APLICAÇÃO MAPA DE FLUXO DE VALOR EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE REBOQUES E SEMIRREBOQUES DO OESTE DE SANTA

Rosalva Dalcin[1]
Marcel Belusso[2]

RESUMO

As empresas buscam, cada vez mais, desenvolver estratégias para manterem-se competitivas no mercado em que atuam. Neste contexto, elas implementam ferramentas para eliminar os desperdícios do seu processo produtivo, as quais integram o sistema de produção *lean*, na busca de melhores resultados. Desta forma, este estudo apresentou como objetivo geral utilizar a metodologia de Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), identificar os desperdícios na linha e propor um novo balanceamento, em um sistema produtivo de montagens em linha de painéis laterais e frontais linha leve para reboques e semirreboques. Quanto a metodologia, a pesquisa classifica-se, de natureza exploratória que tem com objetivo de tornar familiaridade com estudo de caso e a técnica de análise e interpretação de dados é de forma qualitativa. Como resultados apresenta-se o Mapeamento do Fluxo de Valor para identificar as atividades que agregam valor ou não para o processo. Para uma maior produtividade e redução dos desperdícios na linha, foram propostas algumas das técnicas, ferramentas e práticas adotadas pelo sistema *Lean Manufacturing* para elaboração do Mapeamento de Fluxo de valor (MFV) futuro.

Palavras-chave: Mapa de fluxo de valor. Desperdícios. Balanceamento de linha.

1 INTRODUÇÃO

Womack e Jones em 1996 dois grandes analistas de renome internacional lançaram um livro gestão de negócios do século XXI, onde a designação "*Lean Thinking* (mentalidade enxuta)" é falada pela primeira vez, baseado no sistema enxuto da Toyota, que associa excelência operacional com estratégias de gerar crescimento e reduzir desperdícios nos processos produtivos.

Perante o exposto, um engenheiro de produção atua visando a redução de desperdícios da produção, além de visar a qualidade dos produtos. Para Moutinho (2012), o desperdício consome recurso e tempo, levando a um elevado custo dos produtos disponibilizados.

Segundo Womack e Jones (1996), o desperdício é qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não criam valor: erros que exigem retificação, etapas que não são necessárias, movimentação de funcionários e mercadorias de um lugar para outro sem um

[1] UCEFF Faculdades. Acadêmica do Curso de Engenharia de produção. E-mail: rosalvadalcin@gmail.com
[2] UCEFF Faculdades. Engenheiro Mecânico. E-mail: Marcel.belusso@uceff.edu.br.

propósito, grupos de pessoas que ficam esperando na atividade posterior porque a atividade anterior não foi realizada no prazo.

É nesta base que foi realizado um estudo em uma das maiores empresas fabricante de reboques e semirreboques da América Latina localizada no oeste de santa Catarina, que produz diferentes tipos de equipamentos do transporte rodoviário. Porém, o estudo detém – se na linha de produção de painéis laterais, frontais linha leve, onde também são produzidos painéis frontais da linha pesada também.

No inicio do ano de dois mil e dezenove (2019), a produção de kits (linha leve) teve uma mudança de sistema puxado de produção para empurrado, determinado a partir do comportamento de mercado de anos anteriores. Esta mudança no sistema de produção abrange também a linha de painéis. Após, está mudança vem ocorrendo atrasos de produção, pessoas paradas esperando o processo anterior, ou superprodução e um único centro, realocação constante de operadores para outros centros da linha pesada sem um balanceamento de linha. Diante disso, elabora-se a seguinte pergunta de estudo: **Como as ferramentas *lean:* Mapa de fluxo de valor e balanceamento de linha podem contribuir para reduzir os desperdícios?**

O estudo objetiva propor a utilização da ferramenta Mapeamento de Fluxo de valor (MFV) e um novo balanceamento de linha visando reduzir os desperdícios na linha de fabricação de painéis laterais e frontais linha leve. Tem como objetivos específicos identificar as causas dos desperdícios no processo de fabricação, realizar o mapeamento de fluxo de valor atual e futuro e propor um novo balanceamento de linha.

O balanceamento de linha é um dos pilares do Sistema Toyota de produção. Seu objetivo é fazer um processo produzir da mesma forma que o processo procedente, mantendo um mesmo ritmo, com trabalhadores e equipamentos em quantidades e tempos certos para atender a demanda (SHINGO, 1996).

Um Mapa de fluxo de valor (MFV), segundo Rothere e Shook (2012) é um processo de observação do fluxo de atividades, informações, material e processo especificando uma família de produto a fim de documentar o desempenho em cada etapa agregando ou não valor ao produto desde a matéria – prima até o braço do consumidor final levando em conta todo processo produtivo.

Portanto, este estudo justifica-se pela necessidade de propor a implementação desta ferramenta (MFV), visando melhorar o conhecimento de cada etapa de seu processo produtivo inicialmente, além de auxiliar na de redução de desperdícios, fazer o balanceamento de linha conforme a demanda de produção, agregando maior valor ao produto final.

2 SISTEMA *LEAN* DE PRODUÇÃO

As primeiras práticas de produção *lean* foram desenvolvidas no Japão, iniciando com a primeira guerra mundial e ganhando mais força com a segunda guerra mundial na indústria do automóvel, pela Toyota e os precursores que deram forma a estes métodos de pensamento e produção foram Eiiji Toyoda e o grande mestre Taiichi Onho.

Além disso, o Japão caracteriza - se sobre grande escassez de recursos naturais, importação de grandes quantidades de produtos, alimentos e matéria – prima. Em comparação aos países europeus e americanos possui grandes desvantagens em termos de custos de matéria – prima. Para superar este obstáculo, é essencial que as indústrias concentrem todos os esforços em produzir bens de melhor qualidade, com maior valor agregado, baixos custos de produção eliminação de desperdícios no processo (SHIMOKAWA e FUJIMOTO, 2011).

As fábricas que utilizam sistema *lean* tem uma semelhança com sistema Ford devido ambas operarem por linha de produção, em sincronia. Mas, seu elemento mais significativo é o sistema de produção *just-in-time* que rejeita grandes desperdícios inerentes à abordagem desenvolvida por Henry Ford (SHIMOKAWA e FUJIMOTO, 2011).

Para Ohno (1977), o desperdício é categorizado em sete tipos diferentes: Desperdício de superprodução; Desperdício de tempo disponível (espera); Desperdício em transporte; Desperdício do processamento em si; Desperdício de estoque disponível (estoque); Desperdício de movimento; Desperdício de produzir produtos defeituosos. A eliminação desses desperdícios aumentam a eficiência de operação por uma ampla margem.

A produção *lean* se espalhou para o mundo inteiro e posteriormente é utilizada em diferentes tipos de indústrias (MOUTINHO, 2012). Dennis (2008) afirma que o Sistema *lean* é representado por uma casa: A base que representa o sistema é a estabilidade e a padronização; As paredes são a entrega de peças e produtos *Just-in-time* e *jidoka*; A meta (telhado) é o foco no cliente; O coração do sistema é o envolvimento de toda equipe.

2.1 FERRAMENTAS *LEAN* ESTUDADAS

O *Lean* tem várias ferramentas a sua disposição, contudo, as estudadas neste trabalho são: Mapa de Fluxo de valor (MFV) e Balanceamento da linha. As ferramentas mencionadas irão ser explicadas quanto ao seu conteúdo e a finalidade a que se propõem.

2.2 BALANCEAMENTOS DE LINHA

O balanceamento de linha é um dos pilares do Sistema Toyota de produção (SHINGO,1996). Para Aguiar et al (2007), consiste na atribuição de tarefas às estações de trabalho que formam a linha, de forma que todas as estações demandem aproximadamente o mesmo tempo para a execução das tarefas a elas destinadas, o trabalho "escorre" de uma estação para outra.

