

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Adam Yuuki Oyama

Aplicação de ferramentas Lean: um estudo de caso em uma
indústria de componentes elétricos

FLORIANÓPOLIS
2020

ADAM YUUKI OYAMA

Aplicação de ferramentas Lean: um estudo de caso em uma
indústria de componentes elétricos

**Trabalho de Conclusão do Curso de
Graduação em Engenharia Elétrica do
Centro Tecnológico da Universidade
Federal de Santa Catarina como requi-
sito para a obtenção do título de Ba-
charel em Engenharia Elétrica.**

**Orientador: Prof. Renato Lucas Pa-
checo, Dr.**

Florianópolis
2020

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

Oyama, Adam Yuuki

Aplicação de ferramentas Lean : um estudo de caso em uma indústria de componentes elétricos / Adam Yuuki Oyama ; orientador, Renato Lucas Pacheco, 2020.

62 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Elétrica, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Engenharia Elétrica. 2. Kanban. 3. Mapeamento de Fluxo de Valor. 4. Lean. 5. Gestão. I. Pacheco, Renato Lucas. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Elétrica. III. Título.

ADAM YUUKI OYAMA

Aplicação de ferramentas Lean: um estudo de caso em uma indústria de componentes elétricos

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Elétrica” e aceito, em sua forma final, pelo Curso de Graduação em Engenharia Elétrica.

Florianópolis, 22 de dezembro de 2020.



Documento assinado digitalmente

Jean Viane Leite

Data: 23/12/2020 08:49:07-0300

CPF: 003.474.909-80

Prof. Jean Viane Leite, Dr.

Coordenador do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente

Renato Lucas Pacheco

Data: 22/12/2020 19:01:47-0300

CPF: 341.751.489-49

Prof. Renato Lucas Pacheco, Dr.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

Marcelo Lobo Heldwein

Data: 22/12/2020 19:34:54-0300

CPF: 018.327.389-30

Prof. Marcelo Lobo Heldwein, Dr. sc. ETH.

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

Mauricio Valencia Ferreira da Luz

Data: 22/12/2020 22:47:51-0300

CPF: 960.926.969-91

Prof. Mauricio Valencia Ferreira da Luz, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais e meus antepassados por sempre me guiarem no sentido da Luz.

Agradeço também a minha namorada por todo o suporte diário.

Por fim, agradeço ao Prof. Pacheco por todo o apoio orientando esse trabalho.

Resumo

O objetivo central do trabalho é apresentar conceitos de ferramentas Lean, em especial o Mapeamento de Fluxo de Valor e o Kanban, e evidenciar sua aplicação em uma linha de montagem com foco em eliminação de desperdícios para aumento de produtividade em uma indústria de componentes elétricos. Essa presente análise foi necessária devido aos problemas que a fábrica estava enfrentando em entregar os produtos dentro do prazo. Diante disso, foi observado que, tanto o fluxo de informação, bem como o fluxo de materiais, estavam bem desorganizados, causando desentendimento entre os próprios colaboradores e, conseqüentemente, a diminuição de produtividade e atrasos.

Através do mapeamento do fluxo de valor atual pode-se ter uma visão geral dos problemas e, ao elaborar o mapa futuro, pode-se estabelecer as tarefas que devem ser realizadas para a aplicação das melhorias. O sistema de ordens de produção foi acusado como o principal causador das dificuldades que o posto enfrentava. Diante disso, foi definido usar o sistema Kanban, visando diminuir o superprocessamento e a desorganização do posto.

Depois de executado o projeto, pôde-se obter aumento em tempo produtivo e diminuição de estoque parado. Portanto, conclui-se que ao aplicar as ferramentas de manufatura enxuta é possível obter grandes retornos, mesmo sem grandes investimentos.

Palavras-chave: Kanban, Mapeamento de Fluxo de Valor, Lean, Gestão.

Abstract

The main objective of the work is to present concepts of Lean tools, especially the Value Stream Mapping and Kanban, and to show their application on an electrical components industry assembly line focused on eliminating waste to increase productivity. This present analysis was necessary due to the problems that the factory was facing in delivering the products on time. Therefore, it was noticed that both the information flow and the material flow, was very disordered, causing disagreement among the employees and, consequently, decreasing productivity and increasing delays.

By mapping the current value stream, it is possible to have an overview of the problems and, when preparing the future map, it is possible to establish the tasks that must be done for improvements. The system that uses production orders was accused of being the main cause of the difficulties that the assembly line was facing. Thus, it was decided to use the Kanban system, planing to reduce overprocessing and disorganization of the line.

After the conclusion of the project, it was possible to increase the production time available and decrease the inventory. Therefore, applying Lean manufacturing tools can make the company achieve large returns, even without big investments.

Keywords: Kanban, Value Stream Mapping, Lean, Management.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Lead Time de um processo.	25
Figura 2 – Ícones do mapeamento do fluxo de valor.	26
Figura 3 – Mapa do fluxo de valor atual.	27
Figura 4 – Mapa do fluxo de valor futuro.	28
Figura 5 – Exemplo de cartão kanban de fábrica.	30
Figura 6 – Exemplo de quadro kanban de fábrica.	31
Figura 7 – Etapas do sistema com um cartão	32
Figura 8 – Etapas do sistema com dois cartões - parte 1.	33
Figura 9 – Etapas do sistema com dois cartões - parte 2.	34
Figura 10 – Mapa do fluxo de valor da visão atual.	41
Figura 11 – Mapa do fluxo de operações real.	43
Figura 12 – Mapa do fluxo de valor da visão futura.	45
Figura 13 – Contenedor kanban.	47
Figura 14 – Flowrack para kanban.	50
Figura 15 – Quadro Kanban usado no projeto.	51
Figura 16 – Cartão Kanban usado no projeto.	52
Figura 17 – Gráfico do estoque pelo tempo antes do kanban.	54
Figura 18 – Gráfico do estoque pelo tempo depois do kanban.	55
Figura 19 – Comparação entre o estoque médio antes e depois do kanban.	56

Lista de tabelas

Tabela 1 – Exemplo de tabela com informações para implantar kanban.	33
Tabela 2 – Exemplo de tabela com informações para implantar kanban - parte 2 .	35
Tabela 3 – Exemplo de tabela com informações para implantar kanban - parte 3 .	35
Tabela 4 – Máquinas do posto de trabalho em estudo.	39
Tabela 5 – Exemplo de itens finais das máquinas A, B e C.	44
Tabela 6 – Dados iniciais para cálculo do kanban.	48
Tabela 7 – Tabela do cálculo kanban.	49
Tabela 8 – Investimento para implantação kanban.	50

