro semirreboque; (b) caso o cliente o tenha comprado, ele pode estar com a entrega atrasada pelo fornecedor ou (c) o financiamento para a compra do semirreboque que está aguardando a liberação da agência bancária.

Desta forma, o semirreboque pode permanecer no pátio da empresa por dias e até meses. Por esta razão, este tempo de estocagem do produto acabado no pátio da empresa não será considerado no mapeamento do produto, pois influenciaria de forma errônea os resultados das análises, por ser um tempo que a empresa não pode controlar.

3.8.2 *Lead time* do produto

O produto é oferecido ao mercado com um prazo de 60 dias corridos, conforme tabela 6. Entretanto, pode-se observar que a montagem do chassi e sobre chassi do semirreboque, não considerando o tempo de fabricação de peças, subconjunto e entrega do produto ao cliente, demandou um *lead time* de 1182,07 horas, equivalente a um período de 147,76 dias corridos.

Tabela 6 - Resumo do *Lead time* do Semirreboque

Produto	<i>Lead time</i> manufatura (minutos / dias)	Prazo de Entrega (dias corridos)
Chassi do Semirreboque	32.658 / 544,3	60,07
Sobre Chassi Semirreboque	38.266,5 / 637,8	79,72
Total	70.924,5 / 1.182,1	147,76

Fonte: Elaborado pela autora

Observa-se que a empresa com demanda do tipo ETO não consegue atender o prazo de entrega definido inicialmente nas negociações com o cliente. Para minimizar este problema, a empresa desloca colaboradores de outras linhas de montagem e outros processos para realizar as montagens mais críticas após o período normal de trabalho (horas extras), na tentativa de conseguir atender os prazos de entrega acordados.

Como todos os pedidos necessitam de projeto, influenciando nas dimensões das peças e subconjuntos a serem fabricados, a produção destes itens não podem ser adiantadas.

3.8.3 Transporte e leiaute

O transporte de materiais tem o objetivo de repor as matérias-primas nas linhas de produção, transportar materiais em processamento, transportar gabaritos e equipamentos que serão utilizados no processamento e transportar produtos acabados para armazenamento conforme tempo e espaços disponíveis.

Um leiaute adequado permite uma utilização eficiente do espaço físico, permitindo a movimentação rápida de materiais e acesso as estações de trabalho com facilidade, agilidade e segurança. No processo produtivo do produto estudado, o planejamento do arranjo físico caracteriza-se por um leiaute de baixa eficiência, espaço físico desorganizado e uma logística desfavorável para a movimentação de materiais ao longo do fluxo produtivo.

O transporte no recebimento de itens comerciais, peças e subconjuntos são realizados através de empilhadeira até os locais de estocagem. O transporte interno de materiais é realizado com a utilização de paleteiras manuais, talhas, empilhadeiras, carrinhos adaptados e transporte manual. Já o transporte do chassi e do semirreboque entre as estações de trabalho e do produto acabado para a área externa da fábrica é realizado por empilhadeira.

Com o mapeamento do produto foi possível acompanhar o fluxo dos materiais e registrar as distâncias percorridas no leiaute do processo produtivo, conforme mostrado na figura 35.

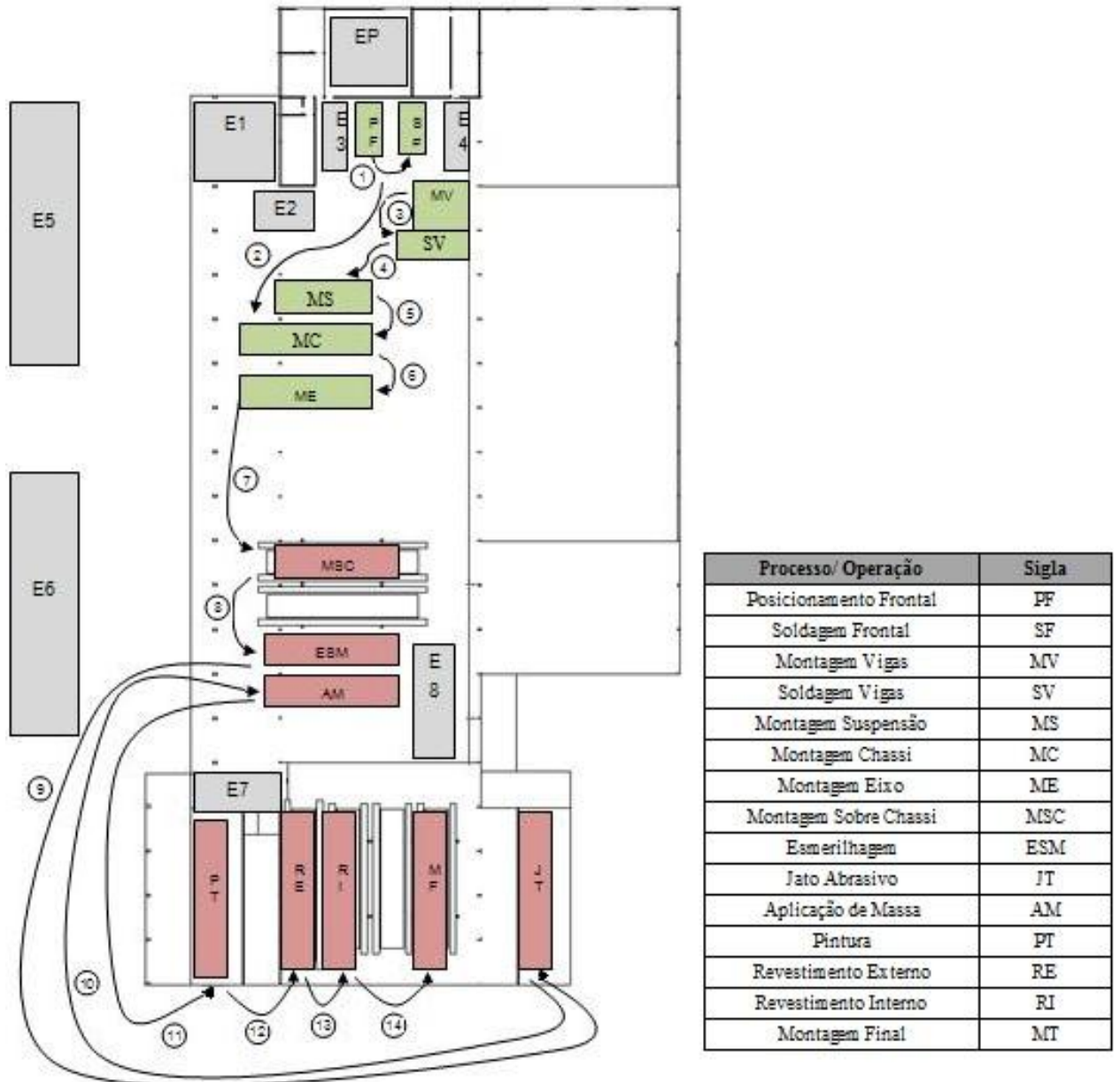


Figura 35 - Fluxo de transporte atual do semirreboque

Fonte: Elaborado pela autora

As tabelas 7 e 8 mostram as distâncias percorridas pelos materiais e subconjuntos do chassi e do sobre chassi respectivamente.

Tabela 7 - Distâncias percorridas nos trajetos e processos do chassi (leiaute atual)

Trajeto ou Processo	Estoques utilizados nos processos	Distância percorrida (metros)
PF	EP, E1, E2, E3 e E5	1.343
Trajeto 1		145
SF		140
Trajeto 2		95
MV	EP, E1, E2 e E4	993
Trajeto 3		185
SV		175
Trajeto 4		25
MS	EP, E1, E5 e E6	1.589
Trajeto 5		35
MC	EP, E1 e E5	345
Trajeto 6		37
ME	EP, E5 e E6	2.575
Trajeto 7		115
TOTAL		7.797

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 8 - Distância percorridas nos trajetos e processos do sobre chassi (leiaute atual)

Trajeto ou Processo	Estoques utilizados nos processos	Distância percorrida (metros)
MSC	EP, E6 e E8	2.980
Trajeto 8		68
ESM	EP e E7	199
Trajeto 9		141
JT	EP	270
Trajeto 10		137
AM	E7	300
Trajeto 11		92
PT	E7	257
Trajeto 12		36
RE	EP, E7 e E8	16.750
Trajeto 13		37
RI	EP, E7 e E8	2.990
Trajeto 14		48
MF	EP, E7 e E8	473
Trajeto 15		120
TOTAL		24.898

Fonte: Elaborado pela autora

É possível observar que a distância percorrida em alguns processos como PF, MS, ME, MSC, RE e RI é elevada. Isso ocorre devido a movimentação de materiais, equipamentos, dispositivos, gabaritos e operações de preparação dos boxes, demandando um deslocamento grande ao iniciar as operações, durante a montagem e ao finalizar as operações em cada processo.

A tabela 9 ilustra o resumo das distâncias percorridas para a montagem do semirreboque e o tempo gasto com movimentação e transporte na linha de montagem.

Tabela 9 - Resumo das Distâncias Percorridas para Montagem do Semirreboque

Produto	Distância Percorrida (metros)	Tempo de transporte (min)	% do <i>lead time</i> total
Chassi do Semirreboque	7.797	1.358	4,16
Sobre Chassi do Semirreboque	24.898	1.850	4,83
Total	32.695	3.208	4,52

Fonte: Elaborado pela autora

O arranjo físico e a movimentação dos recursos da linha de montagem do produto estudado não possibilita uma eficiente movimentação dos colaboradores e materiais.

Essas elevadas distâncias de movimentação e transporte de operadores e materiais são um desperdício, pois além de não agregarem valor algum ao produto, gerando desperdícios de tempo, recursos e maquinário.

3.8.4 Preparação do box de montagem, gabaritos e equipamentos

O tempo de preparação do box de montagem, do posicionamento dos gabaritos e equipamentos estão relacionados aos tempos de preparação do box para receber o produto e iniciar as operações de montagem referentes ao processo.

O tempo para a retirada dos gabaritos e equipamentos após o término das operações no processo também foram somados. Devido ao fato que, para movimentar o produto para o próximo processo, os gabaritos e equipamentos que são utilizados em torno, sobre o teto do sobre chassi e no interior do semirreboque devem ser retirados.

Os tempos com a preparação do box de montagem e posicionamento dos gabaritos e equipamentos utilizados na montagem do produto estudado estão ilustrados na tabela 10.

Tabela 10 - Resumo do Tempo de Preparação do Box, Gabaritos e Equipamentos para Montagem

Processos	Preparação do box, gabaritos (minutos)	% do <i>lead time</i> total
Chassi do Semirreboque	461	1,41
Sobre Chassi do Semirreboque	8.513	22,25
Total	8.974	12,65

Fonte: Elaborado pela autora

3.8.5 Esperas de Processo

As esperas de processo estão relacionadas ao tempo em que o produto semiacabado está aguardando para serem processados pela próxima operação ou processo. O resumo dos tempos de espera está descrito na tabela 11.

Tabela 11 - Resumo do Tempo de Espera do Semirreboque

Processos	Tempo de espera (minutos)	% do <i>lead time</i> total
Chassi do Semirreboque	1.172	3,59
Sobre Chassi do Semirreboque	10.086	26,36
Total	11.258	15,87

Fonte: Elaborado pela autora

3.8.6 Posicionamento de peças e subconjuntos

O tempo de espera no posicionamento de peças e subconjuntos está relacionado com os tempos que os operadores levam para posicionar as peças e subconjuntos aos produtos semiacabados para que sejam montados ao produto. Este tempo considera o posicionamento das peças e subconjuntos, a fixação dos sargentos, alicates e grampos e a medição de posicionamento e esquadro. Na tabela 12 são ilustrados os tempos para o posicionamento das peças e subconjuntos ao semirreboque.

Tabela 12 - Resumo do Tempo de Posicionamento das Peças e Subconjuntos

Processos	Posicionamento de Peças e Subconjuntos (minutos)	% do <i>lead time</i> total
Chassi do Semirreboque	1.763	5,40
Sobre Chassi do Semirreboque	3.850	10,06
Total	5.613	7,91

Fonte: Elaborado pela autora

3.8.7 Processamento

O tempo de processamento é o tempo para a transformação da matéria-prima em produto acabado. No mapa do estado atual pode-se observar que o tempo de agregação de valor representa muito pouco do *lead time* total de processamento. A tabela 13 destaca a relação do tempo de agregação de valor versus o tempo de atravessamento, ou seja, o tempo total de processamento.

Tabela 13 - Resumo do *Lead time* de Processamento x Tempo de Agregação de Valor

Processos	<i>Lead time</i> dos processos (minutos)	Tempo de Agregação de valor (minutos)
Chassi do Semirreboque	3.148	9,64
Sobre Chassi do Semirreboque	7.825	20,45
Total	10.973	15,47

Fonte: Elaborado pela autora

3.8.8 Limpeza

O tempo de limpeza refere-se ao tempo que os colaboradores demoram para limpar o produto para que ele siga para o próximo processo, como por exemplo: retirar os respingos de solda após a soldagem das estruturas do sobre chassi do semirreboque, passar mangueira de ar para eliminar o pó originado no processo de lixamento da massa e limpar interior do semirreboque após a furação dos sarrafos laterais e assoalhos; limpar o box de montagem, retirando os materiais que sobraram da montagem e limpar as ferramentas e equipamentos

antes do próximo produto entrar na linha de montagem. A tabela 14 ilustra o tempo de limpeza empregado no produto estudado.

Tabela 14 - Resumo do Tempo de Limpeza do Semirreboque

Processos	Tempo de limpeza (minutos)	% do <i>lead time</i> total
Chassi do Semirreboque	622	1,90
Sobre Chassi do Semirreboque	756	1,98
Total	1.378	1,94

Fonte: Elaborado pela autora

3.8.9 Inspeção

No tempo de inspeção, o líder do setor verifica a montagem dos itens descritos na ficha técnica que acompanha o projeto, o alinhamento das peças e subconjuntos e no acabamento das operações de montagem, conforme ilustrado na tabela 15.

Tabela 15 - Resumo do Tempo de Inspeção do Semirreboque

Processos	Tempo de inspeção (minutos)	% do <i>lead time</i> total
Chassi do Semirreboque	219	0,67
Sobre Chassi do Semirreboque	418	1,09
Total	637	0,90

Fonte: Elaborado pela autora

3.9 MAPA DO ESTADO FUTURO

Com a finalização da fase de mapeamento do estado atual, identificação e análise de seus desperdícios, deu-se início à elaboração do mapa do estado futuro do semirreboque.

O mapeamento do estado futuro estabelecido por Rother e Shook (2003) representa uma projeção do estado ideal perante os princípios da manufatura enxuta, ou seja,

modificando e melhorando, por meio das técnicas e ferramentas do STP, as etapas de processamento, tornando-o enxuto, com menos desperdícios e maior valor agregado.

As melhorias propostas no mapa do estado futuro abrangeram todo fluxo de materiais e informações, desde a entrada da matéria-prima até o produto acabado.

Além das melhorias no leiaute, transporte, espera, posicionamento, preparação do box, limpeza e processamento do semirreboque, processos e operações que abrangem a fabricação de outros produtos, também foram melhorados.

A figura 36 ilustra o mapa do estado futuro elaborado para o fluxo de valor do chassi do semirreboque.

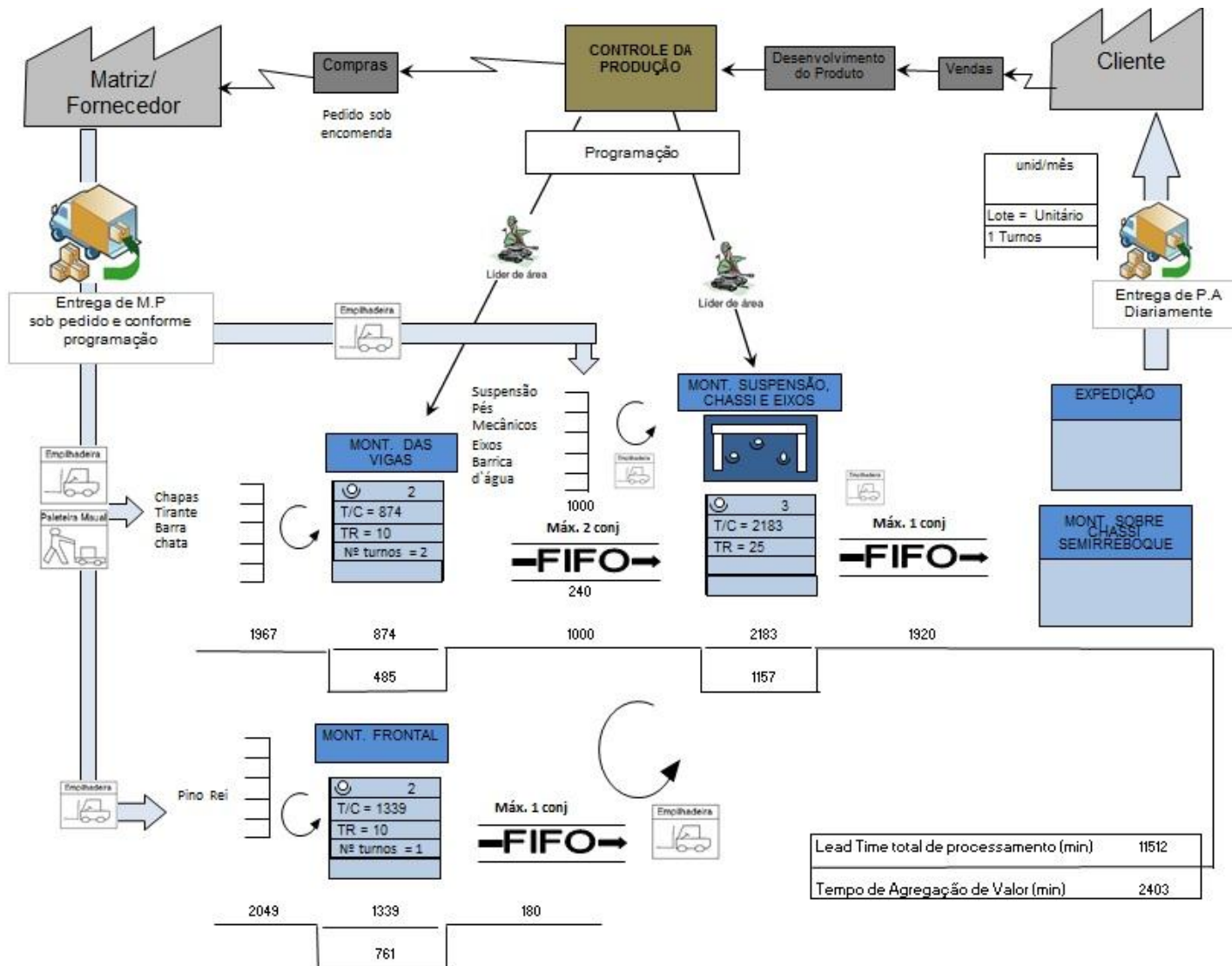


Figura 36 - Mapa do estado futuro do chassi do semirreboque
 Fonte: Elaborado pela autora

A figura 37 mostra o gráfico de Balanceamento de operações (GBO) do estado futuro, onde pode-se visualizar os tempos de ciclo futuros dos processos do montagem do chassi do semirreboque.