O balanceamento de linha tem como método de dimensionamento de capacidade de produção, permite obter melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, também necessário devido a ocorrências de mudanças no processo como alterações de componentes, inclusão e exclusão de novas operações e taxa de produção. Os objetivos da análise da linha de produção são: Determinar quantas estações de trabalho deve ter e quais tarefas atribuir a cada estação, minimizar a quantidade de trabalhadores e máquinas utilizadas e fornecer a quantidade necessária de capacidade (NEUMAN e SCALE, 2015).

Para calcular o balanceamento de linha é necessário o tempo *Takt*, tempo de ciclo, número de operadores em seguida verificar a eficiência do balanceamento distribuído os centros de trabalho.

Para o tempo *takt* divide-se o tempo disponível de trabalho por turno (em segundos) pelo volume da demanda do cliente (em unidades) por turno (ROTHER e SHOOK, 2012).

$$\textbf{Tempo } \textbf{\textit{takt}} = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{Demanda do cliente por turno}}$$

O tempo de clico é o tempo necessário para a execução de uma peça, ou seja, o tempo transcorrido entre a repetição do início ao fim da operação obtido através de cronoanálise.

Para cálculo de número de operadores é necessário somar o tempo total de trabalho (tempo de ciclo) pôr o tempo de *takt* (ROTHER e SHOOK, 2012).

$$\textbf{Número de operadores} = \frac{\text{Tempo de ciclo}}{\text{Tempo de } takt}$$

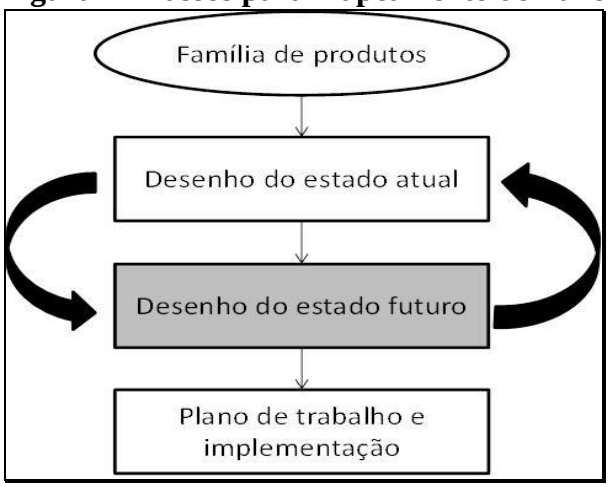
2.3 MAPA DE FLUXO DE VALOR

O mapeamento de fluxo de valor (MFV) é uma ferramenta qualitativa de produção enxuta com objetivo de eliminar os desperdícios, que em muitos processos chega a sessenta por cento (60%). O mapeamento de fluxo de valor cria um mapa visual de cada processo envolvido no fluxo de materiais e informações na cadeia de valores de um produto abraçando a cadeia inteira, do recebimento de matéria-prima até a entrega ao cliente final (KRAJEWKI et al, 2009).

O MFV ajuda a identificar os desperdícios e mapear as fontes, estoques em processos, identificar o *lead time* do produto, fornece uma linguagem comum para tratar todos os processos de manufatura, mostra a relação entre o fluxo de informação e materiais (ROTHER e SHOOK, 2012).

Para a elaboração do mapeamento do fluxo de valor, Rother e Shook (2012) desenvolveram um manual prático que estabelece uma sequência lógica de etapas. A metodologia de mapeamento é composta por quatro etapas básicas: (1) seleção de uma família de produtos, (2) mapeamento do estado atual, (3) mapeamento do estado futuro, (4) plano de trabalho e implementação. Seguem os passos para mapeamento mostrados na Figura 1

Figura 1 - Passos para mapeamento de fluxo de valor



Fonte: (ROTHER; SHOOK, 2012).

Antes de começar a desenhar o mapa de fluxo de valor é necessário definir uma família de produto. Mapear o fluxo de valor significa andar pela fábrica e desenhar as etapas de processamento (materiais e informações) desta família. É necessário identificar os produtos a partir de seu público consumidor no fluxo de valor. De forma geral você segue as etapas de

seleção da família de produtos, define uma pessoa para liderar o esforço de mapear, começa pelo nível porta a porta e por fim considera ambos fluxos de materiais e de informações (ROTHER e SHOOK, 1999). Feito isso, o passo a seguir é desenhar o mapa do estado atual.

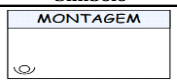
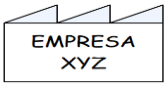
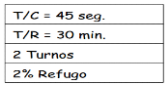
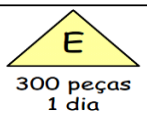
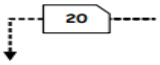
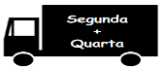
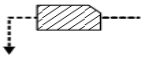
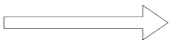
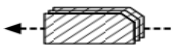
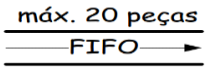
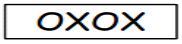
Para desenhar o estado atual é feito a partir da coleta de dados de informações no chão de fábrica. Ao referir-se ao fluxo de produção, o movimento do material dentro da fábrica é o fluxo que vem a mente. Mas, há outro fluxo – o de informações – que remete a cada processo, o que fabricar ou fazer em seguida. Deve-se, mapear ambos. Pois, na produção *lean*, o fluxo de informações deve ser tratado com tanta importância quanto fluxo de materiais. Esta coleta fornece a informação necessária para desenvolver um estado futuro (ROTHER e SHOOK, 2012).

O desenvolvimento do estado atual e futuro são esforços superpostos. A elaboração do mapa do estado futuro fornece informações a respeito do estado atual que não haviam sido percebidas e a elaboração do estado atual auxilia na visualização de um estado futuro. O próximo passo é elaborar um plano de implementação para alcançar o estado futuro. E, assim que o estado futuro é alcançado, um novo mapa do estado futuro deve ser elaborado, estabelecendo a melhoria contínua no nível do fluxo de valor (ROTHER e SHOOK, 2012).

As informações para desenhar os fluxos de materiais e informações podem ser reunidas a partir dos trabalhadores, inclusive dados voltados a cada processo: tempo de ciclo (T/C), tempo de setup (TR); números de pessoas requeridas no processo, taxa de resíduos, turno de trabalho, Tempo de agregação de valor (TAV), Tempo de não agregação de valor (TNAV), tempo que uma peça leva para se mover ao longo de todo um processo (*lead time:* L/T) (KRAJEWSKI et al, 2009).

Para mapear os fluxos e ter um bom entendimento do MFV utilizam-se ícones e símbolos padronizados para mapear os estados, atual e futuro. Estes se dividem em três categorias: Fluxo de material, fluxo de informação e ícones gerais, conforme apresentado no Quadros 1:

Quadro 1- Ícones de fluxo de matérias e informações

Ícones do Fluxo de Materiais			Ícones do Fluxo de informações		
Símbolo	**Nome**	**Função**	**Símbolo**	**Nome**	**Função**
	Processo	Demonstrar os processos existentes		Fluxo de informação manual	Indicar o fluxo de informação manual.
	Fontes externas	Representar clientes e fornecedores.		Fluxo de informação eletrônica	Indicar o fluxo de informação eletrônica.
	Caixa de dados	Registrar os dados de um processo.		Informação	Descrever um fluxo de informação.
	Estoque	Demonstrar a quantidade e o tempo de cobertura de estoque.		Kanban de produção	Dar permissão a um processo de quanto e o que produzir.
	Entregas	Indicar a frequência das entregas.		Kanban de retirada	Dar permissão de quanto e o que pode ser retirado.
	Movimento de material empurrado	Representar o movimento de materiais na produção empurrada		Kanban de sinalização	Indicar quando o ponto de reposição é alcançado em kanbans por lote.
	Movimento de produtos acabados e de matéria-prima	Representar o movimento de materiais do fornecedor ou para o cliente.		Bola para puxada sequenciada	Dar permissão para produzir uma quantidade de tipos pré-determinados (sistema sem supermercados).
	Supermercado	Representar um estoque controlado de peças usado para puxar a produção.		Posto de kanban	Representar o local onde o kanban é coletado e mantido para transferência.
	Retirada	Indicar materiais sendo puxados, geralmente de um supermercado.		Kanban em lotes	Representar o kanban chegando em lotes.
	Fluxo sequencial (primeiro a entrar, primeiro a sair)	Representar a transferência sequencial de quantidades controladas.		Nivelamento de carga	Identificar o procedimento para nivelar o mix e o volume de kanbans (heijunka).
	Linha do tempo	Registrar o lead time de produção e os tempos de processamento.		Verificar (programação "vá ver")	Indicar a necessidade de verificar os níveis de estoque para ajustar a programação.