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Problemática	18
1.2	Objetivos	18
1.2.1	Objetivo Geral	18
1.2.2	Objetivos Específicos	18
1.3	Organização	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	Lean	21
2.2	Cronoanálise	22
2.2.1	<i>TAKT time</i>	23
2.2.2	<i>Cycle Time</i>	23
2.2.3	<i>Lead Time</i>	24
2.3	Mapeamento de Fluxo de Valor - MFV	25
2.3.1	Fluxo de informação	26
2.3.2	Fluxo de material	27
2.3.3	Linha do tempo	27
2.3.4	Estratégias para a elaboração do mapa futuro	28
2.4	Kanban	29
2.4.1	Cartão Kanban	29
2.4.2	Quadro Kanban	30
2.4.3	O sistema kanban	30
2.4.3.1	Sistema kanban de 1 cartão	30
2.4.3.2	Sistema kanban de 2 cartões	31
2.4.4	Implementação do kanban	32
2.5	Planejamento e Controle da Produção	36
3	METODOLOGIA DE PESQUISA	37
4	DESENVOLVIMENTO	39
4.1	Situação atual	39
4.2	Análise da situação atual	40
4.3	Situação futura	43
4.4	Implementação da situação futura	46
5	RESULTADOS	53

5.1	Aproveitamento de Setup	53
5.2	Redução do estoque parado	53
5.3	Redução dos itens finais - Maior fluxo dos itens finais	53
5.4	Organização	56
5.5	Retorno	57
6	CONCLUSÃO	59
	REFERÊNCIAS	61

1 Introdução

Atualmente, a indústria é um ambiente altamente competitivo. São diversas empresas competindo pelos clientes, que exigem cada vez mais qualidade e preços menores. Diante dessa situação, as indústrias procuram reduzir os custos de produção para poderem se manter no mercado.

Muitas vezes, essa redução acontece através de atitudes equivocadas. Entre elas a demissão de funcionários e a compra de matéria prima mais barata. Porém, essas atitudes resultam em processos mais demorados e produtos com qualidade inferior [Bhasin e Burcher 2006].

Por outro lado, existe outra alternativa que diminui os custos dos processos ao mesmo tempo em que aumenta a produtividade. Isso se deve ao uso de uma série de ferramentas de produção enxuta que, quando bem aplicadas, ajudarão na identificação e na eliminação de desperdícios na linha de produção [Wilson 2009].

Também chamado de *Lean Manufacturing*, é um sistema de produção desenvolvido pela Toyota, que foi responsável pelo alto crescimento econômico da empresa no período pós-guerra. Surgiu em contraste ao sistema de produção em massa americano, possibilitando maior flexibilidade na produção de carros e menores estoques [Ohno 1997].

Uma das principais vertentes do Lean é o combate a *Muda*, palavra japonesa para desperdício. Consiste em atividades humanas que absorvem recursos, porém não acrescenta valor ao produto, como: retrabalho, estoque, movimentos desnecessários, transporte e espera [Womack e Jones 1997].

O Lean possui ferramentas para identificar e eliminar essas fontes de desperdício. As principais ferramentas utilizadas são: Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), Trabalho padronizado, Kanban, 5S, Jidoka, Troca rápida de ferramenta (TRF), *Total Productive Maintenance* (TPM) e a Gestão Visual [Werkema 2011].

A problemática a ser apresentada é a eliminação de desperdícios de uma linha de produção de uma indústria de componentes elétricos. Nessa linha é produzido uma série de produtos internos, ou seja, materiais produzidos para serem consumidos internamente em outra linha. Atualmente, ela precisa produzir o suficiente para atender a demanda do produto principal, porém isso dificilmente está sendo alcançado, gerando reclamações e atrasos.

O desafio é procurar obter bons resultados com baixo custo. Por ser uma linha pouco automatizada, grandes mudanças são inviáveis, devido aos gastos necessários. Portanto, também se busca demonstrar a eficiência das ferramentas de manufatura enxuta.

A primeira técnica Lean aplicada no desenvolvimento do trabalho foi o Mapeamento de Fluxo de Valor. Ela possibilita, de uma forma detalhada e clara, visualizar o estado atual da linha e identificar onde os problemas-chaves se encontram. A partir dessa visão, é elaborado o chamado "Mapa Futuro", que seria o estado da linha após as melhorias executadas.

Dentre as melhorias levantadas no Mapa Futuro, uma delas foi a implantação do sistema Kanban de produção. Esse sistema de gestão puxada tem como objetivo reduzir o tempo de espera, aumentar a produtividade e a organização, ao mesmo tempo em que controla o estoque através de um sistema visual e simples.

Escolheu-se utilizar essas duas metodologias para serem discutidas mais a fundo e aplicadas na linha de produção em estudo, a fim de combater os desperdícios que possam ser encontrados. Assim como em outras aplicações dessas ferramentas instaladas na fábrica, espera-se retirar esse posto de trabalho como gargalo da linha de produção, ao mesmo momento em que se procura demonstrar a importância e a eficiência das ferramentas de manufatura enxuta. Posteriormente, a ideia é estudar outras linhas de produção da fábrica e verificar a possibilidade de aplicar a mesma metodologia onde se mostrar interessante.

1.1 Problemática

Uma linha de produção de itens internos de uma fábrica de componentes elétricos não estava atendendo à demanda diária de peças. Dito isso, foi feita uma análise em cima dos processos da linha e foram identificados vários desperdícios que impactavam diretamente a produtividade da linha. O trabalho busca diminuir esses desperdícios e aumentar o tempo produtivo disponível, para possibilitar o atendimento à produção.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo do projeto é reduzir os desperdícios da linha de produção para atender à demanda de peças e mostrar como foi aplicado o Mapeamento de Fluxo de Valor e o Kanban para isso. Por fim, sugerir soluções com o intuito de aumentar a produtividade.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

1. Apresentar os conceitos da metodologia Lean de Produção;
2. Avaliar a situação atual da linha através do MFV;

3. Elaborar o Mapa Futuro com as melhorias propostas;
4. Aplicar as melhorias e avaliar seus resultados.

1.3 Organização

O presente trabalho está organizado da seguinte forma:

Capítulo 1: a motivação, os objetivos e a estrutura do trabalho são apresentados.

Capítulo 2: os conceitos relacionados ao Lean e suas ferramentas usadas ao longo desse estudo serão abordados neste capítulo, bem como a função do Planejamento e Controle da Produção.