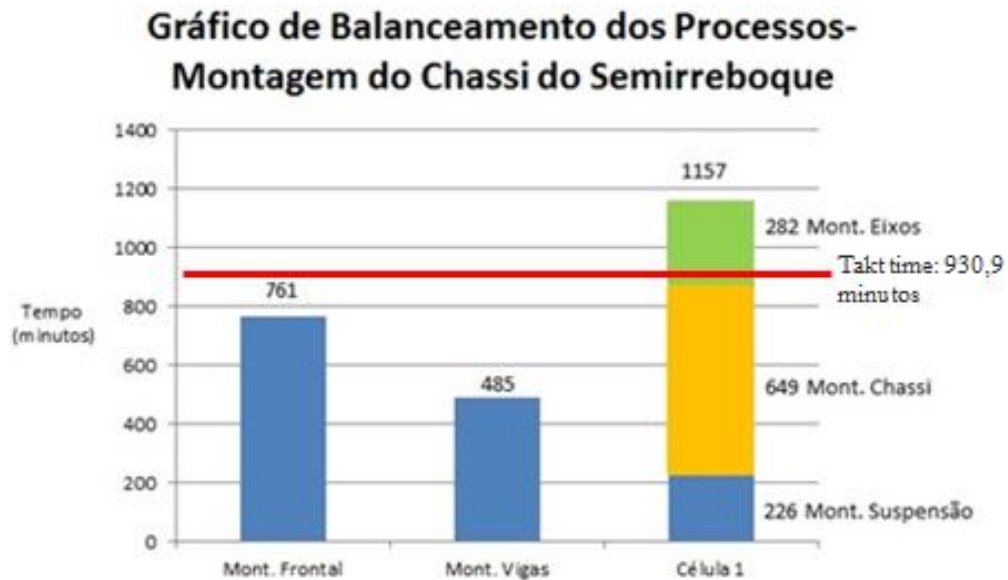


Figura 37 - GBP Futuro da Montagem do Chassi do Semirreboque

Fonte: Elaborado pela autora

No mapa do estado futuro de montagem do chassi do semirreboque as seguintes melhorias e alterações foram propostas:

- Redução na variação de opcionais no estoque (itens comerciais), padronizando os modelos disponíveis de pino rei, suspensão, eixos, barrica d'água, pés de levantamento e suporte de estepe. Com a redução na variação dos opcionais, a rotatividade dos produtos em estoque aumentou, reduzindo o tempo de estocagem e sendo adquiridos com maior frequência.
- O produto é processado em fluxo contínuo e unitário;
- A programação da produção é informada aos processos de montagem da frontal e montagem das vigas. Nos processos posteriores, a programação é FIFO – *First in First out*,
- O tempo de movimentação entre os boxes de montagem foram reduzidos, pois não há necessidade do produto se movimentar com tanta frequência em boxes paralelos;
- Foram desenvolvidos dispositivos e gabaritos de montagem para facilitar, agilizar e garantir a montagem de algumas peças e subconjuntos;

- Transcorridos 9.592 minutos da chegada da matéria-prima, tem-se o primeiro produto a ter a montagem concluída, e a cada 2.183 minutos posteriores é finalizada a montagem de um novo produto.

O mapa do estado futuro elaborado para o fluxo de valor do sobre chassi do semirreboque é ilustrado na figura 38.

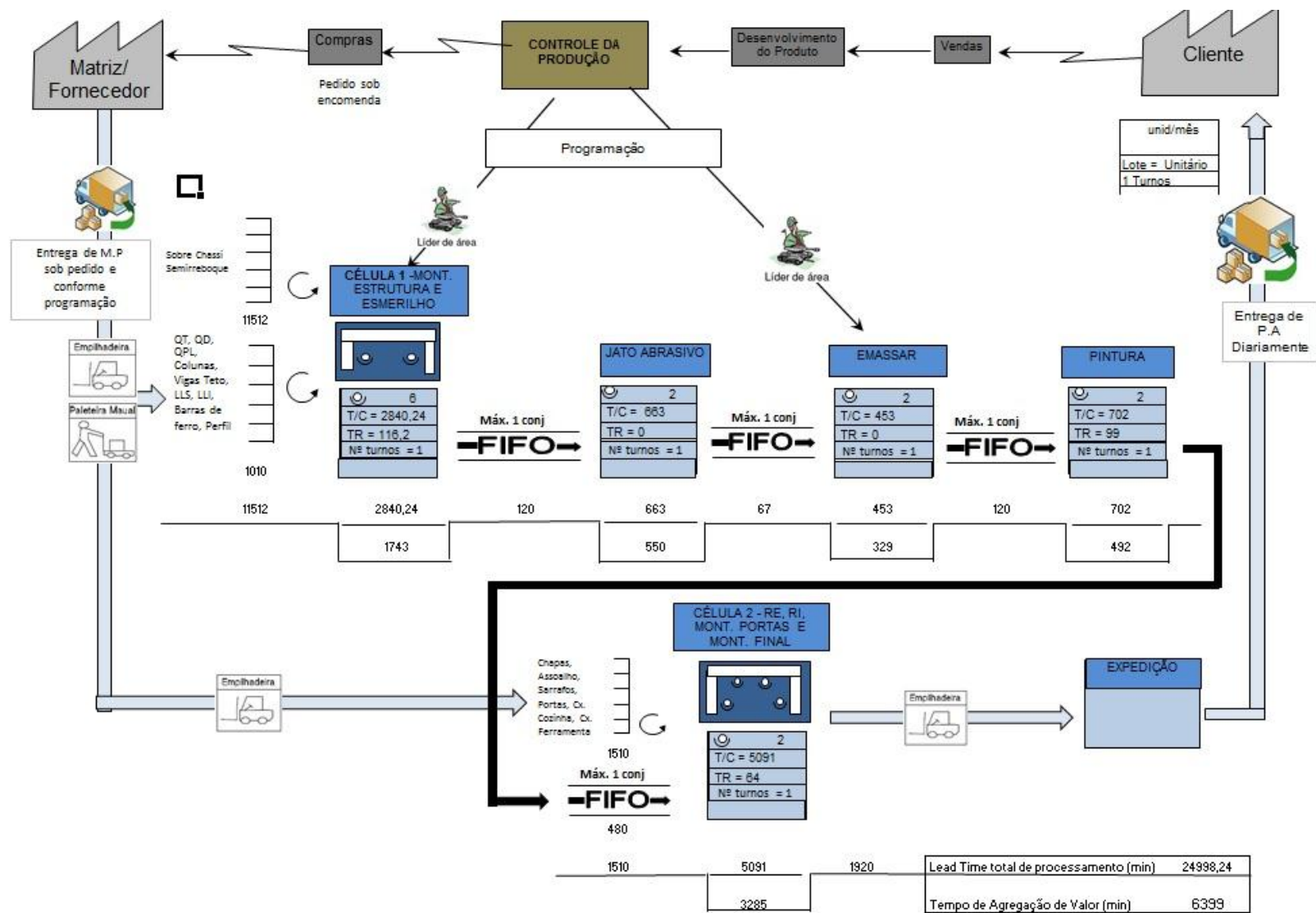


Figura 38 - Mapa do estado futuro do sobre chassi do semirreboque
 Fonte: Elaborado pela autora

A figura 39 mostra o Gráfico de Balanceamento de Operações (GBO) do estado futuro, onde observa-se os tempos de ciclo futuro dos processos de montagem do sobre chassi do semirreboque.

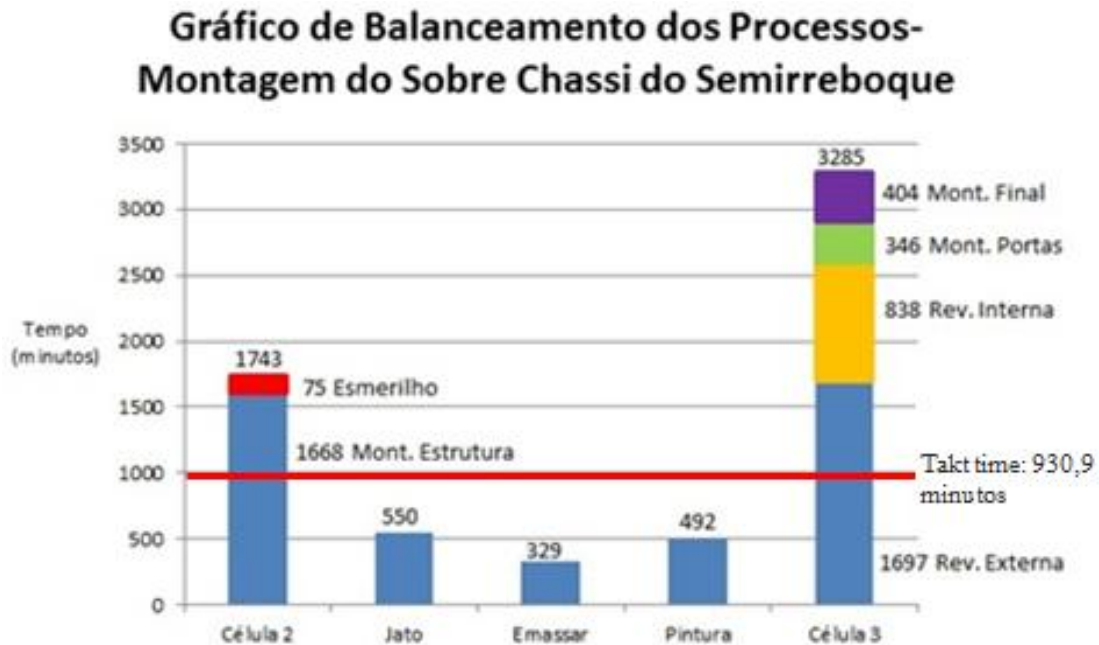


Figura 39 - GBP Futuro da Montagem do Sobre Chassi do Semirreboque

Fonte: Elaborado pela autora

No mapa do estado futuro de montagem do sobre chassi do semirreboque as seguintes melhorias e alterações foram propostas:

- Redução na variação de opcionais no estoque (itens comerciais), padronizando os modelos disponíveis de caixa de cozinha, caixa de ferramentas, lanternas traseiras, lanternas laterais, estribo e badanas;
- Padronização de peças fabricadas na matriz da empresa, sem influenciar nos opcionais de dimensões oferecidas ao cliente;
- Redução no tempo de entrega das peças e subconjunto da matriz para a filial;
- O produto é processado em fluxo contínuo e unitário;
- A programação da produção é informada ao processo de montagem da estrutura do sobre chassi. Nos processos posteriores, a programação é FIFO – *First in First out*;
- O tempo de movimentação entre os boxes de montagem foram reduzidos, pois não há necessidade do produto se movimentar com tanta frequência em boxes paralelos;

- Foram desenvolvidos dispositivos e gabaritos de montagem para facilitar, agilizar e garantir a montagem de algumas peças e subconjuntos;
- Transcorridos 23.078,24 minutos da chegada da matéria-prima tem-se o primeiro produto a ter a montagem concluída, e a cada 5.091 minutos posteriores é finalizada a montagem de um novo produto.

As características do mapa do estado futuro proposto são explanadas abaixo, onde pode-se compreender como os desperdícios puderam ser reduzidos por meio de melhorias e como será o novo fluxo de valor da linha de montagem.

O primeiro passo para o desenvolvimento do mapa do estado futuro é calcular o *takt time*, obtido através dos tempos apurados no mapa do estado atual (Rother e Shook, 2003).

O *takt time* é o ritmo de produção necessário para atender um determinado nível de demanda, definindo as metas a serem alcançadas pelo tempo de ciclo. Entretanto, esta meta de ritmo de produção é aplicável aos sistemas de manufatura do tipo MTS e MTO, onde são produzidos altos volumes de itens padronizados com base em previsões de demanda previamente estabelecidos.

No produto considerado neste trabalho, o ambiente de manufatura possui características ETO, com baixos volumes de produção, demanda imprevisível e com altos níveis de customização. Desta forma, constatou-se que a utilização do conceito *takt time* tradicional não seria adequado na busca por metas de produção, visto que o *takt time* para a montagem do semirreboque é dada em dias, enquanto os tempos de ciclo são dados em horas ou minutos.

Assim, foi necessário planejar o *takt time* da linha de montagem a partir de metas voltadas para um ambiente ETO, onde o maior esforço foi concentrado na redução do *lead time* por meio do planejamento e redução dos desperdícios após a consolidação do pedido, visto que o cliente demanda de poucas unidades, porém deseja receber o mais rápido possível. Desta forma, no cálculo do *takt time* na equação (1) foram utilizados valores da demanda do cliente de acordo com a figura 26.

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{Demanda do cliente por turno}} \quad (1)$$

O *Takt time* para a montagem do semirreboque, considerando 22 dias de trabalho por mês, é calculado como mostrado abaixo:

$$Takt\ Time = \frac{520\ minutos}{(12,29\ unidades / 22)} = 930,9\ minutos$$

Os mapas de fluxo de valor, para o chassi e sobre chassi do semirreboque, desenhados para o futuro, possuem sua programação baseada no sistema puxado sequenciado, no qual as ordens de produção são enviadas para os primeiros processos de montagem, no início do fluxo de materiais no nível porta-a-porta.

As ordens de produção para o início da produção são liberadas conforme o pedido do cliente, que em geral são lotes unitários e necessitam de projeto para iniciarem sua produção.

No mapa proposto, o *lead time* de atendimento ao cliente será o somatório do *lead time* de montagem e do *lead time* de estocagem das peças, subconjuntos e itens comerciais. Como não é possível eliminar totalmente os estoques de materiais, buscou-se a eliminação e/ou redução dos níveis de estoque. Por este motivo, é de extrema importância existir um bom planejamento, pois o *lead time* dos materiais (peças, subconjuntos e itens comerciais) e dos processos de montagem estão atrelados à capacidade de resposta da empresa com relação à sua eficiência de produção. Qualquer falha no planejamento da sequência de prioridades de entrega resulta em aumentos significativos no *lead time* do produto, resultando em desperdícios e atrasos que se acumulam para os demais produtos da sequência produtiva.

As melhorias propostas foram elaboradas conforme observações realizadas nos resultados do mapa do estado atual e seus desperdícios. Analisando os dados da folha de mapeamento foi possível identificar atividades que geravam desperdícios elevados. Com simulações de mudanças no leiaute, na sequência de utilização dos boxes e na quantidade de estoque intermediário foi possível definir tempos factíveis para algumas atividades, sendo confirmadas após a implementação das melhorias propostas.

Além disso, atividades de transporte de materiais para a preparação dos boxes, atividades de medições para posicionamento de peças, retrabalhos nas peças, espera de peças para as operações de montagem foram reduzidas ou eliminadas pelo desenvolvimento de dispositivos, gabaritos, alterações de projeto do produto e programação da produção.

De acordo com os conceitos do MFV, foi possível priorizar as ações de melhorias observando o sistema produtivo e focando aquelas que representam maior desperdício e contribuam para o alto *lead time*. Em segundo plano, buscou-se aperfeiçoar os processos de montagem desenvolvendo-se gabaritos e dispositivos de fixação, transporte e montagem.

Na busca pela geração de ideias que pudessem solucionar os desperdícios evidenciados, buscou-se envolver os colaboradores neste processo e utilizar suas experiências no processo para auxiliar no desenvolvimento de inúmeras melhorias. Para tanto, foi necessário estar aberto a mudanças e atentos a todos os critérios e variáveis que deveriam ser consideradas para se chegar a uma solução, sem prejudicar os demais produtos que são montados na mesma linha de montagem e sem envolver custos elevados na sua implementação.

A seguir são detalhadas as melhorias propostas, necessárias para atingir os objetivos propostos no mapa do estado futuro.

3.9.1 Melhorias no estoque de matéria-prima e produto acabado

A análise do mapa do estado atual mostrou que a estocagem de matéria-prima corresponde à maior parcela do *lead time* de montagem do chassi e sobre chassi do semirreboque. As principais causas destes tempos elevados estão relacionadas com a baixa eficácia da programação da produção, ao sistema de produção empurrado, à falta de padronização das operações e às alterações constantes na sequência produtos a serem montados.

Para que o mapa futuro se comporte da forma esperada com a minimização dos estoques de matéria-prima, serão necessárias as seguintes mudanças no sistema atual:

- Melhor eficácia no planejamento do PCP da sequência de produção e montagem dos produtos;
- Eliminação de alterações posteriores na ordem de montagem dos produtos, que resulta na não ocorrência de paradas na linha de montagem por falta de peças e subconjuntos que não estavam previstos para serem utilizados no momento;
- Fabricação de peças e montagem de subconjuntos conforme programação definida pelo PCP;
- Entrega das peças e subconjuntos duas vezes por semana, conforme sequência a ser montada nos dias posteriores. Desta forma, apenas quatro lotes de materiais serão entregues na filial, sem acumular materiais na linha de montagem que não são necessários no momento;
- Redução nos estoques de materiais;
- Aumento da rotatividade de materiais;

- Padronização de peças, subconjuntos e itens comerciais que não influenciam nas variações de dimensionais, agilizando a compra e reduzindo o tempo de estocagem.

Entretanto, os estoques de produtos acabados estão relacionados a motivos externos, para os quais a empresa não possui controle e nem influência para modificar. Desta forma, no mapa do estado futuro, não se pode garantir que o produto mapeado seja acoplado ao veículo trator e entregue ao cliente imediatamente após a montagem final. Sendo assim, os tempos de estocagem do produto acabado foram mantidos, conforme apurados no mapa do estado atual, possibilitando a comparação de todo o fluxo de materiais e informações do mapa atual com o mapa futuro sem distorções.

Em virtude das melhorias propostas para redução do estoque de matéria-prima, espera-se obter ganhos significativos nos tempos de estocagem, conforme mostrado nas tabelas 16 e 17.

Tabela 16 - Redução do Tempo de Estocagem da Matéria-prima

Produto	Tempo de estoque de MP atual (min)	Tempo de estoque de MP futuro (min)	Percentual de redução (%)
Chassi do semirreboque	22.212	7.324	67,03
Sobre Chassi do Semirreboque	35.868	7.476	79,16

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 17 - Redução do Tempo de Estocagem do Produto Acabado

Produto	Tempo de estoque de PA atual (min)	Tempo de estoque de PA futuro (min)	Percentual de redução (%)
Chassi do semirreboque	1.440	1.200	16,67
Sobre Chassi do Semirreboque	7.200	2.400	66,67

Fonte: Elaborada pela autora

3.9.2 Melhorias no *lead time* do produto

As melhorias nas operações foram propostas a fim de reduzir o *lead time* do produto no fluxo de valor futuro. A partir da análise do mapa atual, foi possível identificar as

principais causas do elevado *lead time*, sendo causado por deficiências na programação de produtos e superprodução de peças e subconjuntos que aguardam na linha de montagem para serem consumidos.

No mapa do estado futuro, esses desperdícios foram reduzidos por meio da produção do lote unitário, formação de células de montagem, balanceamento das operações, desenvolvimento de dispositivos e gabaritos de montagem, melhorias no leiaute, melhorias no transporte e desenvolvimento de logística para os materiais. Contudo, ainda haverá espera de materiais (peças, subconjuntos) entre os processos de montagem, pois estes materiais são enviados em lotes de quatro unidades. Além disso, existem itens comerciais que são comprados em lotes maiores, devido a questões comerciais como quantidade mínima de pedido, custo e tempo de entrega, influenciando no *lead time*. Apesar da redução na variedade e quantidade de materiais, os lotes não podem ser unitários.

A tabela 18 mostra um comparativo entre os valores de *lead time* na situação atual em relação à situação futura.

Tabela 18 - Redução do Lead Time

Produto	<i>Lead time</i> atual (min)	<i>Lead time</i> futuro (min)	Percentual de redução (%)
Chassi do semirreboque	32.658	11.512	64,75
Sobre Chassi do Semirreboque	38.266,5	24.998,24	34,67

Fonte: Elaborada pela autora

Mesmo com todas as dificuldades em reduzir o *lead time* em um fluxo de produção ETO, pequenas melhorias reduzem significativamente o tempo de produção do produto, reduzindo a quantidade de materiais aguardando para serem consumidos e eliminando a estocagem antecipada de materiais mal planejados.

3.9.3 Melhorias na preparação do box de montagem, gabaritos e equipamentos

Na análise do mapa atual pode-se observar que o tempo de preparação do box de montagem, dos gabaritos utilizados no posicionamento, fixação e montagem dos materiais e deslocamento de equipamentos na linha de montagem representam uma parcela considerável do *lead time* de montagem do semirreboque.

Pelo fato do semirreboque ser ETO, esse tempo de preparação do box, dos gabaritos e dos equipamentos podem sofrer oscilações dependendo das características solicitadas pelo cliente no produto.