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003).

No Quadro 2 é apresentado os ícones gerais de mapeamento. Estes ícones fornecem uma linguagem comum para descrever detalhes como uma linha de produção ou instalação deve operar para criar um fluxo melhor (KRAJEWSKI et al, 2009).

Quadro 2 - Ícones gerais de mapeamento

Ícones Gerais		
Símbolo	**Nome**	**Função**
	Necessidade de melhoria (kaizen)	Indicar a necessidade de melhoria em processos específicos para se atingir o fluxo desejado.
	Estoque de segurança ou pulmão	Identificar possíveis estoques de segurança.
	Operador	Representar um operador no seu local de trabalho.

Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003).

No MFV atual apenas descreve o tempo real da produção no momento da coleta de dados, quantos operadores por centro de trabalho, tempo de fabricação, estoques uma vez desenhado o atual os analistas podem usar os princípios de produção enxuta, como nivelamento de cargas cartões *kanban*, agendamento puxado etc. para criar um MFV futuro com objetivo de eliminar os desperdícios e melhorar o processo (KRAJEWSKI et al, 2009).

3 METODOLOGIA

A presente proposta neste trabalho baseia-se no método dedutivo, que segundo Figueiredo et al, 2012), a conclusão sempre resultará em várias premissas que fazem parte da lógica e matemática. A natureza da pesquisa foi exploratória com um delineamento bibliográfico, o qual se utiliza como embasamento metodológicos para análise de desperdícios em uma linha de produção e balanceamento da mesma, através do mapeamento de fluxo de valor atual e futuro através de um estudo de campo.

O estudo de campo em questão foi elaborado em uma fábrica reboques e semirreboques do oeste de Santa Catarina em específico na linha de montagens de painéis laterais e frontais linha leve e painéis frontais linha pesada. Para a obtenção dos dados do trabalho foi realizada por meio da observação (durante quatro (4) dias) para montar o MFV atual para coletar os dados do mix de produtos fabricados na linha (painéis laterais direito, esquerdo e frontal linha leve e painel frontais linha pesada). Juntamente com a observação foi realizada a cronometragem dos tempos de ciclo, tempo de *setup*, tempo de agregação de valor, tempo de não agregação de valor. Além disso, foram levantados os dados de disponibilidade dos equipamentos e o número de operadores por processo.

Outra fonte de dados utilizada nesse estudo foi a observação direta de registros de produção e indireta de análise dos documentos corporativos da empresa, como procedimentos corporativos da empresa. Estas análises proporcionaram um entendimento maior dos procedimentos, métodos, ferramentas e técnicas utilizadas pelos operadores na fabricação de painéis. Com base nos dados coletados foi possível elaborar o mapa do estado atual do processo, posteriormente, realização do balanceamento de forma quantitativo **e** o mapa do estado futuro.

Através da análise do estado atual foi possível enxergar alguns desperdícios que ocorrem em cada processo. Assim, possibilitou a elaboração do mapa do estado futuro, com a proposta de implementação de práticas *lean* visando a redução e a eliminação desses desperdícios, bem como um novo balanceamento de linha para atender a demanda do mercado.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

O estudo objetiva propor utilização da ferramenta Mapa de Fluxo de Valor (MFV) e um novo balanceamento de linha visando reduzir os desperdícios na linha de fabricação de pré-montagem painéis laterais e frontais linha leve e painéis frontais linha pesada. Tem como objetivos específicos identificar as causas dos desperdícios no processo de fabricação, realizar o mapeamento de fluxo de valor atual e futuro e propor um novo balanceamento de linha para atingir a demanda programada de 24 painéis/ dia.

O processo de fabricação de painéis é basicamente composto por cinco etapas: Pré – montagem (furação de revestimentos e colunas (dobradeira I e II e mesa I – gabarito de montagem), rebitagem e pré-montagem (dobradeira III), rebitagem dos perfis (superior e inferior), acabamento e rebitagem do pé de coluna. Conforme apresentada na Figura 2

Figura 2 – Etapas de montagem dos painéis

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

O processo se inicia com operador recebendo a ordem de produção do PCP informando a demanda do dia. Na sequência requisita aos processos de estamparia (corte de

chapas, perfis e colunas cartolas) as matérias-primas. Após o recebimento é realizado na dobradeira I e II os furos nas chapas e nas cartolas e pré-montagem do gabarito (mesa I) para seguir até a dobradeira III.

No segundo processo (rebitagem e pré-montagem) é a etapa de corte dos perfis laterais, aplicação de selante e união nas chapas (dobradeira III). No terceiro processo (rebitagem de perfis) é realizada a montagem dos perfis superiores e inferiores dando forma aos painéis. No quarto processo ocorre o acabamento: Aplicação de selante entre chapas e perfis para vedação. No quinto e última etapa acontece a rebitagem do pé de coluna e limpeza dando origem aos painéis frontais e laterais, na sequência é enviado para armazenagem finalizando o processo de fabricação. Após a montagem é necessário efetuar o apontamento da ordem de produção no sistema, gerando saldo para comercialização e indicadores de produção.

4.1 ESCOLHA DA FAMÍLIA DE PRODUTOS

Seguindo a metodologia de aplicação do MFV, a primeira etapa realizada foi à escolha das famílias de produtos. A indústria de carrocerias de reboque semirreboques da empresa estudada apresenta uma variabilidade de modelos e produtos conforme a aplicação. Então, o estudo delimitou-se apenas para as pré-montagens de painéis laterais linha leve e painéis frontais linha leve e linha pesada furgão carga geral. Basicamente para estas duas famílias os processos são iguais, o que diferencia são os tamanhos.

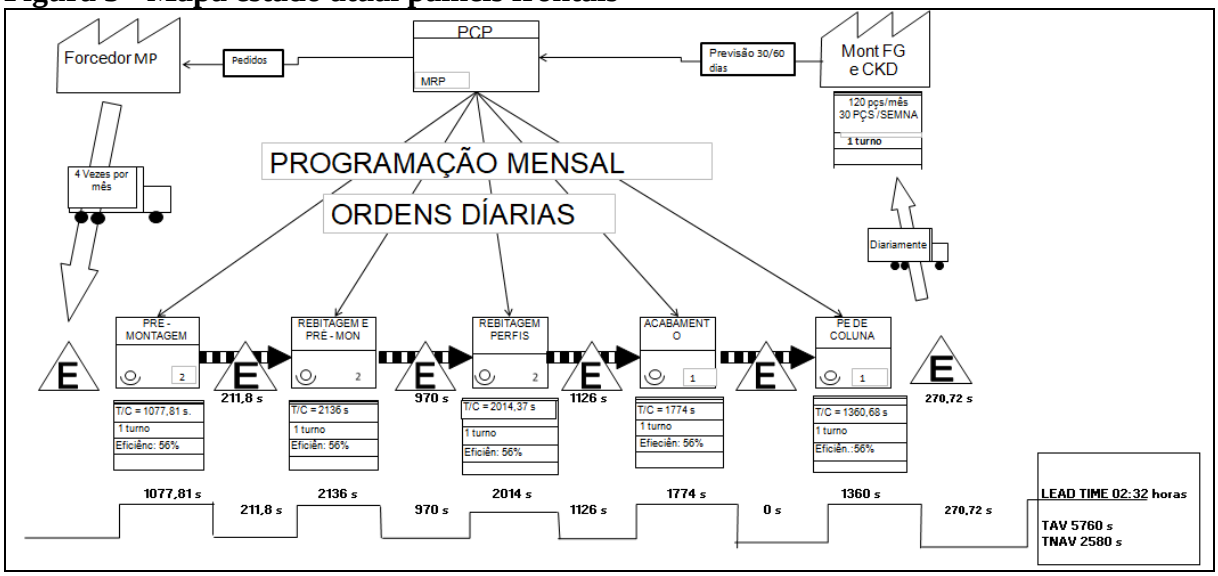
4.2 MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALAOR ATUAL (MFV)

Após a definição da família de produtos, o próximo passo da metodologia foi o registro do estado atual dos processos de fabricação de painéis frontais e laterais.