Capítulo 3: a metodologia usada ao longo da pesquisa será definida e explicada neste capítulo.

Capítulo 4: o desenvolvimento do estudo, desde o planejamento até a execução, será abordado neste capítulo.

Capítulo 5: Os resultados avaliados com a execução do trabalho serão explicitados neste capítulo.

Capítulo 6: A conclusão final do presente estudo será apresentada neste capítulo.

2 Referencial Teórico

Nesse capítulo serão explicados alguns termos frequentemente usados no trabalho.

2.1 Lean

Em 1988, um grupo de pesquisadores do MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts), orientado por Dr. James P. Womack, estava estudando a Toyota Motor Company. O que eles viram foi um sistema único de produção com melhores desempenhos em comparação à tradicional produção em massa.

Esse sistema, conhecido como Sistema Toyota de Produção (em inglês TPS - Toyota Production System), precisava de menos fornecedores, menos investimentos, menos estoques e propiciava menos defeitos e menos acidentes de trabalho. Assim, os pesquisadores decidiram que uma empresa que usa menos recursos é uma empresa "*Lean*" [Sayer e Williams 2012].

Segundo Taichii Ohno, criador do TPS, a base do sistema de produção da Toyota é a eliminação completa do desperdício [Ohno 1997]. O primeiro passo para eliminar o desperdício é dividir as atividades de cada processo em três tipos: as que agregam valor ao produto (AV), as que não agregam valor ao produto (NAV) e as que não agregam valor ao produto, mas são necessárias devido às situações atuais (NAV-N) [Womack e Jones 1997].

Na indústria e no mercado, os clientes não se importam em como os produtos são montados, apenas querem que o produto funcione perfeitamente [Ries 2011]. Atividades que agregam valor ao produto (AV) são apenas ações que acrescentam forma ou função ao produto, mas que os clientes estão dispostos a pagar [Wilson 2009].

As atividades NAV são os desperdícios. Estes devem ser eliminados imediatamente e evitados [Womack e Jones 1997]. Através disso, chega-se à diminuição de custos, ao crescimento na produtividade e em melhorias na qualidade. Ohno definia como desperdícios os seguintes temas [Sayer e Williams 2012]:

1. Transporte: qualquer movimento do produto ou peça desnecessário. Quanto mais a pessoa move, maior a probabilidade da pessoa se acidentar ou causar dano ao produto;
2. Espera: é considerado desperdício de tempo, visto que um trabalhador está recebendo por tempo de serviço, mesmo que parado, enquanto podia estar produzindo;

3. Excesso de produção: produzir mais que o mercado solicita causa grandes estoques e mão-de-obra para lidar com esses materiais;
4. Defeitos e retrabalhos: qualquer processo, produto ou serviço que falhe em atender às especificações;
5. Estoques: usa recursos como espaço e mão-de-obra, gerando custos excessivos. Grandes estoques também escondem falhas na produção, pelo fato de que o produto já está montado para o cliente;
6. Movimentos desnecessários: movimentos humanos cujo valor não está agregado ao produto, como andar para pegar uma ferramenta, abaixar, girar e buscar;
7. Superprocessamento: processos adicionados à manufatura do produto devido à falta de padronização e métodos de trabalho inadequados.

Por fim, as atividades NAV-N, apesar de não agregarem valor ao produto, são mais difíceis de serem eliminadas. Muitas vezes, é necessário que algumas tarefas sejam realizadas de certa forma, não ideal, pois a automatização do processo estaria atrelada a um grande custo, ou mesmo, não existe tecnologia no mercado para aqueles tipos de tarefas.

2.2 Cronoanálise

A cronoanálise é a cronometragem do tempo necessário para a realização de uma determinada atividade [GRAEML e Peinado 2007]. Também chamado de estudo de tempos e movimentos, surgiu como uma ferramenta importante para as empresas com o objetivo de gerar melhorias no processo, aumento de produtividade e redução de custos.

Consiste em cronometrar cada movimento do operador para realizar uma operação no fluxo de produção. Após coletar os dados de cada movimento relacionado ao seu tempo gasto, é feita a análise de cada ação, detectando os pontos que podem ser melhorados no processo. Essa análise procura reduzir os movimentos inúteis e desnecessários e manter apenas aquelas que efetivamente agregam valor ao produto, evitando fadigas e tempos ociosos.

A cronoanálise não se limita apenas aos movimentos do operador, também se estende aos materiais, ferramentas e equipamentos utilizados na produção. Como resultado, pode-se detectar a utilização ou não de mais máquinas ou pessoal, para atender às necessidades da linha de produção [Oliveira 2009].

O responsável por essa atividade é o cronoanalista, que orienta e otimiza a sequência operacional com o objetivo de encontrar o melhor procedimento para realizar determinada

atividade e tirar conclusões a respeito do processo. Cabe a ele saber os métodos para uma boa análise. Entre eles, existem dois conceitos importantes: o TAKT Time e o Cycle Time.

2.2.1 *TAKT time*

O tempo TAKT nem sempre esteve ligado à manufatura de um produto. Inicialmente, a palavra TAKT, do alemão *Takt*, que significa ritmo, era usada em composições musicais para indicar seu compasso. Nos anos 30, os japoneses introduziram essa palavra na indústria, com o sentido de "ritmo de produção" [Shook 1997].

Dessa forma, TAKT é o tempo em que se deve produzir uma peça para atender à demanda. Matematicamente, é o tempo diário de operação dividido pelo número de peças requeridas por dia ou turno [Ohno 1997]. Ela pode ser expressa por (2.1):

$$\text{TEMPO TAKT} = \frac{\text{Tempo operacional líquido}}{\text{Demanda}} \quad (2.1)$$

O tempo operacional líquido não é igual ao tempo do expediente do trabalhador. Nele devem ser descontados os tempos de parada da linha programados para almoço, ginástica, limpeza ou outras atividades que possam existir na empresa.

Por exemplo, em uma linha de montagem de motores com demanda diária de 50 motores por dia, com um tempo líquido de 10 horas, tem-se o tempo TAKT de 12 minutos, como mostra (2.2); ou seja, a cada 12 minutos, um motor deve ficar pronto.

$$\text{TEMPO TAKT} = \frac{10 \times 60}{50} = 12 \text{ minutos} \quad (2.2)$$

2.2.2 *Cycle Time*

O *Cycle Time*, ou tempo de ciclo, depende somente da operação e é definido como o tempo que o trabalhador leva para percorrer todos os elementos de um trabalho até realizar a primeira operação novamente [Rother e Shook 2003]. Em outras palavras, é o tempo em que uma peça demora para ficar pronta em um posto da linha, ou na própria linha.