Com o desenvolvimento de gabaritos, alterações nos projetos do produto e melhorias nas operações de montagem espera-se que esses tempos sejam reduzidos significativamente no mapa futuro. Para que isso ocorra, serão necessárias as seguintes mudanças no sistema atual:

- Desenvolver um gabarito para posicionamento e soldagem das almas intermediárias da frontal do chassi;
- Adquirir uma talha para fazer a movimentação dos materiais na montagem das vigas, eliminando a dependência da empilhadeira;
- Desenvolver de um dispositivo para girar o corpo do chassi para as operações de ponteamto e soldagem das peças, eliminando a movimentação com empilhadeira do conjunto até o pátio da empresa, realizar o tombamento do conjunto e retornar para a linha de montagem;
- Desenvolver dispositivos para nivelar o chassi, posicionar suspensão, travessas, eixos e pés de levantamento, eliminando os calços de madeiras utilizados para esta função;
- Desenvolver dispositivo para posicionar longarinas laterais na montagem do sobre chassi, reduzindo o esforço físico dos colaboradores no posicionamento das peças e eliminando dois colaboradores da operação;
- Desenvolver elevadores laterais para posicionamento e soldagem das colunas, vigas e longarinas e posicionamento e rebitagem das chapas laterais, eliminando a movimentação, tempo e esforço para montagem de andaimes com cavales e tábuas de madeira;
- Desenvolver elevadores na parte interna do sobre chassi eliminando a movimentação, tempo e esforço para montagem andaimes internos com cavales e tábuas de madeira.

A tabela 19 mostra a redução do tempo de preparação do box, gabaritos e equipamentos na situação atual em relação à situação futura.

Tabela 19 - Redução do Tempo de Preparação do box, Gabaritos e Equipamentos

Produto	Tempo de preparação do box, gabarito atual (min)	Tempo de preparação do box, gabarito futuro (min)	Percentual de redução (%)
Chassi do semirreboque	461	123	73,32
Sobre Chassi do Semirreboque	8.513	469,5	94,49

Fonte: Elaborada pela autora

3.9.4 Melhorias no transporte e leiaute

As melhorias na disposição e movimentação dos materiais e produtos semiacabados no ambiente estudado foram priorizadas em melhorias no leiaute e melhorias no transporte, ou seja, buscou-se eliminar as atividades de transporte por meio das modificações no leiaute, para então melhorar o processo de transporte.

Cabe salientar que as modificações no leiaute e no desenvolvimento de dispositivos de transporte em lotes foram projetadas para o transporte de até quatro lotes por vez, visto que a eliminação total de estoques não é possível e nem o transporte diário de lotes unitários de materiais da matriz para a filial.

As ações de melhorias foram focadas para obter um leiaute do tipo celular, desenvolvendo células de montagens que concentrem operações que podem ser executadas em qualquer box da linha de montagem, eliminado o desperdício de transporte. Assim, foram propostas alterações no leiaute existente, desenvolvidos dispositivos de transporte e planejamento das operações de montagem, conforme listados abaixo:

- Transferência dos estoques E5 e E6 para perto de linha de montagem onde são utilizados, reduzindo a distância percorrida pelos colaboradores, pelo fato que os estoques não podem ser eliminados. No caso do estoque E5, apesar da transferência dos demais materiais para outros estoques, permaneceram os eixos estocados no pátio, pois na linha de montagem não existe espaço disponível para ser armazenamento;
- Reorganização do estoque E8 para perto das linhas de montagem, onde são utilizados. Desta forma, foram criados os estoques E9, E10 e E11;
- Eliminação de materiais sem utilidade que não podem ser utilizados nos produtos montados na filial. Existia grande quantidade de materiais que eram usados há vários

anos atrás e hoje não atendem a especificação do produto. Estes materiais estão estocados no pátio junto com os materiais utilizados atualmente;

- Eliminação dos transportes externos de materiais com empilhadeira, que eram estocados no pátio de forma desorganizada e sem identificação;
- Redução dos níveis de estocagem de peças e subconjuntos fabricados na matriz da empresa. A frequência de entrega dos materiais passou de semanal para duas vezes por semana, conforme planejamento inicial do PCP;
- Organização das peças, subconjuntos e itens comerciais próximos às linhas de montagens;
- Melhorias na identificação dos materiais por meio da padronização de informações contidas na etiqueta do produto;
- Aproximação das operações de montagem da suspensão, chassi e eixos, formando uma célula de montagem. Com isso, foram eliminados desperdícios de transporte e de recursos humanos;
- Demarcação de boxes de montagens, estoques intermediários e áreas de circulação no leiaute da filial, eliminando paradas nos processos por materiais obstruírem a circulação da empilhadeira;
- Desenvolvimento de talha para movimentação de peças e subconjuntos em local de difícil acesso com empilhadeira, reduzindo também o tempo de movimentação;
- Desenvolvimento de dispositivos de transporte de peças e subconjuntos que atendam as diversas variações que possam surgir nos materiais. Com esses dispositivos pode-se movimentar de uma a quatro peças ou subconjuntos de cada vez da matriz para a filial, atendendo ao planejamento de dois recebimentos semanais.

No recebimento desses materiais na filial não será necessário descarregar com empilhadeira cada um dos materiais separadamente. Descarrega-se o dispositivo com os materiais próximos à linha de montagem que os utiliza e recolhe-se o outro dispositivo vazio para enviar para a matriz, onde será novamente abastecido de materiais. Assim, elimina-se uma grande parcela de tempo que era gasta com o descarregamento de cada peça ou subconjunto. Até mesmo no estoque, estes materiais são empilhados em qualquer sequência, e quando é necessário utilizar um dos subconjuntos, os demais materiais devem ser removidos e depois novamente empilhados.

Através do mapeamento futuro foi possível avaliar o fluxo de retirada das peças, subconjuntos e materiais, e esboçar os trajetos sobre o leiaute futuro, conforme ilustrado na figura 43 para a montagem de chassi e sobre chassi do semirreboque.

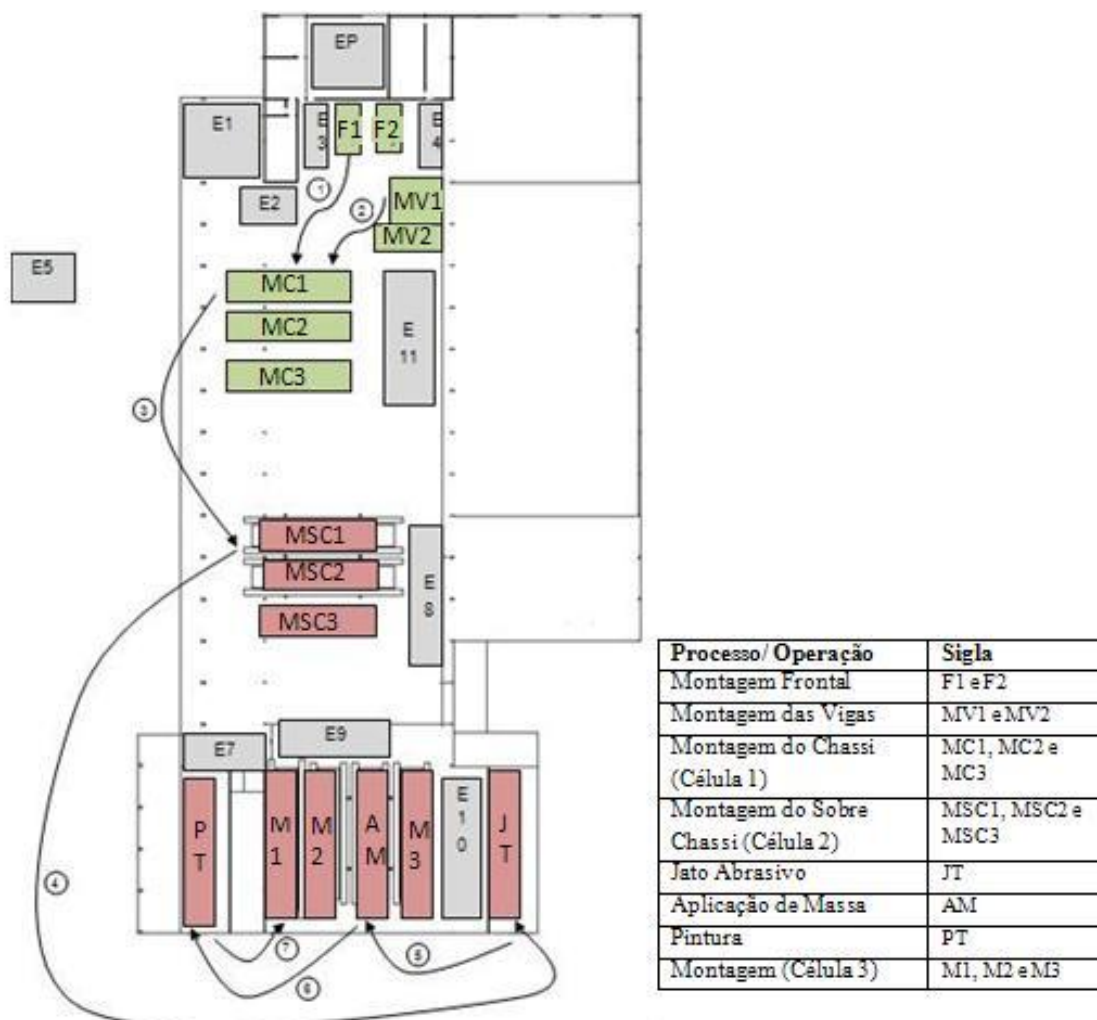


Figura 40 - Fluxo de transporte futuro do semirreboque

Fonte: Elaborado pela autora

Devido à quantidade de materiais e operações de montagens realizadas em cada operação de montagem, são necessários vários deslocamentos até o mesmo local de estocagem. Por este motivo, será ilustrado o trajeto, a frequência de utilização e a distância total percorrida neste trajeto. Nas tabelas 20 e 21 são ilustrados os novos trajetos e as distancias percorridas pelo produto e pelos colaboradores.

Tabela 20 - Distâncias percorridas nos trajetos e processos do chassi (leiaute futuro)

Trajeto ou Processo	Estoques utilizados nos processos	Distância percorrida (metros)
F1	EP, E1, E2 e E3	495
Trajeto 1		41
MV1	EP, E1 e E4	151
Trajeto 2		30
MC1	E1, E5 e E11	385
Trajeto 3		125
TOTAL		1.227

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 21 - Distâncias percorridas nos trajetos e processos do sobre chassi (leiaute futuro)

Trajeto ou Processo	Estoques utilizados nos processos	Distância percorrida (metros)
MSC1	EP e E8	345
Trajeto 4		165
JT	E10	63
Trajeto 5		45
AM	E7	32
Trajeto 6		49
PT	E7	52
Trajeto 7		36
M1	E7, E9 e E10	697
TOTAL		1.484

Fonte: Elaborada pela autora

Com as melhorias no leiaute e transportes propostas, pode-se descrever as principais contribuições esperadas após a implementação das ações descritas, as quais são listadas abaixo:

- Redução na área total utilizada para a estocagem e montagem dos semirreboques;
- Melhor desempenho da produção com o novo arranjo;
- Redução nos tempos de transporte;
- Redução nos custos envolvidos com o transporte, tais como mão-de-obra, combustível e manutenção;

- Redução de 30.084 metros na distância percorrida pelos colaboradores para abastecer a linha de montagem e do produto entre os boxes de montagem, representando uma redução de 91,76% do total, conforme comparativo mostrado na tabela 22;

Tabela 22 - Comparativo das distâncias percorridas em cada mapa

Produto	Distância percorrida no mapa atual (m)	Distância percorrida no mapa futuro (m)	Redução (m)	Redução (%)
Chassi do semirreboque	7.982	1.227	6.755	84,63
Sobre Chassi do semirreboque	24.898	1.484	23.329	93,70
Semirreboque (total)	32.880	2.711	30.084	91,76

Fonte: Elaborada pela autora

- Redução de 2.401 minutos no tempo empregado no transporte e movimentação de materiais e produtos para abastecer a linha de montagem ou deslocar os produtos de box, representando uma redução de 74,84% do total, conforme mostrado na tabela 23;

Tabela 23 - Tempo para transporte e movimentação de materiais e produtos

Produto	Tempo para transporte e movimentação no mapa atual (min)	Tempo para transporte e movimentação no mapa futuro (min)	Redução (min)	Redução (%)
Chassi do semirreboque	1.358	429	929	68,41
Sobre Chassi do semirreboque	1.850	378	1.472	79,57
Semirreboque (total)	3.208	807	2.401	74,84

Fonte: Elaborada pela autora

- Agilidade para responder a aumentos futuros da demanda.

3.9.5 Melhorias na espera de processos

A análise do tempo de espera do produto para ser processado mostra que existe um grande desperdício contribuindo para aumentar o *lead time* de montagem, e as principais causas são a baixa eficácia de planejamento do PCP, o sistema de produção empurrado e os elevados tempos de *setup*, comprometendo o sequenciamento da produção e resultando em paradas por atraso de peças.

No mapa futuro estas esperas foram reduzidas pela formação de uma célula de montagem, produção de lotes unitários, balanceamento das operações, planejamento da sequência de produção para evitar paradas por falta de materiais e melhorias no leiaute e transporte.

Para que as esperas por processo sejam minimizadas conforme planejado no mapa futuro, serão necessárias as seguintes mudanças no sistema de produção atual:

- Planejar a sequência de produção conforme a data de entrega dos pedidos, reduzindo as alterações no decorrer do projeto, fabricação das peças e subconjuntos e montagem do produto. Com as constantes mudanças de programação, produtos iniciavam a montagem sem terem sido enviadas as peças e subconjuntos para a filial. Isso gerava paradas na linha de montagem e atrasos na entrega dos outros produtos que estavam programados inicialmente;
- Desenvolver Procedimentos Gerais (PG) e Instruções de Trabalho (IT) para orientar e padronizar as operações de montagem, garantindo que as operações sejam executadas de forma homogênea, com qualidade e sem desperdícios. Para isso, as operações precisam ser acompanhadas e analisadas para eliminar os desperdícios, reduzir os *setups* e padronizar as atividades;
- Desenvolvimento de melhorias no *setup*, reduzindo o tempo de preparação dos gabaritos e boxes de montagem, de maneira a superar os problemas causados pela variedade dos produtos e pela falta de: (a) padronização; (b) trabalho padrão; (c) treinamento dos colaboradores. O melhoramento das operações podem ser atingidas pela adoção de técnicas consolidadas de redução de *setup*, como TRF, amplamente utilizado por empresas que buscam processos mais enxutos. A TRF é uma ferramenta que requer pouco investimento para sua implementação e consiste na separação e transferência de atividades do *setup* interno para o *setup* externo, redução dos tempos de preparação da matéria-prima nos dispositivos e gabaritos e tempos gastos com esquadro, ajuste e posicionamentos iniciais. Após a elaboração de dispositivos,

gabaritos e procedimentos padrão para a realização de *setup*, os colaboradores devem ser treinados para garantirem a boa execução das operações;

- Formação de células de montagem para eliminar movimentações desnecessárias, reduzir espera de processo, reduzir setups, reduzir tempo de espera de peças e subconjuntos e, conseqüentemente, reduzir o *lead time* de processamento do produto. Células de montagem serão criadas para unir: (a) as operações de montagem frontal; (b) as operações de montagem das vigas; (c) os processos de montagem das travessas, chassi e eixos; (d) os processos de montagem de estrutura do sobre chassi e esmerilhagem; (e) os processos de revestimento externo, interno, montagem das portas e montagem final.
- Produção de lotes unitários de produtos do início ao final da linha de montagem, evitando paradas durante as operações de montagem. Após a finalização de um processo de montagem, o produto deve ser direcionado ao processo posterior, devendo aguardar a finalização do processamento do produto que está sendo montado e aguardar a realização do setup para preparar o box de montagem. Assim, algumas esperas deverão acontecer, entretanto quem irá determinar o início da montagem de um novo produto será a chegada do mesmo no box de montagem e não mais a ordem de produção enviada pelo PCP;
- Estruturação de manutenções preventivas e preditivas nos equipamentos, dispositivos, gabaritos e estruturas existentes, obtendo um melhor rendimento produtivo e aumentando a confiabilidade de entrega dos produtos.

A tabela 24 mostra os resultados esperados nos tempos de espera de processo para a situação futura.

Tabela 24 - Redução do Tempo de Espera

Produto	Tempo de espera do processo atual (min)	Tempo de espera do processo futuro (min)	Percentual de redução (%)
Chassi do semirreboque	1.172	435	62,88
Sobre Chassi do semirreboque	10.086	2.428	75,93

Fonte: Elaborada pela autora

3.9.6 Melhorias no posicionamento de peças e subconjuntos

Na análise do mapa atual, pode-se observar que o tempo empregado para posicionamento de peças e subconjuntos é elevada, devido ser um produto ETO e grande variedade de diferenciais oferecidos ao cliente.

Os fatores que favorecem os desperdícios nesta etapa estão relacionados ao tamanho e variedade das peças e subconjuntos, estoques desorganizados e distantes da linha de montagem e dispositivos, ferramentas e gabaritos ultrapassados ou inexistentes.

No advento da situação futura, espera-se que estes tempos sejam reduzidos significativamente através da reestruturação do leiaute, melhorias no projeto do produto e desenvolvimento de gabaritos e dispositivos de montagem. Desta forma, para que no mapa futuro o tempo de posicionamento dos materiais seja reduzido, serão necessárias as seguintes mudanças no sistema atual:

- Reorganização, padronização e identificação dos materiais nos estoques intermediários, reduzindo as distâncias para deslocamentos até a linha de montagem e agilizando a procura dos materiais pelos colaboradores;
- Alterações e padronização das peças para tornar sua fabricação mais rápida e facilitar a montagem;
- Desenvolvimento de gabarito para posicionar e soldar as almas intermediárias na montagem da frontal do chassi, eliminando os calços de madeira e retrabalhos frequentes devido ao desalinhamento das peças;
- Aquisição de um robô para realizar a soldagem da cartola e da barra chata nas almas do chassi, eliminando dois colaboradores da operação, mantendo o cordão de solda nos dois lados da alma uniformes e com qualidade e reduzindo os problemas gerados com a deformação da alma durante a soldagem;
- Desenvolvimento de dois dispositivos que possibilitem girar o corpo do chassi na montagem da suspensão, sem necessitar da utilização da empilhadeira. Os dispositivos são fixados nas extremidades do corpo do chassi permitindo os colaboradores girarem o corpo do chassi para realizar a soldagem das peças em todos os ângulos do corpo. Assim, os colaboradores não precisam aguardar a empilhadeira, levar o conjunto até o pátio da empresa, tombá-lo e retornar até o box de montagem para soldar as peças que estavam na parte inferior. Além disso, elimina-se o esforço físico dos colaboradores que precisam carregar os cavaletes e calços para a montagem do box;

- Desenvolver dispositivo para posicionar e fixar as travessas para a soldagem das mesmas sobre o corpo do chassi. O dispositivo elimina a utilização de vários sargentos para prender a travessa e impedir que a peça sofra torção na soldagem, gerando dificuldade de montagem nos processos posteriores. Esses dispositivos irão reduzir o tempo e o esforço físico para o posicionamento de cada sargento, ferramenta usada para fixar a travessa sobre o corpo do chassi;
- Desenvolver dispositivo para transportar e posicionar os quadros traseiros e dianteiros do estoque intermediário até o box de montagem, onde o subconjunto será posicionado sobre as vigas do chassi;
- Desenvolver dispositivos de posicionamento das longarinas laterais inferiores entre os quadros dianteiro e traseiro, eliminando dois colaboradores da operação e reduzindo o esforço físico dos colaboradores, os quais precisam erguer a peça até a mesma ser cortada no tamanho exato para encaixar-se entre os quadros;
- Desenvolver um gabarito para montagem do quadro da porta lateral fora da linha de montagem, reduzindo o tempo de posicionamento e soldagem das diversas peças. O quadro da porta lateral seria montado no gabarito e enviado para a filial como um subconjunto, facilitando o controle das peças e o seu transporte, e agilizando a montagem no box.