4.2.1 MFV Painel Frontal Linha Pesada e linha leve

Para o desenho do mapa do estado atual dos painéis frontais linha leve e linha pesada foram coletados os dados internos do processo produtivo, conforme representado na Figura 3.

Figura 3 - Mapa estado atual painéis frontais



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

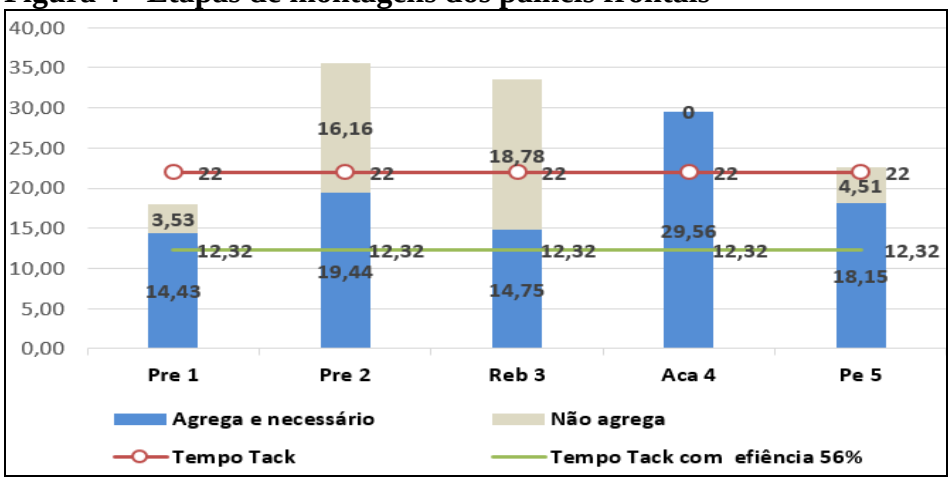
Na Figura 3, está desenhada a linha do tempo do fluxo de materiais, informações e produção dos painéis. O plano mestre de produção é elaborado com previsões de 30/60 dias de antecedência, gerando necessidade de compra de materiais para fabricação de doze (12) painéis frontais dia (seis linha pesada e seis linha leve). O fornecimento de matéria prima da fábrica ocorre de três formas: *Milk run* uma vez por semana, CKD vindo da matriz todos os dias e um veículo fretado do fornecedor externos, uma vez por semana (perfis e bobinas), que são armazenados em depósitos da empresa. No caso da linha de painéis frontais o principal fornecedor é de perfis e bobinas, que posteriormente são transformados em produtos na estamparia (serra de corte: perfis e corte de bobinas: chapas), conforme ordens de produção, na sequência devem ser abastecidos pela logística nos centros de trabalho da produção. Além disso, os painéis são fabricados somente com ordens de produção, que são entregues diariamente.

O tempo de ciclo (T/C) foi cronometrado conforme valores nas caixas de dados da Figura 3, com o número de operadores para realizar cada atividade. O tempo de produto processado de inicio ao fim para montagem de um painel frontal é de 8340,6 segundos (139,01 min.) e um total de oito (8) operadores. A eficiência determinada é de 56 %. O tempo *takt* é de 22 minutos, somadas com os 12 painéis laterais dia. Conforme exemplo:

$$\text{Tempo } takt = \frac{\text{528 minutos (disponível dia/trabalho)}}{\text{24 painéis (demanda do dia)}} = \text{22 minutos}$$

Neste exemplo apresenta um turno de trabalho quinhentos e vinte e oito minutos (528), sendo que a demanda de fabricação é de vinte e quatro (24) painéis dia. Então, se divide o tempo disponível por turno de trabalho pela demanda. Assim, obtêm – se o tempo *takt* de vinte e dois (22) minutos Observa-se na Figura 4 o tempo de ciclo com atividades que agregam e não agregam valor.

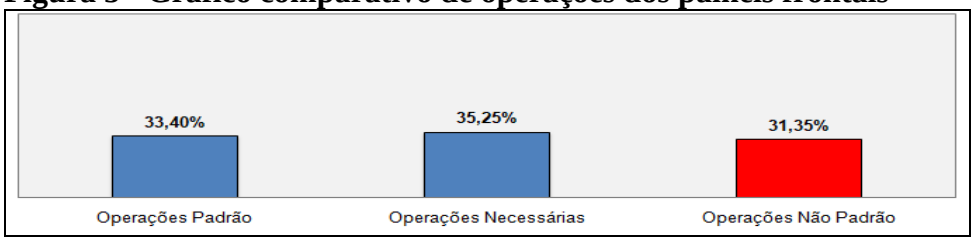
Figura 4 - Etapas de montagens dos painéis frontais



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Considerando o mapa do estado atual e a observação direta dos processos verifica-se que na Figura 4 apenas a primeira atividade não excedeu o tempo *takt* e também se manteve acima de 56% de eficiência os demais processos todos excederam o tempo *takt*. Nesta mesma figura, apresenta as atividades necessárias e padrões que agregam valor (TAV) e atividades que não agregam valor algum ao produto, ou seja, desperdícios (TNAV), consumindo muito tempo, por sua vez, só geram custos. A Figura 5 apresenta uma comparação do tempo operação padrão (35,25%), necessária (32,5%) e não padrão - desperdícios (31,35%) de todo processo produtivo.

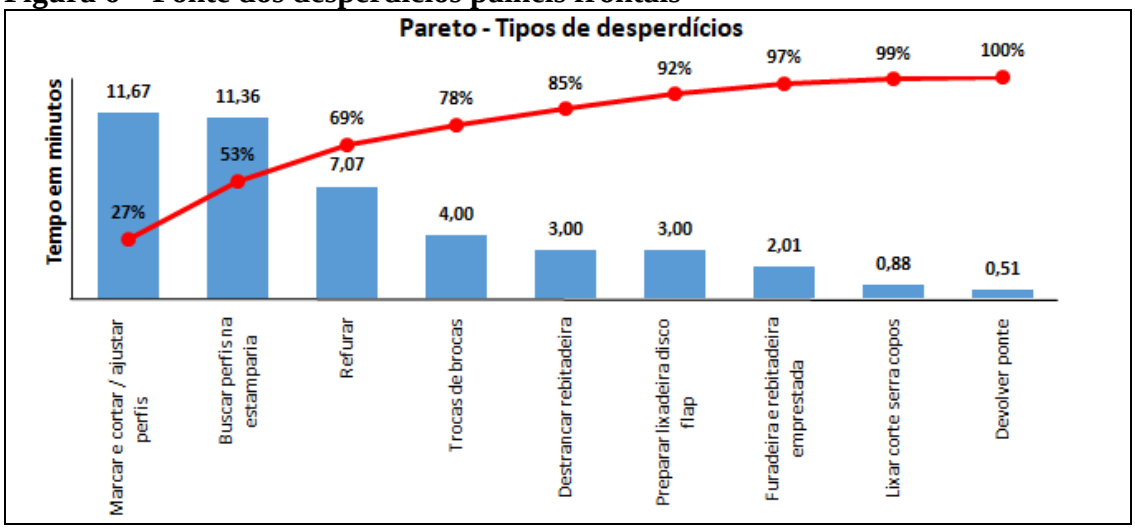
Figura 5 - Gráfico comparativo de operações dos painéis frontais



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

O estudo se focalizou nas operações não padrão (desperdícios) da linha de montagem dos painéis frontais que são as seguintes perdas: Os operadores precisam apanhar os perfis no corte (estamparia) manualmente e transportar até o posto de trabalho, refurar chapas, marcar e ajustar os perfis superiores e inferiores, trocas constante de diferentes brocas, destrancar a rebitadeira, preparar lixadeira com disco flap, movimentação com a ponte, buscar e devolver furadeira, rebitadeira pneumáticas emprestadas. Estas perdas são apresentadas na Figura 6.