O tempo de ciclo, quando contrastado com o TAKT time, torna possível retirar conclusões valiosas para a linha. Naquele exemplo, caso fosse cronometrado o tempo de ciclo da linha de motores, existem três casos possíveis: o tempo de ciclo ser menor que o TAKT, o tempo de ciclo ser maior que o TAKT ou o tempo de ciclo ser o mesmo que o TAKT.

Caso o tempo de ciclo supere o tempo TAKT, isso significa que uma peça está demorando mais para ser montada do que a demanda pede. Portanto, não é possível

atender à demanda diária nas condições atuais de trabalho, acarretando no atraso dos pedidos. Nesse caso, deve-se procurar soluções para diminuir o tempo de ciclo.

Caso o tempo de ciclo esteja abaixo do TAKT, significa que a linha de produção está sendo subutilizada, ou estão montando mais peças que o necessário. Se a linha estiver subutilizada, significa que existem mais pessoas que o necessário para a montagem da peça e trabalhadores ociosos. E se estiverem com superprodução, isso gera grandes estoques desnecessários. Nesse caso, pode-se redesenhar a linha para trabalhar com menos pessoas, diminuindo os custos da produção.

Por último, se o tempo de ciclo for igual ou próximo ao TAKT, então a linha possui um bom ritmo de produção. Porém, isso não significa que a linha não tem defeitos. Ainda pode-se procurar outros desperdícios nas operações para diminuir o tempo de produção e, em seguida, diminuir a mão-de-obra necessária.

2.2.3 *Lead Time*

O *Lead Time* pode ser definido como o período de tempo entre o cliente solicitar o pedido e receber o produto final [Pollick 2016]. Compreende todo o processo industrial e logístico para a manufatura do pedido.

O *Lead Time* também pode ser definido, em algumas literaturas, como o tempo de ressurgimento de um item. Para um item fabricado, compreende o processo desde a liberação da ordem de produção, até o último processo que torna o item fabricado pronto para uso [Correa e Gianesi 1993]. Esta definição difere-se da primeira pelo fato de que compreende apenas a visão da montagem do produto, eliminando a análise do processo de logística.

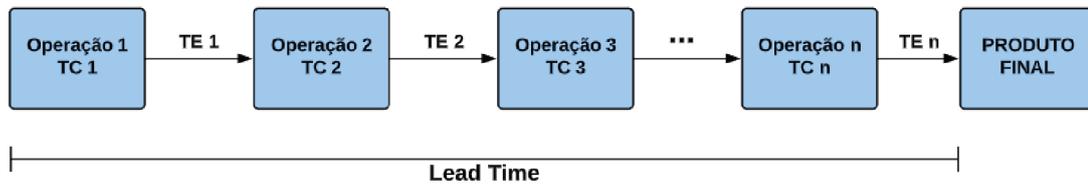
Enquanto o tempo de ciclo é o tempo necessário para se completar uma operação, o *Lead Time* é o tempo necessário para se completar todas as operações da linha de produção de um produto. Se, ao longo do processo, houver estoques intermediários que ocasionem tempo de espera, esse tempo também deve ser somado ao *Lead Time*.

A figura 1 ilustra o cálculo do *Lead Time* de um processo. O tempo de ciclo está definido como TC e o tempo de espera entre uma operação e outra está definido como TE. Portanto, o *Lead Time* é dado por (2.3).

$$\text{LEAD TIME} = \sum_{i=1}^n TC_i + \sum_{i=1}^n TE_i \quad (2.3)$$

O objetivo da manufatura enxuta é reduzir o *Lead Time* para o menor tempo possível. Essa meta pode ser alcançada melhorando os processos, diminuindo os gargalos e reduzindo os tempos de espera. Além disso, com um tempo de entrega baixo, obtém-se

Figura 1 – Lead Time de um processo.



Fonte: Autor.

a diminuição dos estoques intermediários, redução de custos e aumento da satisfação do cliente ao receber o pedido dentro de um prazo confiável e curto.

2.3 Mapeamento de Fluxo de Valor - MFV

O Mapeamento de Fluxo de Valor, ou *Value Stream Map - VSM*, é uma ferramenta para implementação do Lean com capacidade de visualizar potenciais melhorias. O MFV baseia-se em mapear o fluxo do produto ou processo, descrevendo os fluxos de materiais e informações em dois estados: o atual e o futuro. Com essa ferramenta, é possível analisar o estado atual da linha, identificar as melhorias e planejar um estado futuro desejado com menos desperdícios [Rother e Shook 1999].

Essa descrição é feita através de um mapa que agrega todas as informações do processo. Este mapa é feito seguindo uma sequência de etapas e utilizando uma lista de simbologias, como mostra a Figura 2.

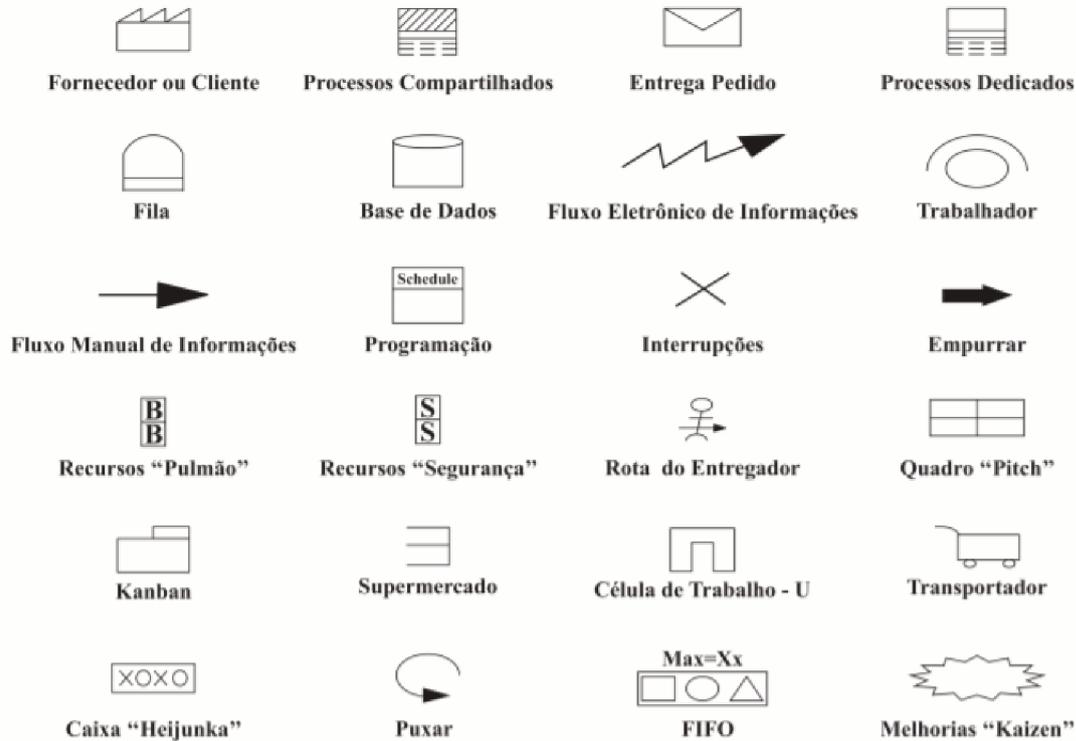
Ele é levantado a partir do estado atual da fábrica, coletando informações para cada família de produtos. Inicialmente, recomenda-se selecionar uma família de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos similares em seus processos. Essas informações variam dependendo do foco do VSM, podendo ser: etapas do roteiro de produção, tempos de ciclo, *lead time*, transportes, fluxo de informações e de material.