A tabela 25 ilustra o comparativo entre os tempos de posicionamento dos materiais na situação atual em relação à situação futura.

Tabela 25 - Redução do Tempo de Posicionamento de Peças e Subconjuntos

Produto	Tempo de posicionamento do processo atual (min)	Tempo de posicionamento do processo futuro (min)	Percentual de redução (%)
Chassi do semirreboque	1.763	1.059	39,93
Sobre Chassi do semirreboque	3.850	1.778	53,82

Fonte: Elaborada pela autora

3.9.7 Melhorias no processamento

As melhorias nas operações de processamento foram propostas buscando atingir os resultados esperados no fluxo de valor futuro. Através da análise do mapa do estado atual pode-se observar que existem muitas possibilidades para a redução dos tempos de processamento, reduzindo o *lead time* e tornando o fluxo mais enxuto. Para tanto, são propostas as seguintes melhorias no sistema atual:

- Criação de três células de montagem, uma para realizar a montagem da suspensão, do chassi e dos eixos; a outra para a montagem da estrutura metálica e do esmerilhamento, e a terceira célula para o revestimento externo, revestimento interno, montagem das portas e montagem dos itens finais. Desta forma, evita-se movimentar o produto entre um box de montagem e outro, e preparar e nivelar o produto em cada uma das movimentações. Com a realização das operações de montagem em uma única célula pode-se deslocar os recursos até o produto, reduzindo significativamente os desperdícios com movimentação, preparação do box, processamento e limpeza;
- Estruturação da sequência das operações de montagem, gerando um melhor aproveitamento dos recursos e agilizando a finalização do produto na linha de montagem. Algumas operações podem ser realizadas sem necessitar seguir a sequência normal de montagem. Assim, duas equipes podem montar diferentes materiais sem interferir nas atividades de outro grupo. A montagem das portas pode ser realizada durante o revestimento externo, no revestimento interno ou até na montagem final do produto sem interferir na equipe que está executando a montagem. Com isso, ganha-se agilidade de montagem, liberando mais rapidamente o produto para entrega final;
- Desenvolver gabaritos e dispositivos que facilitem e garantam a montagem correta dos materiais em cada operação de montagem independente do modelo ou diferenciais que o produto possa vir a ter. Esses fatores dificultam o desenvolvimento de gabaritos que atendam as diferentes variações que o produto pode ter;
- Desenvolvimento de elevadores laterais em todos os boxes de montagem do sobre chassi, eliminando a montagem dos andaimes com cavaletes e tábuas. Os elevadores serão compostos por plataformas de 14 metros para atender a maior dimensão autorizada do produto. Os colaboradores que realizam montagens nas laterais do produto poderão caminhar ao longo da plataforma, realizando as operações, transportando materiais, ferramentas e equipamentos de solda;

- Elaboração de procedimentos e instruções de trabalho padronizados de montagem. Devido à quantidade de variações possíveis em cada operação, os procedimentos devem possuir detalhes de cada etapa, lista de EPI's – Equipamentos de Proteção Individuais, ferramentas necessárias em cada operação e descrição das inspeções de verificação da montagem;
- Melhorias nos desenhos para montagem, incluindo detalhes ampliados das montagens diferenciadas ou peças modificadas especificamente para o projeto em questão. Notas e explicações podem ser incluídas no desenho para facilitar o entendimento dos colaboradores da linha de montagem;
- Planejamento mais eficiente do espaço entre os boxes de montagem e estoques intermediários para movimentação de materiais, equipamentos, gabaritos, dispositivos e recursos;
- Desenvolvimento de dispositivos de transporte de peças e subconjuntos facilitando o transporte da matriz para a filial. Serão necessários dois dispositivos para cada tipo de material. Na matriz ficará um dispositivo para armazenar as peças e subconjuntos que estão concluídos. Quando o dispositivo é completado com os quatro materiais, o dispositivo é colocado sobre o caminhão e entregue na filial, que por sua vez, retira o dispositivo e o coloca na linha de montagem. Desta forma, elimina-se o tempo de ficar descarregando peça individualmente. Além disso, facilita a utilização dos materiais, pois o dispositivo permitirá a retirada independente do material, independente da sequência em que foi armazenado;
- Implementação de um sistema 5S em toda a planta industrial da filial, eliminando-se tudo que é desnecessário, organizando e identificando as ferramentas, materiais e os espaços para circulação. As ferramentas das bancadas de trabalho serão identificadas com pintura da ferramenta, facilitando a organização e gestão visual;

Através das melhorias propostas, espera-se reduzir consideravelmente o tempo de processamento, conforme mostrado na tabela 26.

Tabela 26 - Redução no Tempo de Processamento

Produto	Tempo de processamento atual (min)	Tempo de processamento futuro (min)	Percentual de redução (%)
Chassi do semirreboque	3.148	2.379	24,43
Sobre Chassi do semirreboque	7.825	6.405	18,15

Fonte: Elaborado pela autora

3.9.8 Melhorias na limpeza e inspeção

As melhorias relacionadas com a redução do tempo de limpeza e inspeção no sistema atual busca eliminar os desperdícios com as operações de retirada dos respingos de solda, retrabalhos, limpeza do box de montagem e inspeções ao final de cada processo concluído. Com a implantação do mapa futuro, objetiva-se reduzir os tempos destinados à limpeza e à inspeção. Entretanto, para que estes objetivos sejam atingidos, as seguintes mudanças serão necessárias:

- Aplicação de tinta específica em áreas próximas a locais que necessitam de muita solda, reduzindo a fixação dos respingos de solda e facilitando a limpeza;
- Padronização e treinamento dos pintores para executarem a pintura na sequência correta, evitando a pulverização de tinta sobre as partes já pintadas e posteriores retrabalhos para lixar e pintar as partes com aspecto poroso, também conhecido como “casca de laranja”;
- Aquisição de lixadeiras com bolsas coletoras de poeira, eliminando o tempo de limpeza do produto e da linha produtiva após o lixamento da massa na operação que antecede a pintura;
- Redução das etapas de limpeza dos boxes de montagem devido à criação de células de montagem, reduzindo a movimentação do produto entre cada um dos processos. Ao finalizar as operações de montagem de cada processo, o produto segue para o próximo box de montagem, devendo este box ser limpo para receber o produto;
- Redução das inspeções ao final de cada processo, pois com a criação de células de montagem cada colaborador precisa garantir que as operações de montagem

executadas por ele estejam conformes, caso contrário suas próximas operações serão comprometidas, forçando o próprio operador a retrabalhar o produto. Os colaboradores tornam-se mais comprometidos com as operações e executam-nas com mais eficiência.

As tabelas 27 e 28 ilustram os resultados esperados nos tempos de limpeza e inspeção, respectivamente, para a situação futura.

Tabela 27 - Redução do Tempo de Limpeza

Produto	Tempo de limpeza do processo atual (min)	Tempo de limpeza do processo futuro (min)	Percentual de redução (%)
Chassi do semirreboque	622	312	49,84
Sobre Chassi do semirreboque	756	477	36,90

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 28 - Redução do Tempo de Inspeção

Produto	Tempo de inspeção do processo atual (min)	Tempo de inspeção do processo futuro (min)	Percentual de redução (%)
Chassi do semirreboque	219	131	40,18
Sobre Chassi do semirreboque	418	190	54,54

Fonte: Elaborada pela autora

3.9.9 Resumo dos resultados esperados no mapa futuro

Através da elaboração do mapa futuro e das melhorias propostas pode-se resumir os resultados futuros para o Semirreboque. As tabelas 29 e 30 apresentam o comparativo entre os resultados do mapa atual comparado ao mapa futuro do chassi e do sobre chassi respectivamente.

Tabela 29 - Resumo os resultados do mapa futuro do Chassi do Semirreboque

Processo	Chassi do Semirreboque		
	Estado Atual	Estado Futuro	Percentual de redução (%)
Lead time de manufatura (horas)	32.658	11.512	64,75
Lead time de processamento (horas)	7.738	4.396	43,19
Tempo de agregação de valor (horas)	3.148	2.403	23,66
Tempo em que não há agregação de valor (horas)	29.510	9.109	69,13
Quantidade de Colaboradores	21	13	38,09
Distância percorrida	7.982	1.227	84,63

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 30 - Resumo dos resultados do mapa futuro do Sobre Chassi do Semirreboque

Processo	Sobre Chassi do Semirreboque		
	Estado Atual	Estado Futuro	Percentual de redução (%)
Lead time de manufatura (horas)	38.266,5	24.998,24	34,67
Lead time de processamento (horas)	16.063,5	6.909	56,99
Tempo de agregação de valor (horas)	7.825,4	6.399	18,23
Tempo em que não há agregação de valor (horas)	30.441,1	18.599,24	38,90
Quantidade de Colaboradores	29	20	31,03
Distância percorrida	24.898	1.484	93,70

Fonte: Elaborado pela autora

A tabela 31 contém um resumo das principais melhorias propostas e dos resultados esperados com a implementação do mapa futuro.

Tabela 31 - Resumo das Principais Melhorias Propostas e os Resultados Esperados

Problema	Causa	Melhoria proposta	Resultado esperado
Elevada quantidade de MP	Ineficiência na programação do PCP; superprodução, elevada quantidade de produtos solicitados ao fornecedor.	Planejamento da produção conforme data de entrega consolidada no pedido.	Redução de 74,52 % no tempo de estocagem de MP
Elevado <i>lead time</i> do produto	Ineficiência na programação do PCP; superprodução, altos estoques intermediários.	Planejamento da produção conforme data de entrega consolidada no pedido.	Redução de 48,52 % no tempo do <i>lead time</i> do produto
Elevado tempo para movimentações e transporte de materiais e produtos	Leiaute de baixa eficiência (funcional), sem acesso as estações de trabalho	Concentração dos processos de montagem em células.	Redução de 91,76 % na distância percorrida.
	Espaço físico desorganizado e sem identificação	Aplicação de 5S na planta industrial da filial	Redução de 79,84 % no tempo de transporte de materiais e produtos
Elevado tempo para preparação do box de montagem, gabaritos e equipamentos	Gabaritos e dispositivos de montagem de madeira com processos artesanais.	Desenvolvimento de dispositivos, gabaritos, elevadores para agilizar as operações de montagem	Redução de 93,40 % no tempo de preparação do box de montagem.
Elevado tempo de espera de processo	Falta de peças e subconjuntos no momento da montagem e alteração na programação da produção	Planejamento da produção conforme data de entrega consolidada no pedido.	Redução de 74,57 % no tempo de espera de processo
	Elevado tempo de <i>setup</i>	Desenvolvimento de dispositivos, gabaritos, elevadores para agilizar as operações de montagem	
	Falta de ferramentas	Aplicação de 5S na	

	e equipamentos na linha de montagem	planta industrial da filial	
Elevado tempo de posicionamento de peças e subconjuntos	Demora para posicionar as peças e subconjuntos por falta de gabaritos e dispositivos de posicionamento e movimentação.	Desenvolvimento de dispositivos, gabaritos e fixadores que facilitam a movimentação, posicionamento e montagens dos materiais.	Redução de 49,46 % no tempo de posicionamento de peças e subconjuntos
Elevado tempo de processamento	Falta de procedimentos e instruções de trabalho para padronizar as operações de montagem.	Desenvolvimento de procedimentos e instruções de trabalho, detalhando cada uma das operações de montagens.	Redução de 19,95 % no tempo de processamento
	Falta de qualidade nas operações de montagem.	Desenvolvimento de um plano de qualificação dos colaboradores.	
	Local de trabalho sujo e desorganizado	Aplicação de 5S na linha de montagem	
	Falta de codificação das peças, retrabalho para adequá-las as dimensões corretas para a montagem e desenhos pouco detalhados e com deficiência de informações.	Criação de equipe para adequação das codificações dos produtos, dimensionamento correto das peças e desenhos com mais detalhes e notas para auxiliar a montagem.	
	Elevado tempo de <i>setup</i>	Desenvolvimento de dispositivos, gabaritos, elevadores para agilizar as operações de montagem	
	Leiaute de baixa eficiência	Concentração dos processos de	

	(funcional), sem acesso as estações de trabalho	montagem em células.	
--	---	----------------------	--

Fonte: Elaborado pela autora

3.10 PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO

Com a conclusão do mapeamento do estado futuro, faz-se necessário elaborar um plano de implementação para garantir que as metas das melhorias propostas sejam atingidas. Este plano de implementação corresponde à quarta etapa da metodologia do MFV estabelecida por Rother e Shook (2003). Porém, para ocorrer uma transformação *lean* na empresa é fundamental que todos os colaboradores, a equipe de trabalho, os gestores e principalmente a alta direção estejam engajados e dispostos a apoiar todas as iniciativas na busca pela implementação dos conceitos *lean*.

É compreensível que a migração para o novo sistema de manufatura deverá ocorrer lentamente, de acordo com as limitações e conforme planejamento da empresa, pois trata-se de uma mudança da forma de pensar sobre os processos e operações produtivas, podendo necessitar de investimentos em equipamentos, ferramentas e máquinas. Mas, segundo Harris (2007), investimentos em tecnologia não são um pré-requisito para a implementação dos conceitos *lean*, pois as propostas de melhorias para atingir o estado futuro mostram que, geralmente, muitas delas podem ser implementadas em curto prazo com baixos custos.

Para esta fase de implementação será de extrema importância para a empresa o acompanhamento de um profissional *lean* que domine os conceitos, ferramentas e técnicas da manufatura enxuta. Este profissional deverá ser consultado nas decisões de mudança e deverá conciliar as melhorias de implementação dos conceitos *lean* com as melhorias propostas pelos grupos do GMC. Desta forma, elaborou-se um plano de implementação do mapa do estado futuro, em que estão detalhadas as atividades e o respectivo cronograma para atender as metas de melhoria estabelecidas, conforme mostrado na tabela 32.

Tabela 32 - Cronograma de melhorias implementadas em 2012 e 2013

Atividades	Cronograma (meses)												
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
Formação da equipe de transformação e treinamentos necessários	Verde	Verde	Verde										
Treinamentos necessários dos grupos de GMC				Verde	Verde								
Alteração no leiaute			Verde	Verde	Verde								
Limpeza e organização da linha de montagem, almoxarifado e pátio da empresa				Verde	Verde	Verde							
Identificação dos materiais, setores e áreas de circulação					Verde	Verde							
Desenvolvimento de peças projetadas para todos os modelos de semirreboque						Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo				
Desenvolvimento de fornecedores de peças					Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo				
Desenvolvimento de dispositivos de transporte de produtos da matriz para a filial					Verde	Verde	Verde	Verde	Verde				
Planejamento do Almoxarifado para gestão dos itens comerciais e produtos enviados pela filial							Verde	Verde	Verde	Verde			
Desenvolvimento de dispositivos e gabaritos para a montagem				Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo		
Montagem dos elevadores para os boxes de montagem						Verde	Verde	Verde					
Redução dos tempos de <i>setup</i>					Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde		
Implementar sistema puxado sequenciado								Verde	Verde	Verde			
Aquisição de aparelho de solda para os elevadores											Vermelho		
Adaptação das mangueiras de ar nos elevadores											Amarelo		
Avaliar a eficácia da implementação das melhorias propostas												Amarelo	Amarelo

Fonte: Elaborado pela autora

As atividades detalhadas em verde foram concluídas no período marcado. As atividades em amarelo foram executadas parcialmente e não foram finalizadas conforme planejado no cronograma inicial. Já as atividades em vermelho foram canceladas temporariamente, devendo ser programadas novamente para o futuro.

Devido a crescente necessidade de melhorar os processos e fornecer um produto com mais agilidade, qualidade e com menores custos para os clientes, foi possível concluir grande parte das atividades programadas no cronograma. Muito desse esforço também se deve aos grupos de GMC que focaram em melhorias que eliminassem as fontes de desperdícios

identificados no mapa atual. Assim, garantiu-se que a direção da empresa não perdesse o foco e fosse cobrada o cronograma estabelecido.

Com a implementação das melhorias futuras na linha de montagem do semirreboque será necessário mapear a fabricação de peças e subconjuntos da matriz, para que este setor consiga atender a demanda da matriz, filial e assistências técnicas.

Conforme Rother e Shook (2003), para os primeiros produtos que forem produzidos no sistema puxado sequenciado, a produção poderá manter um fluxo FIFO entre os processos que possuem fluxo contínuo, até que estes estejam confiáveis e balanceados, conforme planejado no mapa futuro.

3.11 MELHORIAS IMPLEMENTADAS

3.11.1 Resumo das Melhorias Implementadas

Inúmeras melhorias foram realizadas na linha de montagem do semirreboque para eliminar e/ou reduzir as fontes de desperdícios. No apêndice D são detalhadas algumas melhorias que foram implementadas com o objetivo de eliminar os desperdícios, reduzir o *lead time*, aumentar a qualidade e reduzir os custos do produto. Cada melhoria descreve o método utilizado, a melhoria implementada e os resultados alcançados com a mudança do processo ou produto. Entretanto, cabe salientar que não são fornecidas descrições de todas as melhorias implementadas e muitos detalhes são omitidos para preservar diferenciais competitivos da empresa estudada.

3.11.2 Resultados obtidos

Com a implementação parcial do mapa do estado futuro alguns resultados foram alcançados na eliminação dos desperdícios, melhoria da qualidade dos produtos e processos, redução dos custos de produção e redução do *lead time* do produto, conforme mostrado na tabela 33.

Tabela 33 – Resumo dos resultados obtidos com a implementação parcial do mapa futuro

Problema	Resultados obtidos
Elevada quantidade de MP	Redução de 45% no tempo de estocagem de MP
Elevado <i>lead time</i> do produto	Redução de 37,60% no <i>lead time</i> do produto
Elevado tempo para movimentações e transporte de materiais e produtos	Redução de 72,85% na distância percorrida.
	Redução de 51,15% no tempo de transporte de materiais e produtos
Elevado tempo para preparação do box de montagem, gabaritos e equipamentos	Redução de 86,20% no tempo de preparação do box de montagem.
Elevado tempo de espera de processo	Redução de 64,52% no tempo de espera de processo
Elevado tempo de posicionamento de peças e subconjuntos	Redução de 32,90% no tempo de posicionamento de peças e subconjuntos
Elevado tempo de processamento	Redução de 11,68% no tempo de processamento
Redução de não conformidades nas inspeções finais	Redução de 83,2% nas não conformidades registradas nas inspeções finais

Fonte: Elaborado pela autora

Esta redução parcial nos desperdícios não foi totalmente concluída conforme proposto no mapa futuro, uma vez que algumas propostas de melhoria foram implementadas parcialmente, enquanto outras ainda não foram implementadas devido a decisões estratégicas da empresa.

3.11.3 Principais dificuldades encontradas

Inúmeras dificuldades foram encontradas ao longo deste trabalho, tais como:

- Dificuldade na aplicação da abordagem enxuta no ambiente de produção da empresa (ETO), visto que a demanda não é previsível;
- Mapeamento dos produtos sob encomenda, que possuem uma grande quantidade de peças, subconjuntos e dimensionais, gerando produtos únicos para cada pedido;
- Dificuldade na utilização de Kanban e supermercados entre os processos na linha de montagem;
- Elevada variedade dos produtos;

- Padronização das peças e subconjuntos de forma que atendessem todas as variações dos produtos;
- Dificuldade no desenvolvimento de gabaritos e dispositivos que facilitassem a montagem de qualquer variação de produto;
- Operações muito artesanais;
- Programação da produção ineficiente;
- Elevada rotatividade de colaboradores;
- Nivelamento e balanceamento da linha de montagem que não possui tempos padrão para nenhuma operação de montagem do produto estudado;
- Falta de conhecimento dos colaboradores e da alta direção sobre conceitos relacionados à Manufatura Enxuta;
- Resistência dos colaboradores antigos e da alta direção em relação aos conceitos apresentados nas bibliografias.