Figura 6 – Fonte dos desperdícios painéis frontais

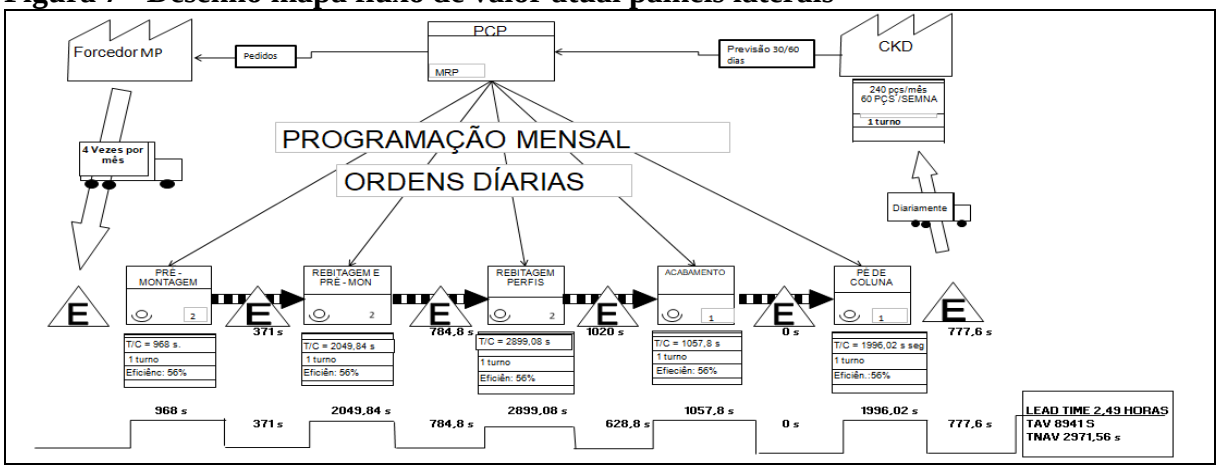


Fonte: Elaborada pela autora (2019).

4.2.2 MFV painel lateral linha leve

Para o desenho do mapa do estado atual dos painéis laterais foram coletados os dados internos do processo produtivo, conforme representado na Figura 7.

Figura 7 - Desenho mapa fluxo de valor atual painéis laterais

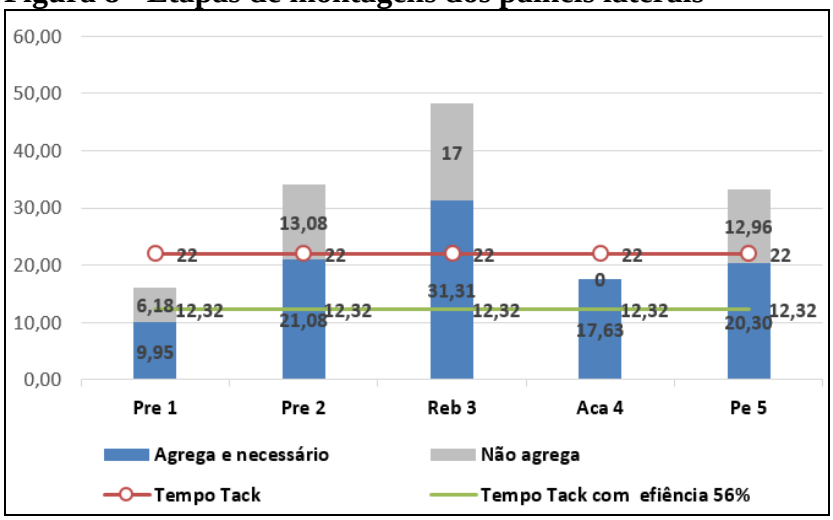


Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Na Figura 7, está desenhada a linha do tempo do fluxo de materiais, informações e produção dos painéis laterais linha leve. O plano mestre de produção é elaborado da com previsões de 30/60 dias de antecedência, gerando necessidade de compra de materiais para fabricação de doze (12) painéis laterais dia. O fornecimento de matéria prima e seu abastecimento ocorre da mesma maneira que as dos painéis frontais.

O tempo de ciclo (T/C) foi cronometrado conforme valores nas caixas de dados na Figura 7, com o número de operadores para realizar cada atividade. O tempo de produto processado de início ao fim para montagem de um painel lateral é de 8941 segundos (149 min.). A eficiência determinada é de 56 % e um total de oito (8) operadores. Observa-se na Figura 8, o tempo de ciclo com atividades que agregam e não agregam valor

Figura 8 - Etapas de montagens dos painéis laterais



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

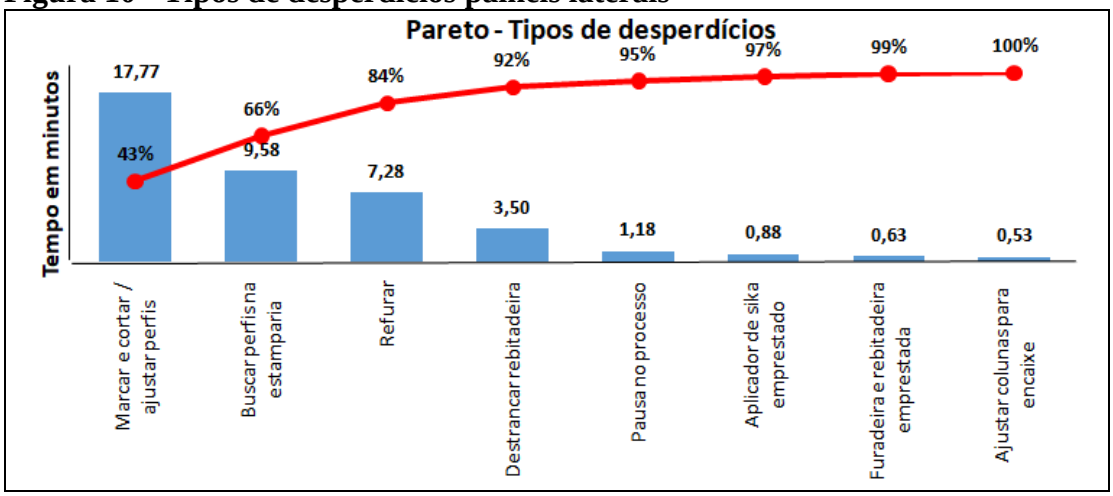
Considerando o mapa do estado atual das laterais e a observação direta dos processos verifica-se que na Figura 8 apenas a primeira e a quarta atividade não excedeu o tempo *takt* (seco) e também se manteve eficiente dentro 56%, os processos nas atividades 2 e 5 excederam o tempo *takt* (seco) de 22 minutos. Nesta mesma figura, apresenta as atividades necessárias e padrões que agregam valor (TAV) e atividades que não agregam valor algum ao produto, ou seja, desperdícios (TNAV), consumindo muito tempo, por sua vez, só geram custos. A Figura 9 demonstra uma comparação de tempo operação padrão (37,03%), necessária (34,79%) e não padrão - desperdícios (28,18%) de todo processo produtivo.