Após ter o mapa desenhado, como mostra o exemplo da Figura 3, o fluxo inteiro torna-se mais visível em comparação à análise de processos individuais, resultando em conclusões mais assertivas a respeito dos desperdícios e suas origens. Através dos símbolos, essas perdas são identificadas e discutidas até se chegar na raiz do problema.

Posteriormente, um grupo é responsável por estudar formas de eliminar essas perdas e desenhar o mapa futuro. Assim como o mapa atual, ele é representado por símbolos e foca nas soluções dos problemas anteriores, como mostra a Figura 4. Por fim, é elaborado um plano de trabalho e implementação para o alcance da situação futura projetada [Rother e Shook 1999].

Importante que o mapa futuro tenha rápida implementação. Assim, é possível

Figura 2 – Ícones do mapeamento do fluxo de valor.



Fonte: [Rother e Shook 2003]

eliminar o quanto antes os desperdícios e avaliar os ganhos. Depois de concretizado, deve-se recommençar o ciclo, criando outro mapa futuro com o intuito de se ter uma melhoria contínua no fluxo de valor.

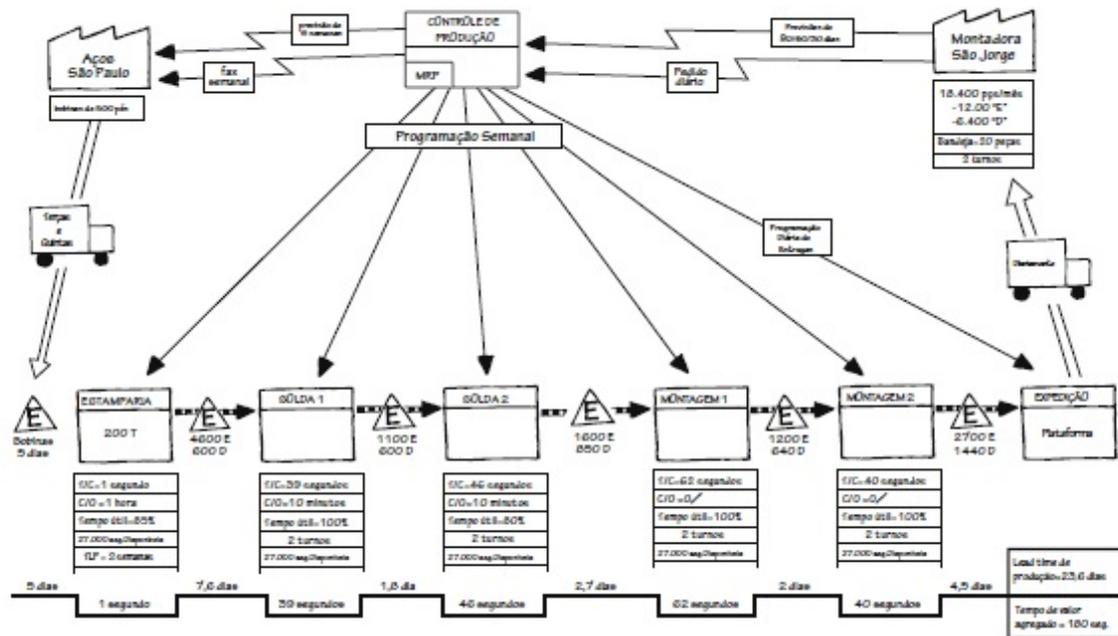
2.3.1 Fluxo de informação

O fluxo de informação representa todas as etapas por onde a informação passa para orientar cada processo. Ela pode surgir desde o pedido do cliente, até a entrada na expedição.

Os sistemas de produção em massa, normalmente, possuem fluxos de informações paralelos, como: programações, previsões, ordens de produção. Essas informações podem ser muitas vezes enviadas para cada etapa do processo, gerando problemas como excesso de informação e confusão no chão de fábrica.

Através do MFV e aplicando as ferramentas Lean, é possível minimizar os pontos de informação e simplificar esse fluxo [LÉXICO 2003]. Dessa forma, será necessário menos pessoas trabalhando no tratamento dessas informações, resultando em mais pessoas disponíveis para produzir.

Figura 3 – Mapa do fluxo de valor atual.



Fonte: [Rother e Shook 1999].

2.3.2 Fluxo de material

O fluxo de material representa a movimentação física de itens ao longo do processo de produção. Inclui-se a chegada dos materiais dos fornecedores até o recebimento do produto pelo cliente.