4 CONCLUSÃO

4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho de dissertação de mestrado propôs a implementação dos conceitos de manufatura enxuta em uma empresa fabricante de produtos sob encomenda (ETO), com o objetivo de identificar as fontes de desperdício no sistema produtivo. Foi elaborado o mapa do estado atual analisando-se o fluxo de valor porta-a-porta da linha de montagem do semirreboque. Para isso, foi aplicado o Mapeamento do Fluxo de Valor – MFV descrito por Rother e Shook (2003).

Apesar da elevada variedade de materiais e opcionais oferecidos ao cliente, infere-se que, para agregar valor aos produtos fabricados sob encomenda, não foi necessário elaborar uma quantidade elevada de mapas, que além de ser uma tarefa árdua, pode comprometer a visibilidade do fluxo de valor. A tática utilizada foi escolher uma família de produtos que passavam por etapas semelhantes de processamento e utilizassem recursos comuns ao longo do processo de agregação de valor, sendo adequada para a aplicação da abordagem enxuta. Além desses motivos, a família de produtos escolhida tem interesses estratégicos para a empresa caso de estudo.

A aplicação do MFV mostrou-se uma excelente metodologia para a identificação e compreensão das fontes de desperdícios e contribuindo para o melhoramento da montagem do semirreboque utilizando-se conceitos enxutos para a redução do *lead time* de manufatura.

Os principais resultados obtidos foram: redução de 75% no tempo de estocagem de matéria-prima, redução de 49% no *lead time* do produto, redução de 92% na distância percorrida, redução de 80% no tempo de transporte de materiais e produtos, redução de 94% no tempo de preparação do box de montagem, redução de 75% no tempo de espera de processo, redução de 50% no tempo de posicionamento de peças e subconjuntos, e redução de 20% no tempo de processamento do produto.

Esses resultados foram obtidos pela aplicação dos conceitos enxutos por meio da elaboração dos mapas do estado futuro. Assim, houve uma redução significativa no *lead time* de manufatura, na qualidade dos produtos e processos, nos custos do produto, bem como uma maior agregação de valor para o cliente, demonstrando o potencial da aplicação dos conceitos enxutos em ambientes de manufatura ETO, diferentemente dos ambientes de produção em massa comumente encontrados na literatura.

Os resultados obtidos no estudo de caso deste trabalho confirmam que produtos sob encomenda são erroneamente considerados inadequados para o processo de fluxo contínuo, o que já havia sido afirmado por Rother (2005).

Conclui-se que os conceitos enxutos são uma poderosa abordagem para reduzir desperdícios no sistema produtivo, podendo ser implementado em sistemas diferentes dos MTO, proporcionando inúmeros benefícios com sua utilização.

4.2 CONTRIBUIÇÕES

Muitas publicações apresentam a manufatura enxuta como uma abordagem, abordando os conceitos e técnicas de implementação em ambientes de produção seriada. Entretanto, observa-se que há uma carência da literatura em mostrar os passos para a implementação dos conceitos enxutos em sistemas de produção diferenciados, como a produção sob encomenda. Além disso, poucas publicações relatam os resultados reais com a implementação dos mapas futuros e as dificuldades encontradas durante esta etapa. Além disso, é importante a descrição de como deve ser planejada a estrutura para a fase de implementação, e como devem ser realizados os treinamentos, de maneira que o processo de mudança possa ocorrer de forma contínua e sustentável, e tais informações também não são normalmente encontradas em publicações da área.

Por meio deste trabalho pode-se contribuir para a criação de um modelo de estrutura de implementação de práticas de manufatura aliadas a outras ferramentas e conceitos do STP, adaptando os conceitos tradicionalmente de produções seriadas para produção sob encomenda, que para muitos pode parecer inviável.

Em virtude da implementação combinada com outros conceitos enxutos, como 5S, CCQs, padronização e documentação dos processos e inspeções das etapas de fabricação do produto, pode-se mostrar que para obter-se sucesso com esta filosofia *lean* não basta apenas inserir os conceitos enxutos no sistema produtivo, é preciso estruturar a empresa com os princípios fundamentais do STP, garantindo que os resultados obtidos com as melhorias propostas sejam mantidos e continuamente melhorados.

Por meio dos resultados alcançados pode-se concluir que o presente trabalho auxilia na análise de desperdícios, facilita a identificação de oportunidades de melhoria e possibilita a criação de ambientes enxutos em sistemas de produção sob encomenda.

Além das significativas reduções nos desperdícios do produto alcançadas através das melhorias propostas, a participação da equipe de implementação dos conceitos enxutos, em paralelo com os grupos de melhoria contínua, possibilitou que a grande maioria dos colaboradores e da alta direção da empresa estivessem constantemente envolvidos com problemáticas, melhorias e conceitos relacionados à busca pela eliminação dos desperdícios.

Foi uma grande evolução cultural para todos os envolvidos que estavam acomodados, desmotivados e não acreditavam em mudanças significativas na produção do produto. Esses colaboradores passaram a enxergar os resultados com a implementação constante de melhorias na produção, e se sentiram valorizados em participar de tais mudanças.

Foi preciso auxiliar os colaboradores e a alta direção a entender o significado dos conceitos enxutos e como utilizá-los para melhorar a produção e reduzir os desperdícios. Devido ao baixo nível de estudo, a grande maioria dos colaboradores não conhecia os conceitos *lean*, e com a realização de treinamentos e visitas técnicas a outras empresas pode-se capacitar os colaboradores envolvidos e disseminar os conceitos dentro da empresa.

4.3 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Para a continuidade desta pesquisa e finalização dos resultados da implementação do mapa futuro, sugere-se que sejam abordadas as seguintes pesquisas futuras:

- Analisar o comportamento do sistema de produção proposto no mapa futuro após a implementação completa de todas as melhorias sugeridas;
- Nivelar a produção dos produtos nos diferentes boxes de montagens definidos, e planejar a sincronização das outras áreas relacionadas ao semirreboque (fabricação de peças, fabricação de assoalhos e compensados, compra de materiais e montagem dos freios);
- Aplicar novamente o MFV para identificar novas fontes de desperdícios na linha de montagem do semirreboque, buscando a redução adicional do *lead time* do produto e a melhoria contínua dos processos;
- Desenvolvimento de uma metodologia para a programação da produção puxada, com utilização de controle visual na linha de montagem;
- Realizar o MFV e elaboração do mapa do estado atual nos setores de fabricação de peças e montagem de subconjuntos, após a conclusão das etapas estabelecidas no cronograma da NR12;
- Aplicar o MFV e a elaboração do mapa do estado atual para os demais produtos fabricados na empresa;
- Realizar um estudo para padronizar as peças e subconjuntos do semirreboque e demais produtos fabricados, objetivando a redução de projetos específicos de peças para cada pedido;
- Realizar um estudo para utilização de um *software* de gestão da produção que atenda as necessidades da empresa;
- Aplicar de conceitos enxutos nas demais áreas da empresa, tais como: compras, PCP, almoxarifado, manutenção, logística e transporte de materiais, com a avaliação de desempenho de cada área.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANFIR - Associação Nacional dos Fabricantes de Implementos Rodoviários. **Emplacamento do Setor Janeiro à Agosto de 2011**. Disponível em: www.anfir.org.br. Acesso em: 10 de set. 2011.

ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Em direção a uma teoria geral do processo na administração da produção: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e da teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero**. Tese de Doutorado em Administração, Programa de Pós-graduação em Administração. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, 1998.

BICHENO, John. *The Lean Toolbox*. Buckinham: PICSIE Books, 2000.

BOWERSOX, D.J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B. **Gestão Logística de Cadeias de Suprimentos**. Porto Alegre: Bookman , p.284, 2006.

CANTIDIO, Sandro. **Mapeamento do Fluxo de Valor – o primeiro passo para uma produção enxuta**. 2009. Portal Administradores. Disponível em: <http://www.admistradores.com.br/informe-se/artigos/mapeamento-do-fluxo-de-valor-o-primeiro-passo-para-uma-producao-enxuta/32889>. Acesso em: 09 de ago. 2012.

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito – **Resolução nº 210 da lei 9.503. Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitam por vias terrestres**. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/resolucoes.htm>. Acesso em: 01 de dez. 2011.

DENNIS, Pascal. **Produção Lean Simplificada**. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FERRO, J. R. **A essência da ferramenta “Mapeamento do Fluxo de Valor”**. 2003. Lean Institute Brasil. Disponível em: <http://www.lean.org.br>. Acesso em: 22 de ago. 2012.

GHINATO, P. Sistema Toyota de Produção – mais do que um simples Just-in-time. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

GHINATO, P. **Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção. Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Editora UFPE, Recife, 2000.

GUIA DE LOGISTICA. **Pesquisa do Panorama do Transporte Rodoviário de Cargas no Brasil** Disponível em: <<http://www.guiadelogistica.com.br>>. Acesso em: 20 de set. 2011.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean**. Cartiff: Lean Enterprise Research Center, 2000.

IMAM. **Menos Pedras (desperdícios), Maior Produtividade**. 3.ed. São Paulo: IMAM, 1996.

KAPPES, J. J. **Aplicação dos conceitos de manufatura enxuta na produção de bens de capital sob encomenda: um estudo de caso de um produto do setor metal-mecânico**. Dissertação de Mestrado. UFSC, 2011.

KOSAKA, G. I. **Jidoka**. 2006. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/artigos/102/jidoka.aspx>> Acesso em: 08 ago. 2010.

LÉXICO LEAN. **Glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean**. Lean Institute Brasil. São Paulo, 2003.

LINDGREN, P. C.C. **Implementação do Sistema de manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*) na Embraer**. Monografia (MBA em Gerência de Produção e Tecnologia) – Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretário Executivo, Universidade de Taubaté, 2001.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: A empresa que criou a produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2005b.

LUSTOSA, L.; MESQUITA, M. A.; QUELHAS, O; OLIVEIRA, R. **Planejamento e Controle da Produção.** 1.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MACDONALD, T.; VAN AKEN, E.; RENTES, A. F. *Utilization of simulation model to support value stream analysis and definition of future state scenarios in a high-technology motion control plant.* Research Paper. Department of Industrial & Systems Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University & São Carlos Engineering School, University of São Paulo, 2000.

MARTINS, G. M.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção.** 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MENEZES, R. L. **Aplicação de conceitos e técnicas de produção enxuta em um sistema de manufatura.** Monografia de graduação. Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo. São Carlos – SP, 2003.

MIKA, G. *Manufacturing Engineering. Eliminate all muda.* Dearborn. Proquest. Copyright Society of Manufacturing Engineers, Apr 2001.

MONDEN, Y. **Produção sem estoques – Uma abordagem prática ao sistema de produção da Toyota.** São Paulo: IMAM. 1984.

MURMAN, E. *Value in Aerospace Industry.* Palgrave: New York, 2002.

NAZARENO, R. R.; SILVA, L. C. e RENTES, A. F. **Mapeamento do Fluxo de valor para produtos com ampla gama de peças.** XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP – Ouro Preto, MG, Brasil, 22 a 24 de outubro de 2003.

NAZARENO, R. R. **Desenvolvimento e aplicação de um método para a implementação de sistemas de produção enxuta.** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003b.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala.** Bookman, 1997.

PERDOMO, C. F. **Proposta de linha de montagem de barcos de lazer de médio porte: uma aplicação dos conceitos de manufatura enxuta.** Dissertação de Mestrado. UFSC, 2011.

PIRES, S. R. L. **Gestão Estratégica da Manufatura.** Editora UNIMEP, 1995.

PORTO, Geciane S. **O impacto do just-in-time no sistema de controle organizacional: um estudo de caso na Hering Têxtil SA.** Revista de Administração, São Paulo v.30, n.3, p.27 - 37, setembro 1995.

POWER, Brad. **Melhoria Contínua Centrada no Cliente.** 2012. Disponível em: <http://www.lean.org.br/artigos/157/melhoria-contínua-centrada-no-cliente.aspx>. Acesso em 25 de out. 2012.

RENTES, A. F.; QUEIROZ, J.A.; ARAÚJO, C. A. C. **Transformação Enxuta: aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma situação real.** I Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 2004, Santa Catarina. Anais. Florianópolis: Abepro, 2004.

ROSA, Davi Cabral. **Aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma empresa do setor metal-mecânico.** Dissertação de Mestrado. UFSC, 2008.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a enxergar – mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SHINGO, Shigeo. **Sistemas de produção com estoque zero: o sistema Shingo para melhorias contínuas.** 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S. e JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TAGUCHI, Genechi. **Engenharia da qualidade em sistema de produção**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

TAYLOR, Frederick W. **Princípios de administração científica**. 8.ed. São Paulo: Atlas, 1990.

TUBINO, Dalvio. **Manual de planejamento e controle da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

TUBINO, Dalvio. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

WOMACK, P.; JONES, T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. 5.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Comparison*. 2. ed. UK: Free Press Business, 2003.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A máquina que mudou o Mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J. P. *Value Stream Mapping – Manufacturing Engineering*. Dearborn, 2006.

6 APÊNDICE A – ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM PARALELO AO MFV

A estrutura organizacional macro da empresa é ilustrada na figura A.49.

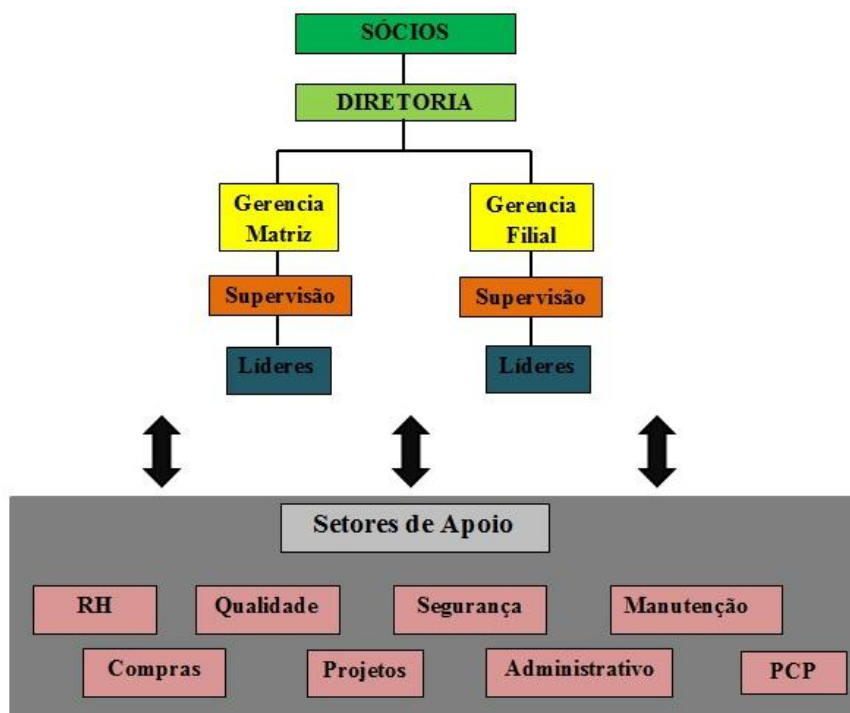


Figura A.41 - Organograma Macro da Empresa

Fonte: Elaborado pela autora

O detalhamento da estrutura organizacional das duas empresas foi dividido para auxiliar o entendimento. As figuras A.50 e A.51 ilustram o organograma micro da matriz e o organograma micro da filial, respectivamente.

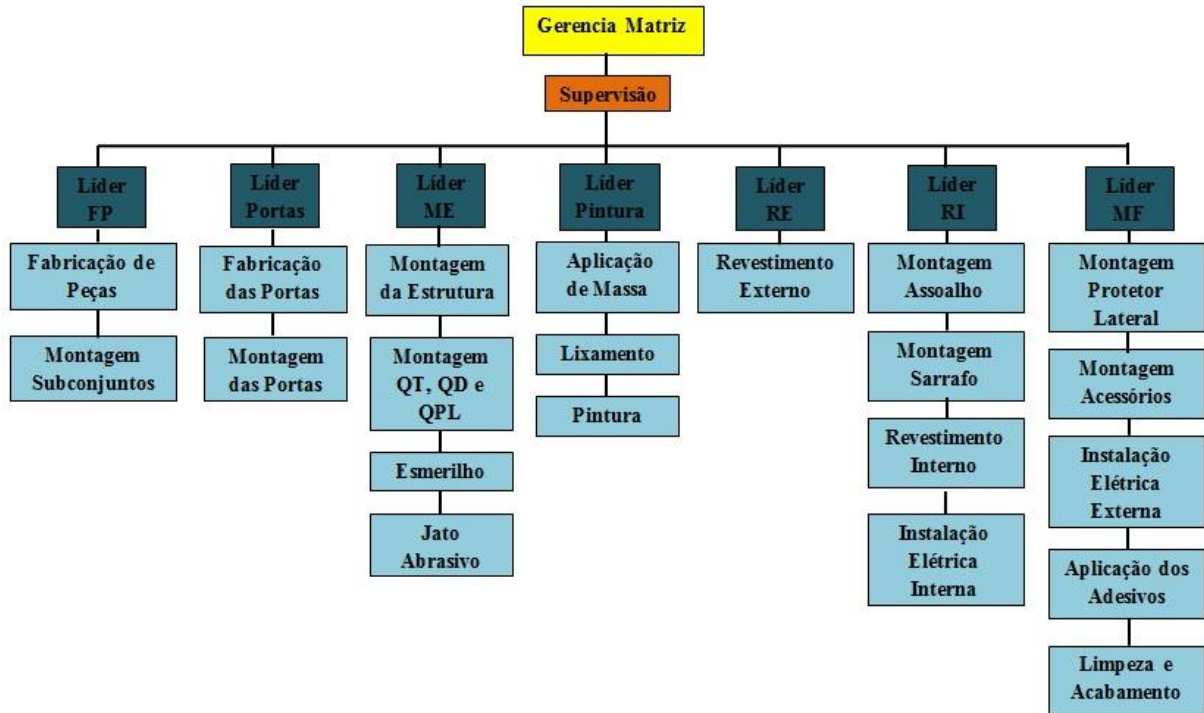


Figura A.42 - Organograma Micro da Matriz

Fonte: Elaborado pela autora

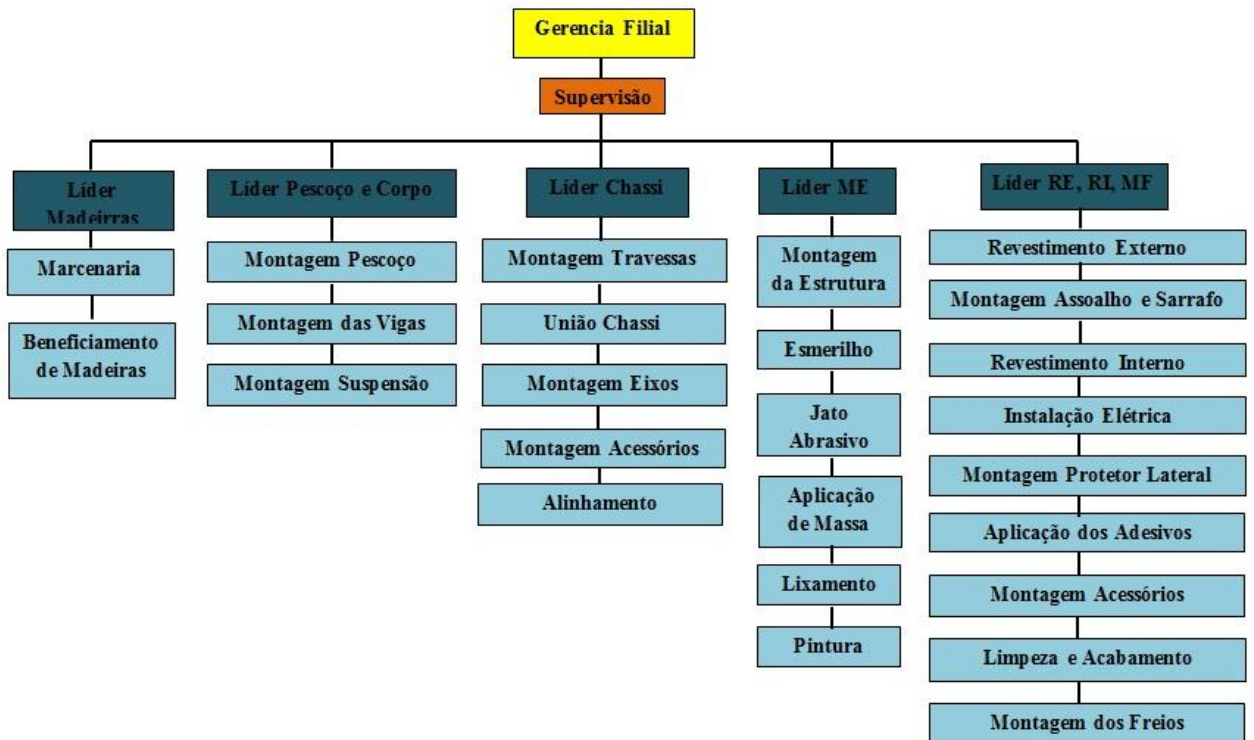


Figura A.43 - Organograma Micro da Filial

Fonte: Elaborado pela autora

7 APÊNDICE B – ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM PARALELO AO MFV

ORGANIZAÇÃO DA PRODUÇÃO (MATERIAL E LEIAUTE)

O planejamento e implantação da metodologia do 5S foi inicialmente realizada na filial, devido a alterações no leiaute da matriz programados para o restante do ano.