Figura 9 - Gráfico comparativo de operações dos painéis laterais

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

O estudo se focalizou nas operações não padrão (desperdícios) da linha de montagem dos painéis laterais que são as seguintes perdas: Os operadores precisam apanhar os perfis no corte (estamparia) manualmente e transportar até o posto de trabalho, refurar chapas, marcar e ajustar perfis superiores e inferiores, destrancar a rebitadeira, pausa de processo (linha desbalanceada), movimentação com a ponte, buscar e devolver ferramentas emprestadas (furadeira, rebitadeira, aplicador de sika) e ajuste das colunas para encaixe dos perfis. Estas perdas são apresentadas na Figura 10.

Figura 10 - Tipos de desperdícios painéis laterais



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

A demanda da linha é de vinte e quatro (24) painéis dia e tempo *takt* (seco) de 22 minutos. Sendo que o balanceamento atual, está em oito (8) operadores. A Tabela 1 apresenta o tempo de ciclo total em cada etapa de montagem, considerando na base um (um operador) e o real número de operadores disponíveis no momento da coleta de dados.

Tabela 1 - Balanceamento atual sem estudo de perdas para painéis frontais e laterais

					Tempo de ciclo (minutos)					Numero de operadores					
	Unidades dia	Tempo disponível turno 1	Tempo Tack	Tempo Tack com eficiência 56%	Pre 1	Pre 2	Reb 3	Aca 4	Pe 5	Pre 1	Pre 2	Reb 3	Aca 4	Pe 5	Total oper
Frontal CG	6	528	22	12,32	37,92	71,2	78,072	33,56	22,66	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	8,00
Frontal CG LL	6				37,92	71,2	78,082	33,56	22,66	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	8,00
Lateral Direita	6				32,66	68,32	96,62	17,63	33,27	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	8,00
Lateral Esquerda	6				32,66	68,32	96,62	17,63	33,27	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	8,00

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Então, analisando a Figura 4 das etapas dos painéis frontais, a Figura 8 das etapas dos painéis laterais comparando com a Tabela 1 é possível verificar que a forma que está balanceada a linha não atende o tempo *takt*.

Além disso, os processos de montagens das laterais linha leve e painéis frontais apresentam trabalhos manuais e baixo grau de automatização de máquinas em comparação com os outros processos em outras linhas de produção da fábrica. Deste modo, apresentam maior necessidade de melhorias e demandam maiores estudos que serão focalizados no mapa do estado futuro.

4.3 REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS

Após o estudo do mapa de fluxo de valor atual e identificar as causas dos desperdícios, a ação foi propor melhorias para eliminar, através da aplicação de ferramentas de qualidade para baixar o tempo de ciclo e produzir conforme a eficiência 56% dentro do tempo *takt*.

O primeiro desperdício trabalhado foi referente que os operadores precisavam apanhar os perfis no corte (estamparia) manualmente e transportar até o posto de trabalho. A medida tomada foi restaurar um carro de abastecimento que estava nos equipamentos obsoletos colocando rodas e eixo.

Além disso, foi criado um programa de corte dos perfis para abastecer os dois supermercados na segunda e terceira etapa de montagem de painéis frontais e laterais. Na sequência foi possível incluir no programa de rotas e abastecimentos da logística. Na Figura 11 é apresentado o carro de abastecimento que foi restaurado.

Figura 11 - Carro de abastecimento perfis linha Leve

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

O segundo desperdício levantado é referente aos cortes dos perfis que são remarcados, cortados e furados na linha de montagem, sem ter uma estrutura adequada colocando em risco a segurança dos operadores. A melhoria proposta é uma revisão nas ordens de produção e desenhos com a engenharia de processos para que todos os cortes dos perfis sejam efetuados antes de ir para linha.

O terceiro desperdício é à falta de ferramentas de trabalho na linha: Furadeiras pneumáticas, rebitadeiras pneumáticas e aplicadores de sika pneumáticos. Ação proposta é oferecer a condição de trabalho adquirindo estas ferramentas com a área de compras juntamente com a engenharia de processo.

Atualmente é necessária uma grande quantidade de furos e diferentes tamanhos para unir as chapas e perfis. A ação proposta é realizar testes com brocas escalonadas avaliando o tempo de vida útil e a viabilidade econômica. Assim, diminuindo os tempos de trocas de brocas. Juntamente com isso, outra alternativa é realizar a troca da matriz da dobradeira I que está danificada apresentando falhas, gerando retrabalho de refurar a grande maioria furos das chapas. Na sequência, juntamente com a área da manutenção promover um estudo para incluir no programa de manutenção preventiva.

A Tabela 2 referente aos painéis frontais e a Tabela 3 referente aos painéis laterais apresentam uma comparação entre o estado atual e futuro (proposto) se todas as melhorias forem implementadas. Para realizar os cálculos considerou- se o tempo de um único operador para realizar cada atividade.

Tabela 2 – Comparação tempo de ciclo painéis frontais

	Frontal -Tempo de ciclo (minutos)					
	Pre 1	**Pre 2**	**Reb 3**	**Aca 4**	**Pe 5**	**Total**
Atual	37,92	71,2	67,13	33,56	22,66	232,47
Futuro	34,42	41,94	46	33,56	19	174,92
Total	3,5	29,26	21,13	0	3,66	57,55

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Então, analisando a Tabela 2 das etapas dos painéis frontais nota –se, uma diferença de tempo de ciclo entre o atual e o futuro na pré montagem II (Pre 2), Rebitagem dos perfis superior e inferior (Reb 3) e na montagem do pé de coluna (Pe 5).

Para montagem dos painéis laterais também ocorreu uma redução dos tempos de ciclo. Conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação tempo de ciclo painéis laterais

	Lateral - Tempo de ciclo (minutos)					
	Pre 1	**Pre 2**	**Reb 3**	**Aca 4**	**Pe 5**	**Total**
Atual	32,66	68,32	96,62	17,63	33,27	248,5
Futuro	32,66	40	60	17,63	23,41	173,7
Total	0	28,32	36,62	0	9,86	74,8

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Analisando a Tabela 3 das etapas dos painéis laterais fica evidenciado também, uma diferença entre o tempo de ciclo entre o atual e o futuro na pré-montagem II (Pre 2), rebitagem dos perfis superior e inferior (Reb 3) e na montagem do pé de coluna (Pe 5). Porém, somente com trabalho de redução de perdas ainda não é possível produzir dentro do tempo *takt*. Para resolver o problema foi proposto um novo balanceamento de linha.

4.3 BALANCEAMENTO DE LINHA

Para Rother e Shook (2012) o enfoque do *lean* significa que os processos devem ficar próximos, fazer com que os operadores carreguem ou passem as peças para a próxima etapa de tal modo que o conteúdo do trabalho do operador fique um pouco abaixo do tempo *takt* Baseado nisto, foi proposto um novo balanceamento de linha após o trabalho de redução de perdas. Logo, a ação proposta foi de balancear a linha e calcular o número de operadores necessários, juntamente com o trabalho de perdas. São apresentadas na Tabela 4 para os painéis laterais e frontais.