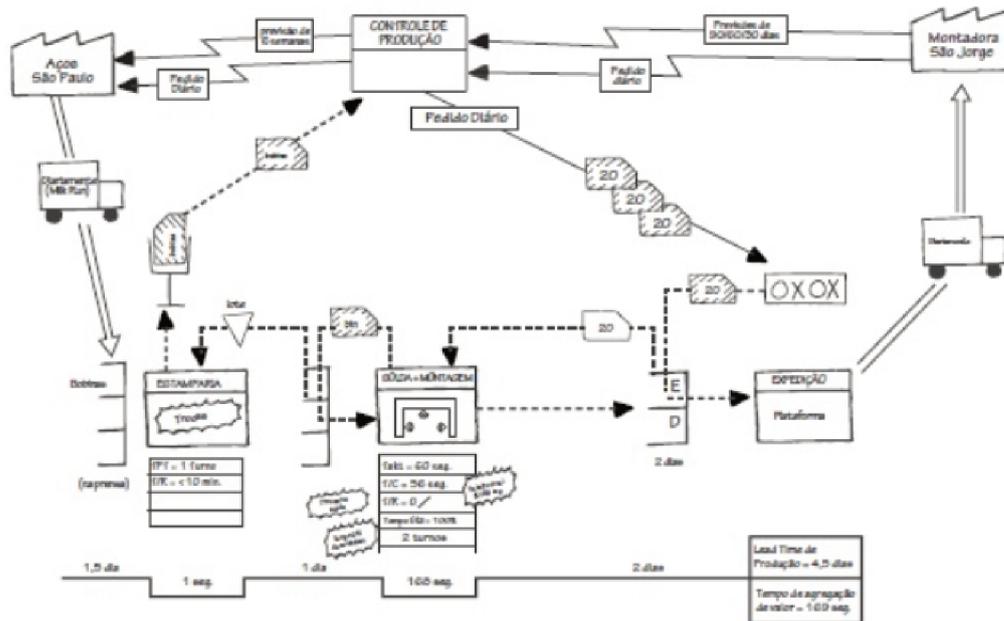
Em produções com grande diversificação de produtos, o acompanhamento dos materiais até o posto seguinte deve ser bem rígido. Essa importância cresce mais ainda em linhas de produção contínuas, visto que a falta de um material causa a parada do restante da linha.

Por isso, as quantidades de cada produto devem fluir diretamente de etapa a etapa, por meio de uma sequência bem definida de processos, até o cliente final [LÉXICO 2003].

2.3.3 Linha do tempo

A linha do tempo é um componente do mapa que tem como principal objetivo exibir o *Lead Time* de cada etapa e o total do processo. Ela é posicionada abaixo das caixas de processos e dos símbolos de estoque, indicando o tempo levado em cada posto. Com essa ferramenta, é possível mensurar o tempo necessário para o cliente receber seu produto desde o pedido e, então, trabalhar para que esse tempo diminua visando a uma entrega mais rápida.

Figura 4 – Mapa do fluxo de valor futuro.



Fonte: [Rother e Shook 1999].

2.3.4 Estratégias para a elaboração do mapa futuro

Segundo as técnicas Lean de produção, para se atingir um fluxo de valor enxuto em todo o processo produtivo, é fundamental seguir as seguintes estratégias:

- Produzir de acordo com o TAKT time em todas as operações. Assim, todas as etapas estarão no mesmo ritmo, diminuindo o desbalanceamento;
- Desenvolver fluxo contínuo, onde possível. O fluxo contínuo segue o princípio do *Just in Time*, gerando menos estoques intermediários;
- Utilizar supermercados, onde o fluxo contínuo não é possível. O supermercado é um armazém responsável pelo abastecimento da linha. Com supermercados, é possível ter maior controle sobre a produção e maior aproveitamento da mão de obra, visto que as peças são fabricadas em lotes;
- Enviar a programação de produção para somente uma etapa do processo, chamado de processo puxador. Assim, diminui-se o fluxo de informações e apenas esse ponto dita o ritmo da produção.

Rother e Shook finalizam explicando que implementando essas estratégias através de um plano bem definido com datas e metas mensuráveis, é possível ter excelentes resultados [Rother e Shook 1999].

2.4 Kanban

A palavra "Kanban", vinda da língua japonesa, pode significar cartão, símbolo ou painel [Ribeiro 1989]. Essa palavra começou a ser usado na indústria através do chamado sistema kanban. Desenvolvido na década de 60 pelos engenheiros da Toyota Motor Company, após analisarem o controle de estoque dos supermercados americanos, tem como objetivo reduzir o tempo de espera, o *Lead Time*, aumentar a produtividade, controlar o estoque e garantir o fluxo contínuo [Moura 1994].

Ele se define como um sistema de controle visual simplificado [Shingo 1996] do piso de fábrica, feito através de cartões ou etiquetas responsáveis por transmitir informações da produção aos postos de trabalho. Esses cartões ditarão o que deve ser feito, quanto deve ser feito e quando deve ser feito [Moura 1994].

O sistema tem como característica principal a gestão "puxada" de produtos acabados, definida pela necessidade da operação seguinte "puxar" a produção anterior. Assim, é produzido somente o necessário para atender a produção seguinte, mantendo níveis controlados de estoque. Esse controle é feito através da movimentação do cartão kanban, que torna o processo extremamente simples, ao mesmo tempo que traz ganhos em eliminação de desperdícios e redução de custos.

Esse cartão, normalmente, fica nos chamados quadros kanban. O quadro organiza os cartões de forma extremamente visual, o que facilita a definição de prioridades e agiliza o processo produtivo.

2.4.1 Cartão Kanban

No cartão kanban deve conter todas as informações que o operador precisa saber para poder executar a tarefa. Entre essas informações, as principais são:

- Descrição do material a ser produzido;
- Local onde é produzido;
- Capacidade do contentor no qual é armazenado;
- Relação dos materiais necessários para produzir o material.

Outras informações que forem julgadas necessárias também devem estar no cartão. Entre elas, a posição da matéria prima usada para produzir o produto e a posição do produto acabado. Com essas informações bem identificadas, é possível ganhar agilidade na hora de buscar e guardar os materiais. Na Figura 5 é possível ver um modelo de cartão kanban.

Figura 5 – Exemplo de cartão kanban de fábrica.

Processo		Centro de trabalho		
No. de item		No. prateleira estocagem		
Nome do item				
Materiais necessários		capacidade do contenedor	No. de emissão	Tipo de contenedor
codigo	locação			



Fonte: [Tubino 2000].

2.4.2 Quadro Kanban

O quadro kanban é o local de armazenamento dos cartões kanban. É pelos cartões que estão no quadro que os colaboradores da fábrica mapearão o que produzirão no momento. Para cada material produzido nesse posto de produção kanban, existe um conjunto de posições verdes, amarelas e vermelhas. As cores funcionam como um sinaleiro de rua. Indicam o grau de necessidade para produzir o respectivo material, mostrado no espaço em branco. Quando os cartões ainda estão no verde, indica que ainda há um bom estoque desse item; quando chega no amarelo, é exigida atenção; o vermelho indica que o estoque está para acabar.

2.4.3 O sistema kanban

Nessa seção será explicado como funciona o sistema kanban. Esse sistema possui diversas variações, cada empresa ainda pode adequar a ideia para a sua realidade, sempre visando diminuir os desperdícios. Entre as formas mais tradicionais, temos os sistema de um e de dois cartões.