O 5S buscou promover a disciplina na filial através da consciência e envolvimento de todos os colaboradores, de maneira a tornar o ambiente mais agradável, seguro e produtivo.

Inicialmente houve resistência de muitos colaboradores, mas com o decorrer do tempo todos perceberam as mudanças resultantes da organização, limpeza e identificação dos materiais. Com isso, gradativamente os cinco sentidos foram sendo implementados.

Nas figuras B.52 e B.53 são mostradas algumas fotos de como era a organização da matéria-prima (PM) no pátio e na linha de montagem antes e depois da metodologia do 5S ser aplicada.



Figura B.44 – Organização e identificação da MP no pátio

Fonte: Elaborado pela autora



Figura B.45 - Organização e identificação da MP na linha de montagem

Fonte: Elaborado pela autora

PADRONIZAÇÃO DOS MATERIAIS E PROEÇOS

A alta personalização dos produtos gera uma quantidade grande de peças, que podem ter o mesmo código e função, mas com variações na estrutura dimensional. Muitas destas peças eram enviadas para a filial com um tamanho padrão, e os processos da linha de montagem que utilizassem a peça deveriam medir e cortar a peça conforme as especificações do projeto, gerando retrabalho e atrasos no tempo de montagem do produto.

Muitos destes problemas foram eliminados padronizando-se peças que pudessem ser utilizadas em vários modelos do produto ou, caso não fosse possível a padronização das peças, códigos foram criados para identificar cada peça conforme suas dimensões, e estas peças eram enviadas da matriz no tamanho correto para a montagem.

Outra dificuldade que existia na linha de montagem era a falta de padronização e documentação dos processos. Como a gama de variações no produto e a rotatividade de colaboradores eram muito elevadas, existia uma dificuldade em treinar e supervisionar os processos de montagem, pois os colaboradores possuíam formas diferentes de executar uma mesma atividade. Desta forma, procedimentos e instruções de trabalho foram desenvolvidos, acompanhando-se cada etapa na montagem dos produtos, conforme ilustrado na figura B.54. Cada processo foi detalhado utilizando-se imagens dos projetos e fotos dos detalhes de

montagem. Assim, todos os colaboradores eram informados e cobrados para que executassem as etapas de montagem conforme a sequência descrita nos procedimentos, mantendo o processo padronizado e com o mesmo acabamento.



	<p>Instrução para Montar e Soldar Travessa e Mão Francesa</p>	<p>IT 33 Revisão: 00 Data: 20/08/12 Nº de páginas: 4</p>
<p>1. OBJETIVO</p>		
<p>Padronizar os processos e orientar o operador na forma de montar e soldar a travessa e a mão francesa e instruir o mesmo no modo adequado de registrar as informações nas OF.</p>		
<p>2. DETALHAMENTO DO PROCESSO</p>		
<p>EPI's necessários para executar a operação:</p>		
<p>Uniforme padrão da empresa, protetor auricular, máscara de solda, luvas com manga longa de couro, avental de couro para soldador, respirador PFF2 e óculos de segurança</p>		
<p>1º Passo: Abrir a OF para iniciar a operação, marcando data e hora de início;</p>		
<p>2º Passo: Esticar uma linha entre as travessas para alinhá-las;</p>		
<p>3º Passo: Colocar as travessas entre estampos da alma;</p>		
		
<p>4º Passo: Pontear e soldar as travessas pelo lado interno da alma, mantendo-as sempre alinhadas com a linha, conforme imagem;</p>		
 <p>SOLDAR TRAVESSA PELO LADO INTERNO DA ALMA</p>		

Figura B.46 - Modelo de Instrução de Trabalho

Fonte: Elaborado pela autora

GRUPOS DE MELHORIA

A implementação dos Grupos de Melhoria Contínua (GMC), também conhecidos como Círculo de Controle da Qualidade (CCQ), foram determinantes para garantir o envolvimento de todos os colaboradores e facilitar as melhorias nos produtos e processos, que mantinham-se sem alterações devido à resistência a mudança dos colaboradores.

Os grupos de GMC eram incentivados a desenvolver e implementar melhorias relacionadas ao processo, segurança e ergonomia e ambiente de trabalho. Pelo fato de possibilitar ao colaborador participar do processo de desenvolvimento e alteração de um processo, produto ou equipamento, a resistência aos poucos foi sendo vencida.

Aos poucos os colaboradores foram participando dos grupos de melhoria e se orgulhando em ver que uma ideia que partiu do chão de fábrica havia trazido melhorias ao processo. Esta interação entre os gestores e os colaboradores da empresa foi a receita de sucesso para motivar a busca constante pela melhoria contínua.

Com a realização de visitas técnicas e treinamentos dos Grupos de Melhoria, os conceitos da manufatura enxuta foram aos poucos fazendo parte da rotina dos colaboradores, fazendo-os enxergar os desperdícios que existiam na empresa.

8 APÊNDICE C – FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A GERAÇÃO DE DESPERDÍCIOS

Os principais fatores que contribuem para a geração de desperdícios na linha de montagem são detalhados a seguir:

ESTOQUE MATÉRIA-PRIMA E PRODUTO ACABADO

Os fatores que contribuem para os desperdícios de estoques de matérias-primas (MP) e os estoques de produtos acabados (PA) são:

- Peças fabricadas antecipadamente para processos posteriores, como o envio das peças para operação de montagem da estrutura do sobre chassi, sem terem sido entregues as peças dos processos iniciais, como montagem da frontal do chassi;
- Demora na aprovação e emissão das ordens de compra de produtos que representam altos valores, mesmo estes materiais sendo requeridos em futuros pedidos;
- Atrasos na retirada do produto acabado pelo cliente.

LEAD TIME DO PRODUTO

Contudo, esta prática não é eficaz e contribui para a geração de outros desperdícios, tais como:

- Dificuldade para o PCP programar as datas das OFs e estabelecer prioridades em meio a um mix de produtos do tipo ETO;
- Dificuldade para o PCP definir lotes de peças semelhantes para serem fabricadas junto com as peças com prioridade;
- Superprodução de peças que não eram requeridas neste momento;
- Geração de estoque de peças devido à antecipação da fabricação de peças;
- Transtornos burocráticos com registro de horas extras e solicitação de lanches;
- Alteração dos custos, definidos previamente no pedido de venda, relacionados com a montagem do produto.

TRANSPORTE E LEIATE

Através do acompanhamento e análise do transporte de materiais e produtos, foi possível identificar os principais aspectos que contribuem para aumentar o *lead time* do produto:

- Estocagem de peças, subconjuntos e produtos acabados com antecedência ao prazo de entrega, gerando transporte desnecessário;
- Grandes distâncias percorridas entre armazenamento de matérias-primas até a linha de montagem;
- Grandes distâncias percorridas entre o armazenamento dos gabaritos, equipamentos, estruturas de apoio ao processo de montagem (cavaletes, tábuas, sargentos, mangueiras de ar) até a linha de montagem;
- Falta de organização das matérias-primas e materiais utilizados na linha de montagem, gerando procura dos operadores para encontrar os materiais e ferramentas, assim como deslocamentos desnecessários para essas tarefas;
- Falta de padronização dos processos, definição de instruções e procedimentos de trabalho e planejamento das rotas de transporte e movimentação de materiais;
- Transporte de peças e subconjuntos ineficientes, demandando tempo elevado para movimentação dos materiais até a linha de montagem;
- Falta de dispositivos, paletes e locais de armazenamento que auxiliem no processo de carregamento, descarregamento e estocagem das peças e subconjuntos. Os materiais são recebidos e transportados até a linha de montagem com o auxílio de empilhadeiras;
- Tempo elevado para movimentação das peças do caminhão vindo da matriz, para a área de recebimento e posteriormente, movimentado para as prateleiras e locais de estocagem;
- Paradas durante o processo de transporte devido à necessidade de movimentar os produtos ou subconjuntos entre um processo e outro ou devido a peças e produtos estarem atrapalhando a circulação. Esse deslocamento da empilhadeira para outras atividades gera paradas no processo de transporte já iniciados;

- Leiante do fluxo dos processos desorganizado e sem coerência na sequência dos processos, fazendo com que o produto percorra grandes distâncias entre as etapas do processo.

PREPARAÇÃO DO BOX DE MONTAGEM, GABARITOS E EQUIPAMENTOS

As principais causas que contribuem para a geração de desperdícios nas etapas de preparação do box de montagem e do posicionamento dos gabaritos e equipamentos são:

- Nos processos de montagem de vigas, montagem da suspensão, montagem do chassi e montagem dos eixos as peças e subconjuntos são posicionadas sobre cavaletes ou calços de madeira, demandando de tempo para seu posicionamento. Bem como, a aproximação de carrinhos, aparelhos de solda e demais ferramentas necessários para cada processo de montagem;
- Nos processos de montagem de estrutura do sobre chassi, esmerilhagem, revestimento externo, revestimento interno, montagem das portas e montagem final são utilizados cavaletes de madeira com tábuas para montagem de estaleiros ao redor e no interior do semirreboque, onde os operadores utilizaram para efetuarem as operações de montagem das peças e subconjuntos. Ao final das operações em cada processo, os cavaletes e tábuas são retirados para a movimentação do produto para o próximo processo.
- A grande quantidade e alta variabilidade de peças e subconjuntos dificulta a padronização e criação de gabaritos para facilitar a montagem. Por isso, inúmeros alicates, sargentos e dispositivos de fixação individuais são utilizados para fixar as peças e subconjuntos para a soldagem ou furação.

Essas operações demandam de muito tempo dos operadores que necessitam buscar os fixadores, posicionar as peças, verificar alinhamento e esquadro, soldar ou parafusar as peças e retirar os fixadores.

Por serem, muitas vezes, peças grandes, os alicates e sargentos não fixam de maneira correta. Quando o operador começa a soldar o subconjunto, as peças sofrem deformação e ficam desalinhadas. Isso gera dificuldades nos processos seguintes e posteriores retrabalhos.

ESPERA DE PROCESSO

Existem inúmeras fontes que podem causar esperas no processo de montagem, contribuindo para os elevados tempos de espera onde não há valor agregado ao processo:

- Ineficiência no planejamento dos produtos a serem entregues. Muitas vezes as peças e subconjuntos utilizados na montagem do semirreboque (sobre chassi) chegam até a filial antes da entrega das peças para a montagem do chassi. Esta entrega atrasada de peças para a montagem do chassi do semirreboque causa um aumento no tempo de espera para o processamento desses produtos semiacabados. Já a entrega antecipada de peças para a montagem do sobre chassi do semirreboque causa um aumento no tempo de espera da matéria-prima.
- Produtos semiacabados aguardando na fila para serem processados, podendo este processamento ser adiado ainda mais, dependendo da entrada de produtos caracterizados como prioridade ou por falta de peças e subconjuntos da matriz;
- Alterações na programação de entrega de produtos, causando a montagem antecipada de produtos que não serão necessários naquele momento e atrasos em outros pedidos devido à alteração;
- Ineficiência na fabricação e transporte de peças e subconjuntos para atender a demanda da filial;
- Elevados tempos de *setup* das linhas de montagem;
- Equipamentos e ferramentas não estão disponíveis na linha de montagem quando necessários;
- Falta de colaboradores treinados para realizarem as operações de montagem, tendo em vista a quantidade de montagem diferentes que cada produto requer e a alta rotatividade de colaboradores.

POSICIONAMENTO DE PEÇAS E SUBCONJUNTOS

As fontes de desperdícios que causam o aumento do tempo de posicionamento das peças e subconjuntos são:

- Demora para o posicionamento das almas intermediárias da frontal do chassi. As almas são posicionadas no centro da frontal do chassi e entre as travessas, dando estruturação ao conjunto. As peças são posicionadas manualmente e pontos de solda são utilizados

para fixar as peças antes dos cordões de solda. Porém, esses pontos de solda desalinham as peças, que por não estarem fixadas em um ponto fixo devem ser alinhadas na posição correta. Esta correção gera perda de tempo de posicionamento e retrabalhos.

- Após o posicionamento das peças da suspensão, o subconjunto é soldado em um dos lados. Para que seja soldado o outro lado, o subconjunto precisa ser girado, e nesta etapa do processo não existem talhas para realizarem esta movimentação. Desta forma, é necessário utilizar a empilhadeira para transportar o subconjunto até o pátio da planta fabril, tombar o subconjunto e transportá-lo novamente para a linha de montagem, posicionando-o para que os colaboradores possam continuar a soldagem. Tempo este que pode aumentar consideravelmente se a empilhadeira estiver sendo utilizada em outro processo.
- Excesso de tempo para o posicionamento dos quadros traseiro e dianteiro que devem ser posicionados sobre as vigas do chassi, centralizados e fixados com dispositivos de fixação para posterior soldagem;
- Em seguida a operação de soldagem dos quadros traseiros e dianteiros, as longarinas laterais inferiores são posicionadas e fixadas, demandando elevado tempo e recursos para sua montagem;
- Elevado tempo para o posicionamento das peças do quadro das portas laterais, pois esta operação só pode ser iniciada após a conclusão da montagem de todas as colunas laterais e superiores do sobre chassi.

PROCESSAMENTO

Analisando as atividades de processamento do produto estudado, foi possível identificar aspectos que contribuem para os altos tempos de montagem do produto:

- Falta de procedimentos e instruções para padronizar as operações, deixando sob a responsabilidade de cada operador a decisão de como executar suas tarefas;
- Peças fabricadas com dimensões erradas, impossibilitando a sua montagem, gerando retrabalho para adequar a peça ou paradas de montagem para aguardar a fabricação e envio de nova peça;
- Falta de qualidade nos processos de pintura, revestimento interno, revestimento externo e montagem final, ocasionando retrabalhos constantes;

- Falta de codificação de peças e subconjuntos, gerando dificuldade na identificação e demora em serem encontradas, provocando muitas vezes perda de peças pela linha de montagem;
- Programa de controle dos processos ineficiente;
- Local de trabalho e pátio da filial sujos e desorganizados, dificultando a execução das atividades e gerando demora;
- Falta de qualidade das operações e retrabalhos constantes na linha de montagem. As peças e subconjuntos são fabricadas fora da especificação e precisam ser retrabalhadas na linha de montagem, onde não há máquinas e ferramentas adequadas para realizar este processo. Por serem produtos sob encomenda, as peças são diferenciadas e não seguem uma padronização, dificultando as atividades de montagem. Esta variabilidade nas peças e subconjuntos, atreladas à alta rotatividade de colaboradores, potencializa os problemas de montagem, provocando incertezas na realização da montagem, causando erros e posterior, retrabalho.
- Engenharia inadequada de métodos e processos. Projetos pouco robustos, não sendo projetados para facilitar a montagem;
- Líderes dos setores realizando operações de transporte de peças, cadastro de tempos dos processos no sistema (baixa de ordens de fabricação – OF) e operações de acabamento caracterizando desperdício de recursos intelectuais;
- Peças, materiais e equipamentos estocados distantes dos processos de montagem nos quais serão utilizados;
- Grande quantidade de peças para montar um subconjunto, causando desperdício no posicionamento e fixação de peças, verificação de alinhamento e esquadro e montagem do subconjunto;
- Materiais com grandes dimensões ocasionando dificuldades para o transporte e montagem, sendo necessária a utilização de empilhadeiras. Por serem equipamentos de uso comum, grande parte do tempo esses equipamentos não estão disponíveis. Desta forma, é preciso aguardar sua liberação ou deslocar-se até outros setores da planta industrial para buscá-los;
- Elevada quantidade de peças e materiais semelhantes que confundem os colaboradores no momento da montagem;
- Falta de codificação de algumas peças, consideradas pelo setor de desenvolvimento do produto como sendo “peças especiais”, que são fabricadas pela primeira vez ou poucas

vezes, recebendo um código fictício apenas no desenho do projeto e sendo cadastradas no sistema com o código da matéria-prima utilizada na fabricação, ou seja, no sistema a peça possui um código e no projeto impresso possui outro. Esta codificação provoca grandes transtornos para a linha de montagem, pois as peças são misturadas com outras peças de outros lotes, perdendo-se muito tempo até os colaboradores conseguirem encontrá-las.

- Falta de materiais e peças na estrutura do produto (BOM – *Bill of materials*). Nem todos os materiais são cadastrados na lista de peças, causando dificuldade para encontrar e separar os materiais corretos para cada pedido;
- Falta de paletes e dispositivos para transporte de peças e subconjuntos que são enviados da matriz para a filial;
- Falta de dispositivos e gabaritos para facilitar a montagem dos produtos e evitar erros de montagem;
- Falta de peças na linha de montagem, causando parada na linha de montagem até a chegada das peças;
- Falta de planejamento da sequência de produtos a serem montados e entregues em cada semana;
- Esperas ocasionadas por falta de materiais de almoxarifado, ferramentas e equipamentos que não estão disponíveis para uso no momento requerido;
- Inexistência de logística de suprimentos para a linha de montagem;
- Deficiência dos desenhos de projeto, desenhos com poucos detalhes, desenhos carregados de informações desnecessárias a determinados processos, falta de dimensões sendo necessário que o colaborador calcule as medidas para executar as montagens;
- Operações que necessitam de dois ou mais colaboradores para serem executadas, gerando espera até os mesmos estarem disponíveis para a tarefa;
- Inexistência de gestão da qualidade e tratativas de RNCs (Registros de Não Conformidade). Problemas e reclamações não são registradas e os erros continuam ocorrendo diversas vezes sem que os colaboradores responsáveis pelo processo sejam informados, gerando altos custos com a não qualidade do produto.

LIMPEZA

Os principais fatores que ocasionam os desperdícios relacionados com o tempo de limpeza são:

- Demora para a retirada dos respingos de solda da frontal, das vigas e travessas do chassi e dos quadros traseiros, dianteiros, colunas e vigas do teto do sobre chassi;
- Pintura realizada de forma incorreta ocasionando em uma pintura porosa, ou seja, com aspecto de casca de laranja. Quando isso ocorre, a superfície deve ser lixada e novamente pintada;
- Limpeza dos quadros dianteiro e traseiro, colunas, vigas e longarinas para eliminar a poeira do lixamento da massa, preparando o semirreboque para a pintura. Após a retirada do semirreboque, o box de montagem deve ser limpo.
- Retirada de parafusos, rebites, sobras de materiais e poeiras geradas nos processos de revestimento externo e interno.

INSPEÇÃO

As inspeções são visuais e demandam de pouco tempo para serem realizadas, não contribuindo de forma significativa para aumentar o *lead time* total do produto. Porém, poderiam ser eliminadas se cada operador se comprometesse em executar as operações com qualidade e evitando que problemas de montagem fossem enviados para os próximos processos.