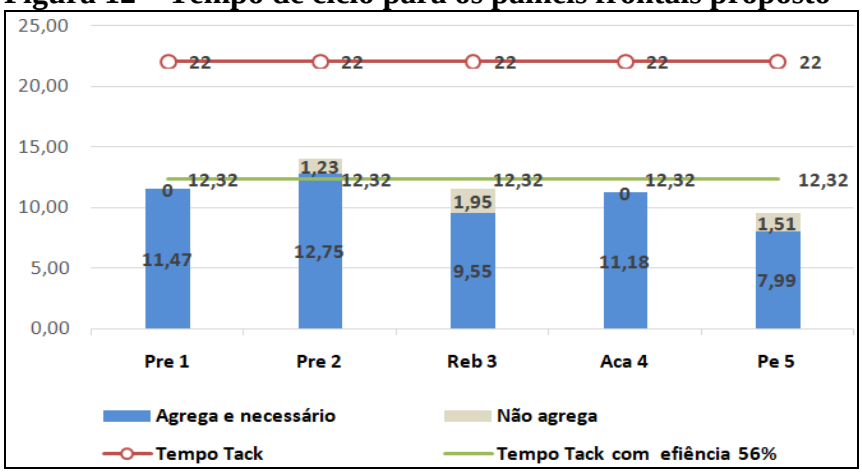
Tabela 4 - Balanceamento de linha proposto com trabalho de redução das perdas

	Unidades dia	Tempo disponivel turno 1	Tempo Tack	Tempo Tack com eficiência 56%	Tempo de ciclo					Numero de operadores					
					Pre 1	Pre 2	Reb 3	Aca 4	Pe 5	Pre 1	Pre 2	Reb 3	Aca 4	Pe 5	Total oper
Frontal CG	6	528	22	12,32	34,42	41,94	46	33,56	19	3	3	4	3	2	15
Frontal CG LL	6				34,42	41,94	46	33,56	19	3	3	4	3	2	15
Lateral Direita	6				32,66	40	60	17,63	23,41	3	3	5	2	2	15
Lateral Esquerda	6				32,66	40	60	17,63	23,41	3	3	5	2	2	15

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

A Tabela 4 demonstrou o novo balanceamento proposto com quinze (15) operadores para os painéis frontais e laterais distribuídos nas etapas de montagem. Este balanceamento permite atender o tempo *takt* com eficiência de 56% (0,56 x 22 tempo *takt*) e a demanda de vinte e quatro (24) painéis dia. A Figura 12 apresenta o tempo de ciclo proposto para os painéis frontais.

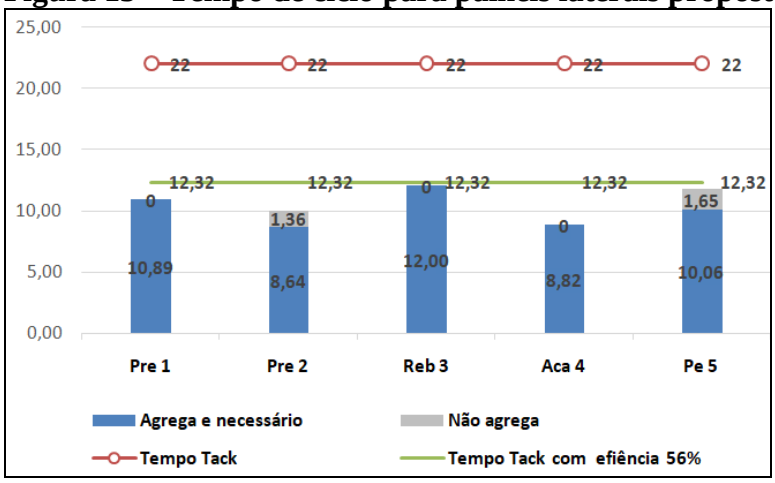
Figura 12 – Tempo de ciclo para os painéis frontais proposto



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Observa- se que após trabalho de perdas, juntamente com o balanceamento de linha todas as etapas permaneceram eficientes permitindo atender a demanda do dia. A Figura 13 apresenta o mesmo trabalho para as laterais.

Figura 13 – Tempo de ciclo para painéis laterais proposto



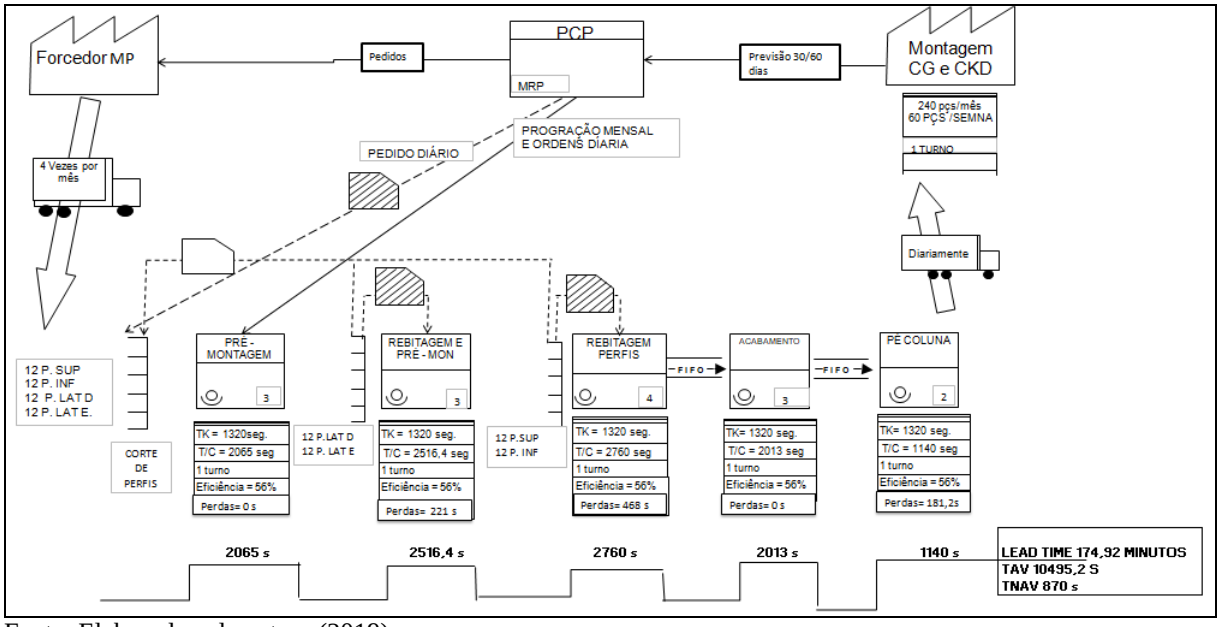
Fonte: Elaborada pela autora (2019).

A Figura 13 apresenta os tempos de ciclo de cada etapa de montagem e todas permitem atender a demanda de vinte quatro (24) painéis dia. Sendo assim, é possível criar o Mapa de Fluxo de Valor Futuro para os painéis frontais e laterais.

4.3 MAPA DE ESTADO FUTURO

De acordo com as características da família e do processo estudado, foi possível desenhar um estado futuro para os painéis frontais e laterais, respeitando as restrições e a tecnologia atual da empresa. Na Figura 14 é apresentado o Mapa de Fluxo de Valor Futuro dos painéis frontais.

Figura 14 – Mapa de fluxo de valor futuro para os painéis frontais



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

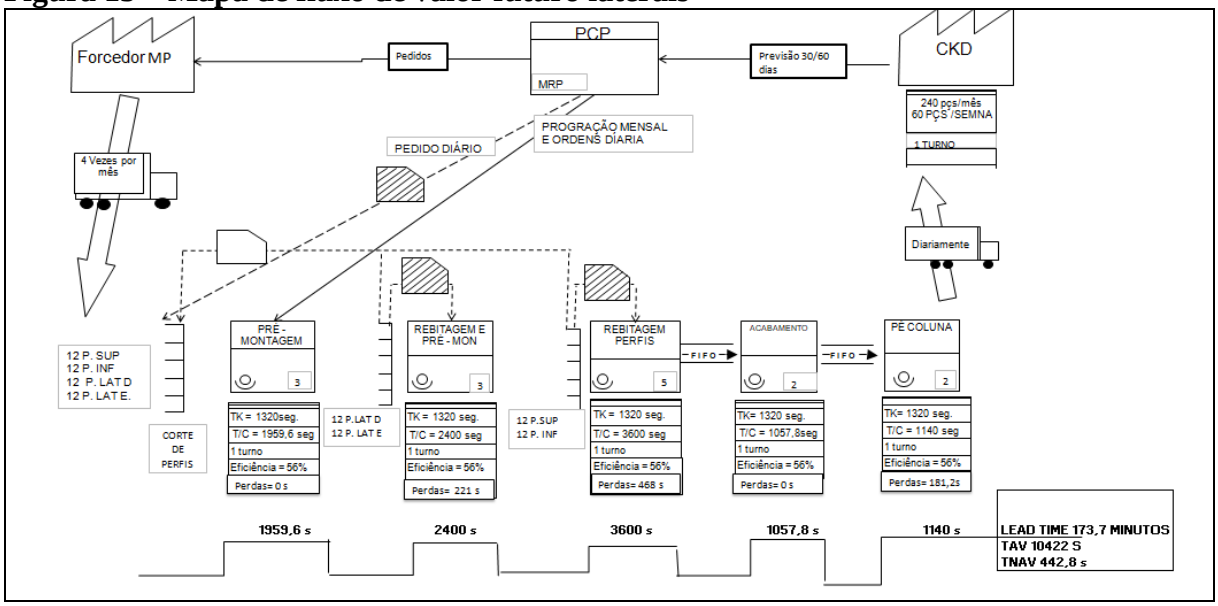
No MFV futuro dos painéis frontais a primeira etapa de montagem é o processo que recebe as ordens de produção diariamente para doze (12) painéis dia, seguindo um fluxo conforme o FIFO (*first in, first out* primeiro a entrar, primeiro a sair) (ROTHER e SHOOK, 2012).