2.4.3.1 Sistema kanban de 1 cartão

Cada tipo de material que o posto de trabalho produz possui um único cartão kanban. Quando o estoque desse material está cheio, o cartão kanban fica fixado ao contenedor que está alocando essas peças. Nesse estado, o posto seguinte pode ir livremente utilizando esse material até verificar a necessidade de reposição. Neste momento, o cartão kanban é colocado no quadro kanban. Assim, a equipe responsável pela produção desses itens pegará esse cartão e iniciará sua produção, seguindo os dados contidos no cartão [GRAEML e Peinado 2007].

Nesse sistema, todos os cartões que estão no quadro são ordens de produção

Figura 6 – Exemplo de quadro kanban de fábrica.

Peça A	Peça B	Peça C	Peça D	Peça E	Peça F

Fonte: [GRAEML e Peinado 2007].

urgentes, visto que já estão com necessidade de reposição. A Figura 7 apresenta as etapas desse método.

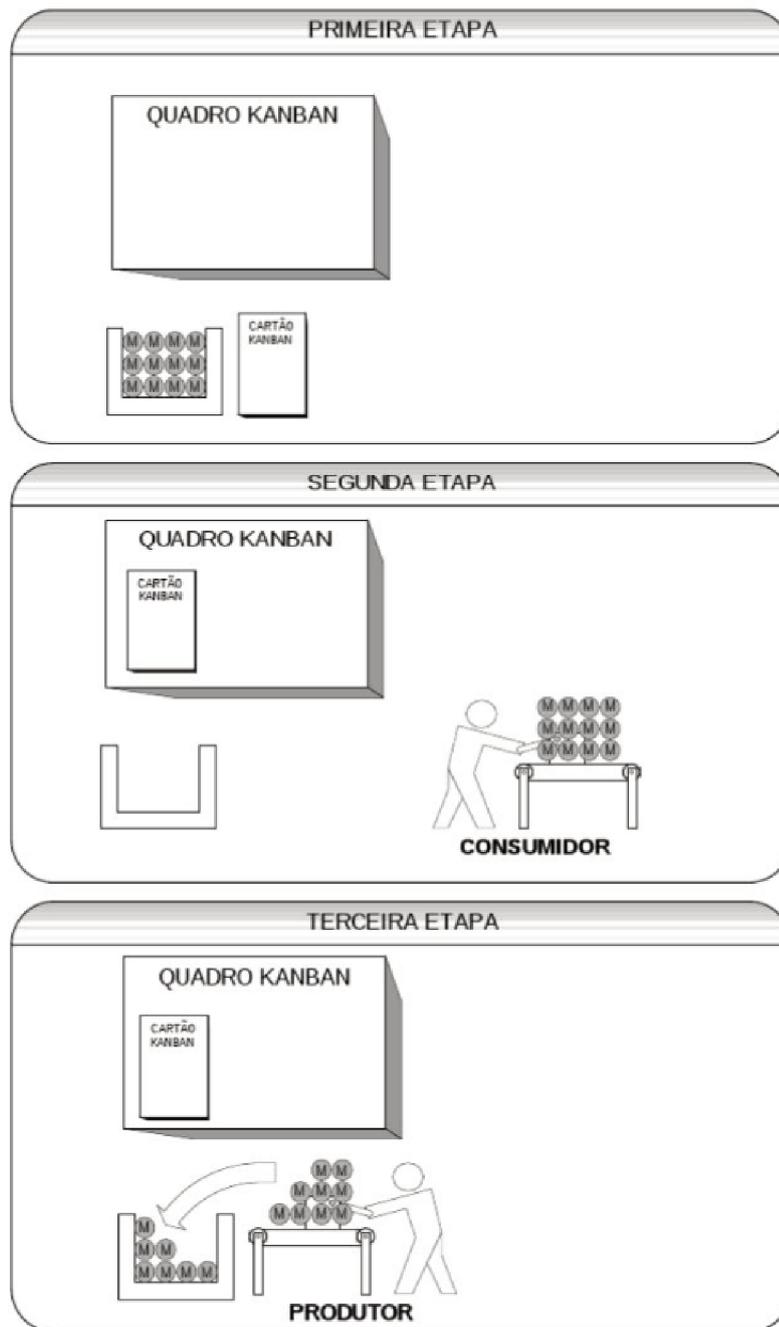
2.4.3.2 Sistema kanban de 2 cartões

Esse sistema é normalmente usado quando o fornecedor está distante de seu cliente (posto subsequente). Dessa forma, eles se comunicam através desse cartão adicional: o cartão de movimentação.

O início do ciclo começa quando os quadros kanban do fornecedor e do cliente estão vazios. Isso significa que os contenedores estão abastecidos e com os cartões fixados. O cartão do fornecedor é chamado de cartão de produção e o cartão do cliente é chamado de cartão de movimentação.

Quando o cliente precisa do item, ele retira o cartão de movimentação do contenedor de sua área e o coloca no quadro. O transportador é responsável por pegar os cartões e contenedores do quadro e levar até a área fornecedora. Lá ele deve abastecer o contenedor com as peças que estão na área fornecedora e colocar o cartão de produção no quadro do fornecedor. O transportador leva o contenedor cheio com o cartão fixado até o cliente, enquanto o fornecedor vê o cartão no quadro e inicia a produção de mais um lote de peças [GRAEML e Peinado 2007]. As Figuras 8 e 9 ilustram as etapas desse sistema.