9 APÊNDICE D – MELHORIAS IMPLEMENTADAS

A seguir são detalhadas algumas melhorias que foram implementadas com o objetivo de eliminar os desperdícios, reduzir o *lead time*, aumentar a qualidade e reduzir os custos do produto.

Quadro D.2 - Soldagem do suporte do engate elétrico na frontal do chassi

	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>As peças soldadas na frontal do chassi eram compostas por um suporte do engate elétrico e duas peças para mão amigo.</p> <p>As peças eram esquecidas de serem soldadas, eram soldadas desalinhadas ou soldadas com ângulo variados, impossibilitando a montagem.</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Uma nova peça foi desenvolvida e terceirizada para substituir as outras três peças.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Reduziu-se o tempo de posicionamento e soldagem da peça; - Eliminou-se duas peças do estoque; - Eliminou-se os erros de ângulo e desalinhamentos de soldagem; - Eliminou-se retrabalhos; - Reduziu-se a quantidade de estoque em 50%. 	

Fonte: Empresa caso de estudo

Quadro D.3 - Montagem das almas intermediárias da frontal do chassi

	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>As travessas da frontal do chassi eram riscadas e as almas intermediárias eram posicionadas entre as travessas.</p> <p>Um colaborador segurava a peça enquanto outro ponteava. O alinhamento das almas era feito com martelos ou maretas.</p> <p>Tempos:</p> <p>52 segundos para riscar as travessas; 4:35 minutos para posicionar, soldar e alinhar 4 almas;</p> <p>Tempo total de montagem das almas na frontal: 36:00 minutos</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Foi desenvolvido um gabarito com duas cantoneiras e calços para posicionar a alma na posição correta.</p> <p>O gabarito garantiu que as almas ficassem alinhadas sem a necessidade do colaborador ficar segurando a peça e depois corrigindo o alinhamento.</p> <p>Tempo de montagem das almas: 12:00 minutos.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Eliminou-se um colaborador do processo; - Eliminou-se o retrabalho de alinhamento das almas com a maretas; - Garantiu-se o alinhamento e a qualidade da montagem; - Padronizou-se a operação de montagem das almas; - Reduziu-se o tempo de montagem em 24:00 min., representando uma redução de 66,67%; - Reduziu-se o custo de MO em R\$ 6,40. 	

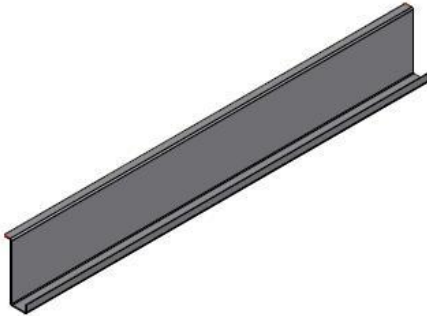
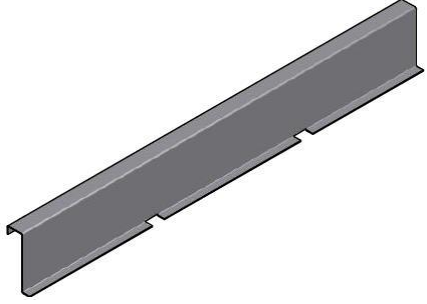
Fonte: Empresa caso de estudo

Quadro D.4 - Montagem do distanciador do balanceteiro

	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>O distanciador do balanceteiro (item comercial) necessitava de uma adaptação para a montagem do kit da suspensão. Nesta adaptação duas peças eram soldadas pela lateral do distanciador. Com isso, o parafuso e a porca que acompanhavam o conjunto precisavam ser substituídos por outros.</p> <p>Tempo de montagem do distanciador: 23:00 min.</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>O projeto das peças foi alterado e as peças passaram a ser soldadas sobre o balanceteiro, possibilitando a utilização do mesmo parafuso e porca do conjunto.</p> <p>Tempo de montagem do distanciador: 15:00 min.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Eliminou-se a compra de parafuso e porca para o conjunto; - Eliminou-se o descarte dos parafusos que não eram utilizados no distanciador e eram estocados em caixas, ocupando espaço desnecessário na linha de montagem; - Agilizou-se a montagem do distanciador em 8:00 min., representando uma redução de 65,22%; - Facilitou-se a assistência técnica com a reposição do conjunto. 	


Fonte: Empresa caso de estudo

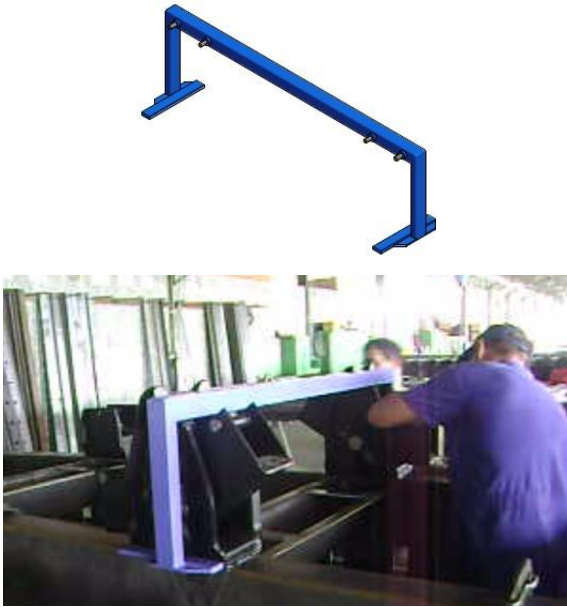
Quadro D.5 - Montagem da travessa na frontal do chassi

	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>A travessa que é soldada na frontal do chassi era enviada sem recorte, necessitando o colaborador medir o conjunto e cortar a peça.</p> <p>Tempo para o corte: 20:00 min.</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>A peça foi padronizada e é enviada à filial com os cortes, eliminando retrabalhos.</p> <p>Tempo para o corte: 0 min.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Padronizou-se a peça; - Eliminou-se a utilização de maçarico e desperdício de MO; - Agilizou-se a soldagem da peça, pois eliminou a etapa de corte que consumia 20:00 min.; - Melhorou-se a qualidade do acabamento. 	

Fonte: Empresa caso de estudo


Quadro D.6 - Montagem da suspensão no corpo do chassi


	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>O posicionamento das peças da suspensão era realizado com trena, gerando inúmeras medições de posição e esquadro. Esta operação se repete para cada eixo a ser montado.</p> <p>Devido ao método artesanal, vários erros de posicionamento lateral eram cometidos, gerando problema de montagem dos braços tensores que ocasionavam retrabalhos ou o desgaste</p>
---	---

	<p>excessivo do conjunto.</p> <p>Tempo de soldagem dos dois conjuntos da suspensão (para 1 eixo): 5:23 min.</p> <p>Tempo de soldagem 3 eixos: 16:09 min.</p>
	<p><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Foi desenvolvido um gabarito para o posicionamento lateral dos conjuntos da suspensão, necessitando somente medir a posição sobre as almas do chassi.</p> <p>Dois modelos de gabarito foram fabricados, um para o suporte grande e um para o suporte pequeno.</p> <p>Tempo de soldagem para 3 eixos: 9:09 min.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Garantiu-se o alinhamento entre os conjuntos da suspensão; - Reduziu-se os erros de posicionamento e de posteriores montagens; - Garantiu-se a qualidade da operação; - Agilizou-se a montagem dos conjuntos; - Reduziu-se o tempo de medição dos conjuntos; - Reduziu-se 7:00 min no tempo de montagem dos 6 conjuntos da suspensão, ou seja, 43,75%. 	

Fonte: Empresa caso de estudo

Quadro D.7 - Montagem da suspensão no corpo do chassi

	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>Após a soldagem das almas do corpo do chassi, utilizava-se uma empilhadeira para retirar o conjunto da linha de montagem, transportar até o pátio da filial, tombar o conjunto e retornar para a linha de montagem, onde era posicionado</p>
---	---

	<p>sobre cavaletes para continuar a soldagem das peças.</p> <p>Tempo de movimentação do conjunto: 4:12 min.</p> <p>Tempo de espera por uma empilhadeira: 12:00 min.</p> <p>Total: 16:12min.</p>
	<p><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Dois dispositivos de fixação foram projetados para posicionar em cada extremidade do corpo do chassi, possibilitando tombar o conjunto na linha de montagem.</p> <p>Tempo para girar o conjunto: 1:07 min.</p> <p>Tempo para fixar os dispositivos: 2:05 min.</p> <p>Total: 3:12 min.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Maior agilidade na operação de montagem; - Eliminou-se a movimentação do conjunto entre as colunas do prédio; - Eliminou-se o risco de acidentes e danificação do conjunto; - Eliminou-se o uso de empilhadeira; - Eliminou-se um colaborador da operação; - Reduziu-se em 13 min. o tempo para tombar o conjunto, representando uma redução de 81,25%. 	

Fonte: Empresa caso de estudo

Quadro D.8 – Montagem do corpo x frontal do chassi

	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>Para a operação de nivelamento do corpo x frontal do chassi eram utilizados cavaletes metálicos e calços de madeira. Os calços de madeira eram colocados conforme a necessidade. Quando não se encontravam calços suficientes, era preciso cortar pedaços de madeira na marcenaria.</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Novos cavaletes foram desenvolvidos com pinos roscados adaptados com um apoio em “U” móvel, permitindo a elevação do conjunto. O apoio em “U” móvel permite o posicionamento do tirante inferior do chassi nas diversas inclinações existentes.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Eliminou-se a operação de elevar e abaixar o chassi com empilhadeira durante várias vezes até conseguir-se nivelar o conjunto; - Eliminou-se um colaborador da operação; - Reduziu-se o risco de acidentes; - Melhorou-se a operação de nivelamento do conjunto; - Disponibilizou-se cavaletes específicos para a operação, evitando que os cavaletes sejam trocados, perdidos ou estejam sendo utilizados por outros setores. 	

Fonte: Empresa caso de estudo

Quadro D.9 - Montagem das travessas do chassi

	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>Para soldar as travessas sobre o corpo do chassi, as travessas eram colocadas sobre as almas do chassi. Uma viga “I” era colocada em paralelo nas duas extremidades das travessas e cada ponta das travessas eram fixadas por um sargento. Após este processo, outra viga “I” era colocada sobre as primeiras vigas, sendo fixada por dois sargentos.</p> <p>Montagem das vigas e sargentos: 3:23 min.</p> <p>Desmontagem das vigas e sargentos: 1:14 min.</p> <p>Tempo final/chassi: 4:37 x 7 repetições = 32:18 min.</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Foi desenvolvido 6 encaixes em uma viga “I” para fixá-la às travessas e eliminar a utilização dos sargentos.</p> <p>Dois modelos de gabaritos foram fabricados, uma para espaçamento entre travessas de 250mm e outro para 360mm.</p> <p>Montagem dos gabaritos: 1:15 min.</p> <p>Desmontagem dos gabaritos: 0:43 min.</p> <p>Tempo final/chassi: 1:58 x 7 repetições = 13:46 min.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Diminuiu-se o esforço físico dos colaboradores; - Eliminou-se a utilização de sargentos nesta operação; 	

- Garantiu-se o alinhamento das travessas;
- Reduziu-se o tempo de operação em 18:33 minutos/chassi.


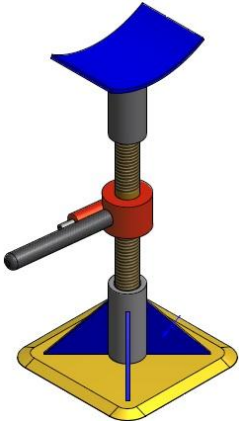

Fonte: Empresa caso de estudo

Quadro D.10 - Montagem das sapatas dos eixos

	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>Para o posicionamento e montagem da sapata no eixo com suspensor mecânico era preciso posicionar uma peça em cada extremidade do eixo, medir várias vezes o posicionamento em relação ao cubo e entre as sapatas, bem como entre a sapata e o feixe de molas. Após esta medição, as sapatas eram fixadas com sargentos e novamente verificado o posicionamento.</p> <p>Tempo de operação: 4:51 min.</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Um gabarito de posicionamento das duas sapatas foi fabricado, o qual permite o posicionamento correto das peças, eliminando as inúmeras medições realizadas.</p> <p>Tempo de operação: 2:35 min.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Melhorou-se a operação de posicionamento e montagem das sapatas; - Reduziu-se os erros de montagem; - Garantiu-se a soldagem das sapatas no mesmo ângulo; - Eliminou-se o deslocamento das sapas durante a soldagem; - Reduziu-se o tempo da operação em 2:16 min, ou seja, reduziu 46,73%. 	

Fonte: Empresa caso de estudo

Quadro D.11 - Montagem dos eixos no chassi

	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>O posicionamento do eixo sob o chassi era apoiado por calços de madeira, que não ofereciam segurança e poderiam cair ao menor descuido, podendo causar danos ao conjunto ou acidentes graves.</p>
 	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Foram desenvolvidos suportes fixos e reguláveis para posicionar o eixo pelo eixo central.</p> <p>O suporte fixo é utilizado como base para o nivelamento e o suporte regulável é utilizado para nivelar o eixo e fixar o feixe de molas.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Reduziu-se o risco de acidentes; - Agilizou-se a montagem dos eixos; - Eliminou-se erros de montagem; - Eliminou-se retrabalhos. 	


Fonte: Empresa caso de estudo

Quadro D.12 - Alinhamento do chassi

	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>Na verificação dos pontos do chassi para endireitar era necessário posicionar os garfos da empilhadeira sob a frontal do chassi e elevá-lo para a verificação.</p> <p>Como a empilhadeira era utilizada para diversas atividades, muitas vezes a operação era parada para o descarregamento de materiais, além de ser preciso aguardar o retorno da empilhadeira para continuar a operação.</p>
 	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Foi fabricado um dispositivo com regulagem para a elevação do chassi, que é posicionado no pino rei da frontal do chassi.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Eliminou-se o uso de empilhadeira na operação; - Eliminou-se um colaborador da operação; - Reduziu-se o tempo da operação; - Facilidade para a utilização do dispositivo. 	

Quadro D.13 - Elevadores para montagem dos semirreboques


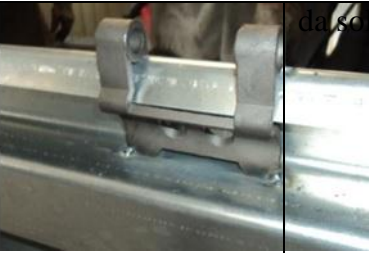
	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>Os processos de montagem de estrutura, esmerilho, revestimento externo e interno necessitavam carregar inúmeros cavaletes de madeira e tábuas para realizar a montagem de andaimes externos. Após serem finalizadas as operações de montagem de cada processo, era preciso desmontar tudo e remontar no processo. Isso gerava muito desperdício.</p> <p>Tempo de montagem e desmontagem de andaimes:</p> <p>Tempo total por semirreboque:</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Foram desenvolvidos elevadores independentes em cada lateral do semirreboque.</p> <p>Cada box de montagem deve possuir um elevador.</p> <p>Na plataforma do elevador estão adaptados conectores para as mangueiras de ar, evitando acúmulo de mangueiras pelo chão. A plataforma possui a largura exata para a movimentação dos aparelhos de solda, evitando perda de tempo para posicionar o aparelho sobre a plataforma a cada nova montagem.</p>

	
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Agilizou-se o processo de montagem em vários processos, - Eliminou-se o tempo para movimentação e montagem dos andaimes; - Eliminou-se o esforço físico; - Facilitou-se as operações de montagem, possibilitando a elevação da plataforma na altura necessária, dependendo da altura do colaborador; - Elimino-se o tempo para instalar e recolher as mangueiras de ar a cada novo produto. 	

Fonte: Empresa caso de estudo

Quadro D.14 - Montagem das dobradiças das portas traseiras

	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>O gabarito utilizado para a montagem da dobradiça da porta traseira era de madeira adaptada a um sargento. O gabarito não garantia o alinhamento da dobradiça, pois o dispositivo era fixado no perfil do QT (quadro traseiro), e a peça precisava ser segura pelo colaborador durante a soldagem.</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Um novo gabarito foi fabricado em metal, possuindo na parte interna pequenos imãs para sua fixação no perfil do QT.</p> <p>Um pino mantém o alinhamento da dobradiça e do gabarito até a conclusão</p>

		da soldagem.
<p><u>Resultados alcançados</u></p>		
<ul style="list-style-type: none"> - Agilizou-se a operação de soldagem das dobradiças no QT; - Garantiu-se o alinhamento da dobradiça; - Eliminou-se retrabalhos devido a problemas posteriores para a montagem das portas traseiras. 		

Fonte: Empresa caso de estudo


Quadro D.15 - Montagem da longarina lateral inferior


	<p><u>Método atual</u></p>
<p>Para realizar a montagem da LLI era necessário usar 4 cavaletes de madeira e 4 colaboradores para ajudar a posicionar a longarina. Os cavaletes ocupavam muito espaço na linha de montagem, atrapalhando a movimentação dos materiais, equipamentos e dispositivos. Além disso, o cavalete não tinha altura suficiente para fixação do perfil (diferença de 50 a 70cm do cavalete até a LLI), exigindo dos colaboradores muito esforço físico. Enquanto a LLI era cortada, os 4 colaboradores precisavam ficar aguardando para posicionar a longarina entre os quadros.</p>	

	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Foram fabricados dispositivos para fixar nas travessas do chassi, permitindo o posicionamento da longarina por 2 colaboradores.</p> <p>O dispositivo mantém a peça na altura em que a peça será posicionada, não ocupa espaço no chão da linha de montagem e não impede a movimentação de materiais, equipamentos e dispositivos.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Agilizou-se a operação de montagem da LLI; - Reduziu-se o esforço físico dos colaboradores; - Eliminou-se dois colaboradores da operação; - Possibilitou-se a movimentação de materiais, equipamentos e dispositivos nos corredores da linha de montagem. 	

Fonte: Empresa caso de estudo

Quadro D.16 - Nivelamento do semirreboque

	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>A operação de nivelamento era realizada elevando-se o semirreboque com um macaco hidráulico, e soldava-se escoras metálicas. Após a finalização da montagem da estrutura metálica, as</p>
---	--

	<p>escoras eram cortadas, e a solda restante era esmerilhada e lixada.</p> <p>O mesmo processo se repetia no revestimento externo, porém calços e cunhas de madeira eram utilizadas para nivelar. Quando não se encontrava calços no tamanho ou na quantidade necessária, era necessário cortar novos calços, gerando mais desperdícios.</p> <p>Tempo de nivelamento: 44:51 min.</p>
	<p><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Foram desenvolvidos niveladores com regulagem que se adaptam no tirante inferior ou nas travessas do chassi para facilitar o nivelamento.</p> <p>Tempo de nivelamento: 21:39 min.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Reduziu-se um colaborador da operação de nivelamento; - Eliminou-se retrabalhos de solda, lixamento e pintura do chassi; - Eliminou-se a utilização de macacos hidráulicos; - Eliminou-se o tempo de preparação do aparelho de solda; - Dispositivo de fácil manuseio; - Eliminou-se a utilização, procura e fabricação de calços e cunhas de madeira; - Reduziu-se o esforço físico dos colaboradores; - Aumentou-se a qualidade da operação; - Padronizou-se o processo; - Reduziu-se o risco de acidentes; - Reduziu-se o custo de materiais secundários; - Reduziu-se o nivelamento em 23:12 minutos, representando uma redução de 51,73%. 	

Quadro D.17 - Montagem do quadro da porta lateral

	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>O quadro da porta lateral era soldado em peças, uma de cada vez na estrutura do semirreboque. Isso gerava atrasos na linha de montagem, pois o QPL (quadro da porta lateral) só pode ser iniciado depois que todas as colunas estiverem rebitadas.</p> <p>Tempo de soldagem do QPL: 120:00 min.</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Foi desenvolvido um gabarito de metal para montagem do quadro da porta lateral fora da linha de montagem.</p> <p>O QPL pode ser montado antecipadamente, como é feito com os quadros traseiro e dianteiro.</p> <p>O gabarito se orienta pela furação das longarinas, garantindo o alinhamento da furação das colunas.</p> <p>As duas peças de cima são móveis, permitindo a montagem de qualquer tamanho de porta lateral.</p> <p>Tempo de montagem do QPL no gabarito: 45:00 min. (tempo fora da linha de montagem).</p> <p>Tempo de montagem do QPL na estrutura metálica: 10:00 min.</p>



Resultados alcançados

- Agilizou-se o tempo de soldagem do QPL na linha de montagem 110:00 min, reduzindo em 91,67%;
- Reduziu-se o *lead time* do produto na linha de montagem, possibilitando aumentar a produção;
- Garante a posição e o alinhamento das peças;
- Melhorou-se a ergonomia do colaborador que realiza a soldagem do QPL.