Para segunda e terceira etapa de montagem que precisam de matéria prima vinda do corte de perfis e resolver o problema de tempo de espera, criaram-se supermercados entre estas etapas. Sendo que o responsável pela movimentação de material do processo "cliente" vem, então ao supermercado do fornecedor e retira o que precisa (ROTHER; SHOOK, 2012) Para o acabamento (quarta etapa) a ação proposta para diminuir o tempo de ciclo foi aumentar para três (3) operadores, para o pé de coluna (quinta etapa) aumentar para um operador em comparação ao estado atual.

O tempo de atravessamento teve uma grande redução de cento e cinquenta (150) minutos e oito (8) operadores para cinquenta e sete (57), minutos considerando quinze (15) operadores para realizar as montagens.

Na linha de montagens dos painéis laterais também são produzidos os painéis laterais o qual foram feitos os mesmos estudos e criado o Mapa de Fluxo de Valor Futuro, apresentado na Figura 15.

Figura 15 – Mapa de fluxo de valor futuro laterais



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Na Figura 15 apresenta a proposta do MFV futuro das laterais. A primeira etapa de montagem é o processo recebe as ordens diárias para fabricar doze (12) painéis laterais dia, seguindo o fluxo conforme o FIFO. Para segunda e terceira etapa de montagem que precisam de matéria prima vinda do corte de perfis e para resolver o problema de tempo de espera na linha, criaram-se supermercados entre estas etapas. Para o acabamento (quarta etapa) e o pé de coluna (quinta etapa) a ação proposta para diminuir o tempo de ciclo foi aumentar para um (1) operador em cada atividade em comparação ao estado atual.

O tempo de atravessamento reduziu de duzentos e quarenta e nove (249) minutos e oito (8) operadores para cinquenta e três (53) minutos considerando quinze (15) operadores. Assim, nivelando o tempo de ciclo por atividade que agregam valor aos operadores.

5 CONSIDERAÇÃOES FINAIS

Através da elaboração do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) do estado atual foi possível visualizar todo o processo produtivo e identificar as causas dos desperdícios do processo. A aplicação certificou com as referências bibliográficas permitindo confirmar que esta técnica é de grande importância para a melhor compreensão do processo, além de adotar uma linguagem simples para representar as atividades.

Com o levantamento dos tempos de agregação e não agregação de valor foi possível identificar as etapas do processo que mais apresentavam desperdícios com atividades que não agregam valor ao produto. Para uma maior produtividade e redução dos desperdícios, foram propostas algumas melhorias no processo com técnicas, ferramentas e práticas adotadas pelo sistema *Lean Manufacturing* para elaboração do mapeamento de fluxo de valor (MFV) futuro.

As ações propostas para redução dos desperdícios eliminaram as seguintes perdas: Apanhar os perfis no corte (estamparia) manualmente e transportar até o posto de trabalho, refurar chapas, marcar e ajustar perfis superiores e inferiores, pausa de processo (linha desbalanceada), trocas constante de diferentes brocas, buscar e devolver ferramentas emprestadas (furadeira, rebitadeira, aplicador de sika). Para os painéis frontais teve uma redução de quarenta e três (43) minutos (31,35 %) do tempo de atravessamento para sete (7) minutos (6%) de perdas do tempo de ciclo futuro. Para os painéis laterais teve uma redução de quarenta e dois (42) minutos (28,18%) de perdas para quatro (4) minutos (4%).

Além disso, juntamente com trabalho de perdas e um novo balanceamento de linha proposto reduziu –se o tempo de ciclo de cada atividade. Para os painéis frontais o tempo de atravessamento teve uma grande redução de cento e cinquenta (150) minutos e oito (8) operadores para cinquenta e sete (57) minutos e aumentou para quinze (15) operadores. Para os painéis laterais o tempo de atravessamento reduziu de duzentos e quarenta e nove (249) minutos e oito (8) operadores para cinquenta e três (53) minutos e aumentou para quinze (15) operadores. Estas melhorias propostas nivelam o tempo de ciclo, operadores, atividades que agregam valor e atendem à demanda de 24 painéis dia.

Como proposta para futuros trabalhos, recomenda-se o estudo mais aprofundado dos impactos do *Lean Manufacturing* com mudanças de *layout* e emprego de automação na linha de montagem com equipamentos que utilizem menos mão de obra braçal e mais tecnologia, para maiores ganhos de produtividade e redução de perdas.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Giancarlo. PEINADO, Jurandir. GRAEML, Alexandre R. **Simulações de arranjos físicos por produto e balanceamento de linha de produção: o estudo de um caso real no ensino para estudantes de engenharia.** In: XXXV COBENGE, 2007 Disponível em: <.http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/12/artigos/117-Jurandir%20Peinado.pdf> Acesso em: 18 de mar 2019.

DENNIS, Pascal.**Produção Lean Simplificada.** Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FIGUEIREDO, Anelice Maria B.et al. **Pesquisas científicas e trabalhos acadêmicos**. Chapecó: Arcus Indústria Gráfica Ltda, 2012.

KRAJEWISKI, Lee. et al. **Administração da Produção e Operações**.São Paulo: Pearson, 8 ª Ed.,2014.

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI. Fernando P. **Administração da Produção**. São Paulo : Saraiva, 3ª Ed., 2015.

MOUTINHO, Edgar C. **Desenvolvimento De Um Jogo De Simulação Do Sistema De Produção Lean Ferramentas: Balanceamento Da Linha, Vsm E Smed**. Mestrado em Gestão de Processos e Operações Departamento de Engenharia Mecânica Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2012. Disponível em: < http://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/4457>. Acesso em: 05 de mar 2019.

NEUMANN, Clóvis; SCALICE, Régis Kovacs**. Projeto de fábrica e layout.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2015

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de produção** Além da produção em larga escala. Porto Alegre : Artes Médicas, 1997.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar.** Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2012.

SHIMOKAWA, Koichi; FUJIMOTO, Takahiro. **O Nascimento Do Lean.** Conversas com Taiichi Ohno, Eiji Toyoda e outras pessoas que deram forma ao modelo Toyota de gestão. Porto Alegre: Bookman, 2011.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção.** Porto Alegre: Bookman, 1996.

TAPPING, Don; SHUKER, Tom. **Lean Office.** Gerenciamento Do Fluxo De Valor Para As Áreas Administrativas. São Paulo: Leopardo Editora, 2010

VIEIRA, Maurício G. **Aplicação do Mapeamento de Fluxo de Valor para Avaliação de um Sistema de Produção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

WOMACK, James; JONES, T. Daniel. **A Mentalidade Enxuta Nas Empresas Lean Thinking.** Elimine o Desperdício e Crie Riqueza. Rio de Janeiro: Campus, 2004.