Fonte: Empresa caso de estudo

Quadro D.18 - Esquadrejamento da estrutura metálica

	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>Faltava um dispositivo para posicionar a corrente utilizada no esquadrejamento da estrutura metálica.</p> <p>Era utilizado um sargento fixado no perfil do QT, que danificava a pintura da peça, não era seguro e quebrava com frequência.</p>
 	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Foi desenvolvido um dispositivo para prender no perfil sem necessitar de fixação, e revestido internamente com borracha para proteger a pintura do QT.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Melhorou-se o processo de esquadrejamento da estrutura metálica; - Eliminou-se a quebra frequente de sargentos; - Aumentou-se a segurança dos colaboradores envolvidos na operação; - Eliminou-se o retrabalho de lixar e pintar o perfil do QT danificado pelo sargento; - Dispositivo de engate rápido e de fácil manuseio. 	

Fonte: Empresa caso de estudo

Quadro D.19 - Andaimes internos para revestimento

	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>No revestimento externo e interno era necessário montar andaimes internos no semirreboque. Para isso, era preciso transportar e montar os cavaletes de madeira e tábuas em cada processo e depois desmontar.</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Foram desenvolvidos andaimes suspensos que podem ser fixados nas barras de ferro. São necessários 5 tubos e chapas de compensado para montar os andaimes.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Eliminou-se o transporte de 20 cavaletes e 15 tábuas em cada processo (revestimento externo e interno); - Reduziu-se o esforço físico dos colaboradores; - Reduziu-se a distância percorrida pelos colaboradores; - Agilizou-se a montagem dos andaimes internos; - Agilizou-se a preparação do box de montagem. 	

Fonte: Empresa caso de estudo

Quadro D.20 - Instalação das lanternas nas portas traseiras

 	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>Com uma furadeira eram executados diversos furos para realizar o recorte da chapa onde seria instalada a lanterna na parte superior da porta traseira.</p> <p>Após o corte da chapa, uma lima era utilizada para retirar as rebarbas.</p> <p>A lanterna era embutida na porta e fixada com rebites.</p> <p>Além disso, a lanterna era composta de 4 peças, sendo o corpo da lanterna fabricado internamente. Essas peças precisavam ser montadas pelo colaborador.</p> <p>Tempo de instalação da lanterna/porta: 23:36 min</p> <p>Tempo total: 47:12 min</p> <p>Custo da MO: R\$ 12,80</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Testes de abertura das portas foram realizados e as lanternas embutidas foram substituídas por lanternas de sobrepor de LED.</p> <p>Tempo de instalação da lanterna/porta: 15:28 min.</p> <p>Tempo total: 30:56 min.</p> <p>Custo da MO: R\$ 8,00</p>
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Melhorou-se a qualidade da operação e o acabamento final da montagem; - Eliminou-se a fabricação do corpo da lanterna e, conseqüentemente, o custo de alrear a prensa adaptando-se a operação às exigências da NR 12; - Aumentou-se a qualidade do produto oferecido ao cliente; 	

- Incluiu-se um diferencial moderno ao semirreboque;
- Reduziu-se o tempo de instalação da lanterna em 16:16 minutos, representando uma redução de 34,46%;
- Reduziu-se o custo de mão-de-obra em R\$ 4,80, correspondendo a uma redução de 37,5%.

Fonte: Empresa caso de estudo

Quadro D.21 - Teste de funcionamento do sistema elétrico do semirreboque

	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>O teste do sistema elétrico do semirreboque era realizado com um carregador de bateria, ligando um cabo elétrico em cada um dos pinos do engate elétrico. Porém, com este método é difícil identificar e localizar um curto circuito.</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Foi montado um painel para teste de lâmpadas individualmente, evitando que sejam instaladas lâmpadas que não estejam funcionando.</p> <p>Além disso, o painel simula um veículo trator com pisca, meia luz, freios e luz de ré. É possível testar a instalação de cada lâmpada e de todo o sistema. Quando existe um curto circuito, o disjuntor desarma e acende uma luz de alerta, indicando o curto.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Operação padronizada; - Melhorou-se a qualidade do processo; - Agilizou-se a operação de verificação do sistema elétrico; - Facilitou-se a identificação de curtos circuitos. 	

Fonte: Empresa caso de estudo

Quadro D.22 - Organização dos materiais e ambientes fabris

	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>Os materiais eram estocados de qualquer forma e sem identificação. Não existia marcação de corredores, setores e espaços para estocagem de materiais. Era difícil a limpeza do ambiente, causando o acúmulo de sujeira, restos de materiais e materiais sem utilidade.</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Com a implantação do conceito 5S na empresa, foi possível limpar a planta industrial e o pátio da empresa, descartar materiais que não seriam mais utilizados e identificar os locais e materiais utilizados. O ambiente ficou limpo, organizado e fácil para encontrar os materiais e equipamentos necessários.</p>



Resultados alcançados

- Eliminaram-se materiais desnecessários;
- Organizou-se e identificaram-se os materiais, equipamentos, dispositivos, ferramentas e áreas da linha de montagem, estocagem e circulação;
- Facilitou-se a identificação dos materiais e ferramentas;
- Aumentou-se o espaço disponível na linha de montagem e estocagem;
- Ambiente mais limpo;
- Mais espaço para os produtos acabados no pátio.

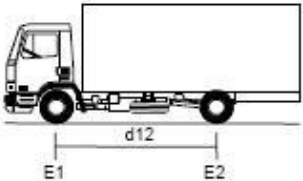
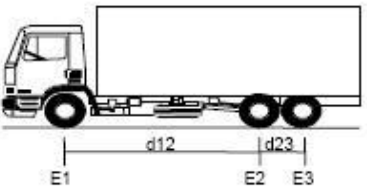
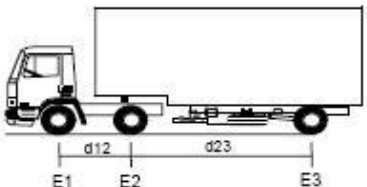
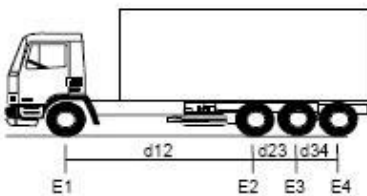
Fonte: Empresa caso de estudo

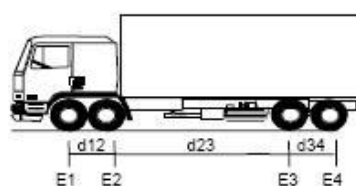
Quadro D.23 - Dispositivos de transporte de peças

	<p style="text-align: center;"><u>Método atual</u></p> <p>Os materiais eram transportados empilhados e em caixas, todos misturados, dificultando seu carregamento e descarregamento no caminhão e posterior procura no estoque.</p>
	<p style="text-align: center;"><u>Melhoria implementada</u></p> <p>Foram desenvolvidos oito dispositivos para o transporte de peças e subconjuntos da matriz para a filial:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Longarinas laterais inferior e superior; - Colunas; - Vigas teto; - Quadro traseiro e dianteiro; - Quadro da porta lateral; - Chapa de revestimento; - Assoalho de madeira; - Portas.
<p style="text-align: center;"><u>Resultados alcançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Agilizou-se o transporte e descarregamento de materiais; - Facilitou-se o carregamento do caminhão; - Facilitou-se a retirada de materiais para determinado pedido; - Material organizado, bem identificado e de fácil movimentação; - Eliminaram-se desperdícios de descarregar peça por peça do caminhão; - Eliminou-se o desperdício de precisar movimentar peças de outros pedidos para ter acesso ao pedido desejado, por estarem empilhados. 	

Fonte: Empresa caso de estudo

10 ANEXO A – LIMITES DE COMPRIMENTO, PBT E PBTC PARA CADA COMBINAÇÃO DE VEÍCULO

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT / CMT MÁX. (t)	CARACTERIZAÇÃO
	2	16 (16,8)	CAMINHÃO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton ou a capacidade declarada pelo fabricante do pneumático. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. $d12 \leq 3,50$ m
	3	23 (24,2)	CAMINHÃO TRUCADO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. $d12 > 2,40$ m $1,20 < d23 \leq 2,40$ m
	3	26 (27,3)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. $d12, d23 > 2,40$ m
	4	31,5 (33,1)	CAMINHÃO SIMPLES E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3E4 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. $d12 > 2,40$ m $1,20 < d23, d34 \leq 2,40$ m

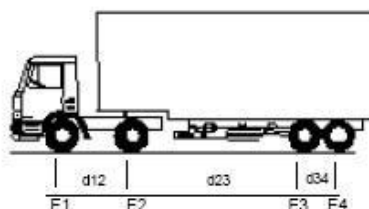


4

29 (30,5)

CAMINHÃO DUPLO DIRECIONAL TRUCADO

E1E2 = conjunto de eixos direcionais; carga máxima 12 ton.
E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton.
 $1,20\text{ m} < d34 \leq 2,40\text{ m}$

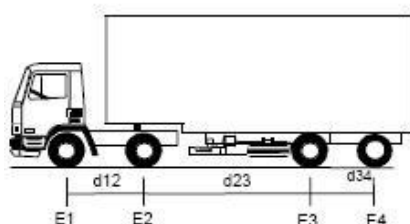


4

33 (34,7)

CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE

E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton.
E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton.
E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton.
 $d12, d23 > 2,40\text{ m}$
 $1,20\text{ m} < d34 \leq 2,40\text{ m}$

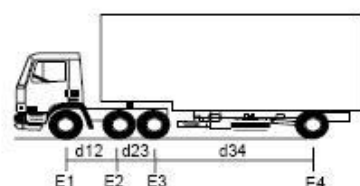


4

36 (37,8)

CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE

E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton.
E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton.
E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton.
E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton.
 $d12, d23, d34 > 2,40\text{ m}$

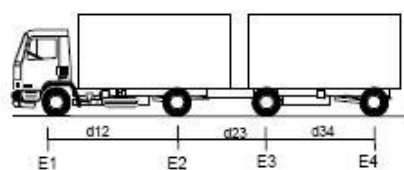
SILHUETA


4

33 (34,7)

CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE

E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton.
E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton.
E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton.
 $d12, d34 > 2,40\text{ m}$
 $1,20\text{ m} < d23 \leq 2,40\text{ m}$

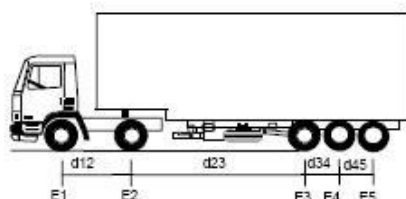


4

36 (37,8)

CAMINHÃO + REBOQUE

E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton.
E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton.
E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton.
E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton.
 $d12, d23, d34 > 2,40\text{ m}$



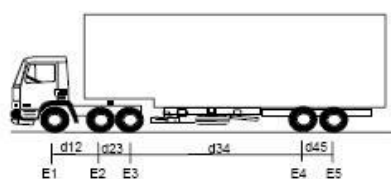
5

41,5 (43,6)

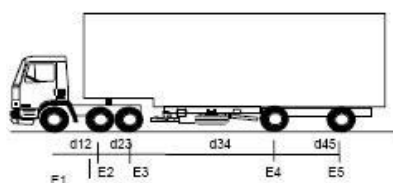
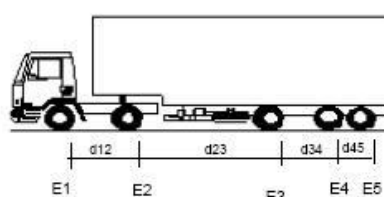
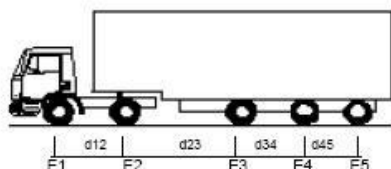
CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE

E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton.
E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton.
E3E4E5 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton.
 $d12, d23 > 2,40\text{ m}$
 $1,20\text{ m} < d34, d45 \leq 2,40\text{ m}$

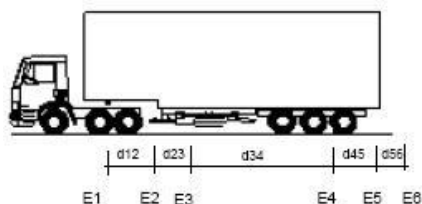
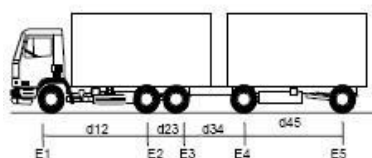
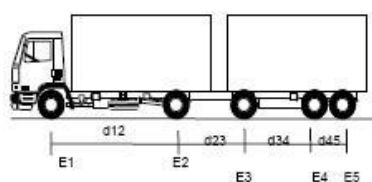
Nº DE EIXOS	PBT / CMT MÁX. (t)	CARACTERIZAÇÃO
4	33 (34,7)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. $d12, d34 > 2,40\text{ m}$ $1,20\text{ m} < d23 \leq 2,40\text{ m}$
4	36 (37,8)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. $d12, d23, d34 > 2,40\text{ m}$
5	41,5 (43,6)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3E4E5 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. $d12, d23 > 2,40\text{ m}$ $1,20\text{ m} < d34, d45 \leq 2,40\text{ m}$



5	40 (42)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45 ≤ 2,40 m
5	46 (48,30) Res. Contran 184/2005 desde que atenda o critério do comprimento	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d23, d34, d45 > 2,40 m
5	43 (45,2)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d23, d34 > 2,40 m 1,20 m < d45 ≤ 2,40 m
5	43 (45,2)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d34, d45 > 2,40 m 1,20 m < d23 ≤ 2,40 m



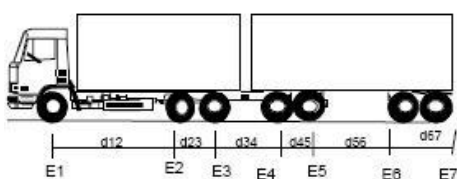
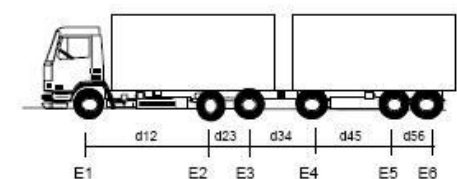
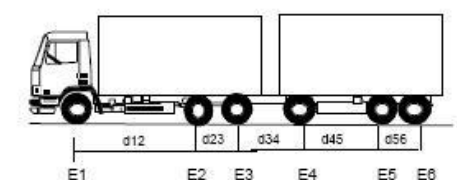
SILHUETA



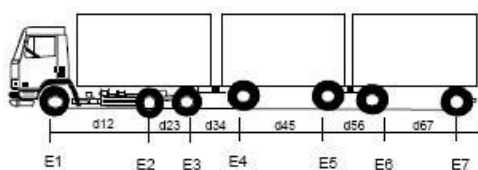
Nº DE EIXOS	PBT / CMT MÁX. (t)	CARACTERIZAÇÃO
5	43 (45,2)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10,0 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10,0 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d23, d34 > 2,40 m 1,20 m < d45 ≤ 2,40
5	43 (45,2)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10,0 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10,0 ton. d12, d34, d45 > 2,40 m 1,20 m < d23 < 2,40
6	48,5 (50,93) Res. Contran 184/2005 desde que atenda o critério do comprimento	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO+ SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5E6 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. d12, d34 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d56 ≤ 2,40 m

	6	53 (55,65) Res. Contran 184/2005 desde que atenda o critério do comprimento	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO+ SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E6 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d34, d45, d56 > 2,40 m 1,20 m < d23 ≤ 2,40 m
	6	50 (52,5) Res. Contran 184/2005 desde que atenda o critério do comprimento	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d45, > 2,40 m 1,20 m < d23, d56 ≤ 2,40 m
	7	57 (59,9) Res. Contran 184/2005 desde que atenda o critério do comprimento	BI TREM ARTICULADO (caminhão trator trucado + dois semi reboques) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d56 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d67 < 2,40 m

SILHUETA



Nº DE EIXOS	PBT / CMT MÁX. (t)	CARACTERIZAÇÃO
6	50 (52,5)	CAMINHÃO TRUCADO REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d45 > 2,40 m 1,20 m < d23, d56 < 2,40 m
6	50 (52,5)	ROMEU E JULIETA (caminhão trucado + reboque) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E5E6 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d45 > 2,40 m 1,20 m < d23, d56 < 2,40 m
7	57 (59,9)	ROMEU E JULIETA (caminhão trucado + reboque) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d56 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d67 < 2,40 m

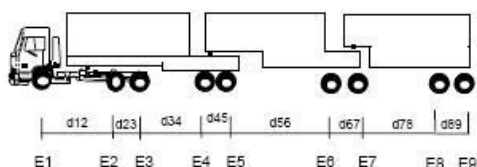


7

63 (66,2)

TREMINHÃO (caminhão trucado dois reboques)

E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton.
 E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton.
 E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton.
 E5 = eixo duplo; carga máxima 10 ton.
 E6 = eixo duplo; carga máxima 10 ton.
 E7 = eixo duplo; carga máxima 10 ton.
 d12, d34, d56, d67 > 2,40 m
 1,20 m < d23 < 2,40 m

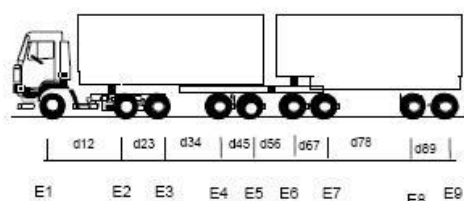


9

74 (77,7)

TRI TREM (caminhão trator trucado + três semi reboques)

E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton.
 E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton.
 E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton.
 E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton.
 E8E9 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton.
 d12, d34, d56, d78 > 2,40 m
 1,20 m < d23, d45, d67, d89 ≤ 2,40 m

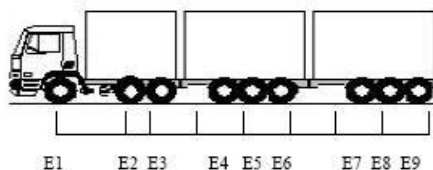
SILHUETA

9

74 (77,7)

RODOTREM (caminhão trator trucado + dois semi reboques com dolly)

E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton.
 E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton.
 E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton.
 E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton.
 E8E9 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton.
 d12, d34, d56, d78 > 2,40 m
 1,20 m < d23, d45, d67, d89 ≤ 2,40 m

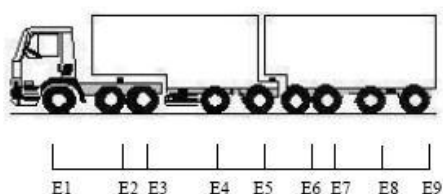


9

74(77,7)

TREMINHÃO DE 9 EIXOS(caminhão trucado + dois reboques)

E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton.
 E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton.
 E4E5E6 = eixo triplo; carga máxima 25,5 ton.
 E7E8E9 = eixo triplo; carga máxima 25,5 ton.



9

80(84)

ROMEU E JULIETA DE 9 EIXOS(caminhão trucado reboque)

E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton.
 E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton.
 E4 = eixo simples; carga máxima 10 ton.
 E5 = eixo simples; carga máxima 10 ton.
 E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton.
 E8 = eixo simples; carga máxima 10 ton.
 E9 = eixo simples; carga máxima 10 ton.

>45

NECESSITA AET