Figura 7 – Etapas do sistema com um cartão



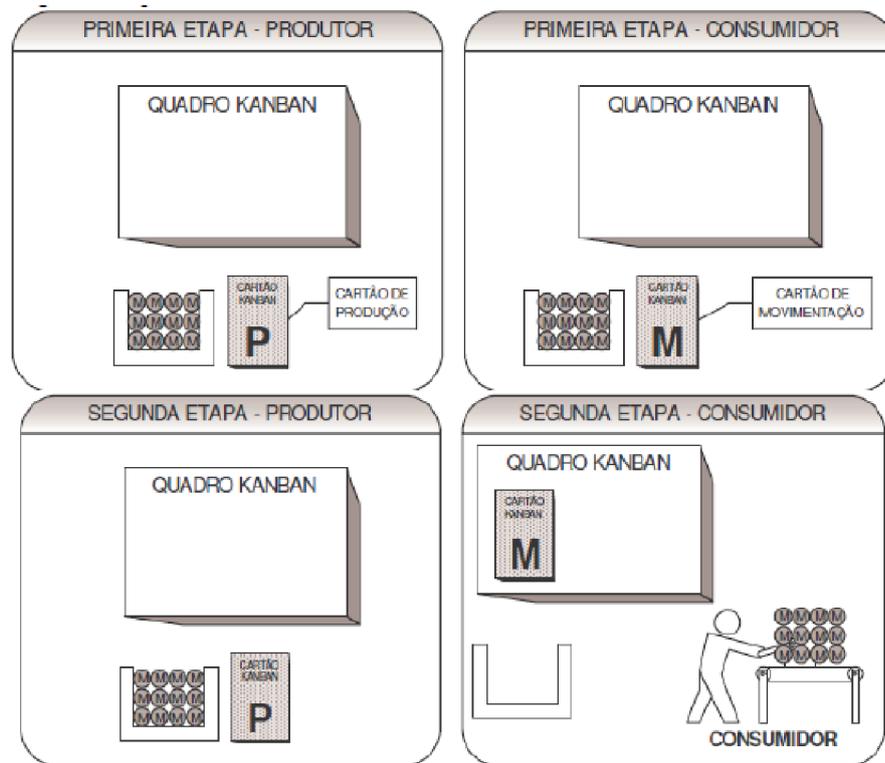
Fonte: [GRAEML e Peinado 2007]

2.4.4 Implementação do kanban

Ao implementar o kanban em determinado posto produtivo, deve-se levantar, inicialmente, os seguintes dados [Moura 1994]:

- Lista de materiais feitos no posto;
- Tempo de ciclo de cada peça;
- Tempo de *setup* (preparação) para a produção de cada peça;

Figura 8 – Etapas do sistema com dois cartões - parte 1.



Fonte: [GRAEML e Peinado 2007].

- Demanda de cada material;
- Definir o tipo de sistema kanban (um ou dois cartões).

Com esses dados em mãos, o ideal é dispô-los em uma tabela para melhor visualização, como mostra o exemplo da Tabela 1.

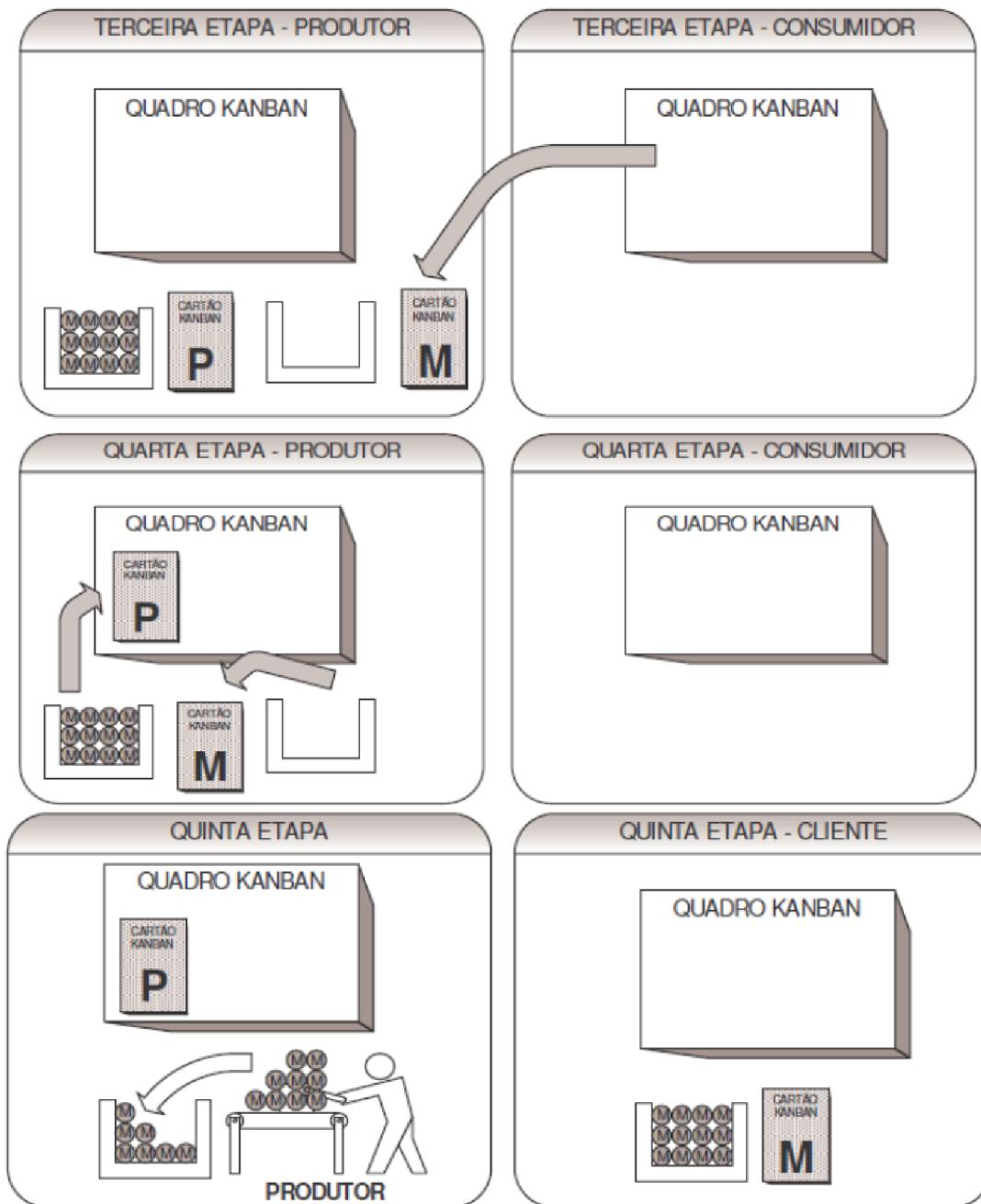
Tabela 1 – Exemplo de tabela com informações para implantar kanban.

Material	Tempo de ciclo (seg)	Setup time (seg)	Saída Mês 1	Saída Mês 2	Saída Mês 3	Saída Mês 4	Saída Mês 5
Item 1	10	1800	1292	1889	835	1383	1769
Item 2	10	1200	754	1358	445	881	1018
Item 3	10	900	1661	1241	181	398	1283
Item 4	10	1500	95	188	171	10	186
Item 5	15	1800	105	30	173	176	120

Fonte: Autor.

A implantação do kanban deve ser feita de forma clara e gradual, iniciando com uma linha de produtos que tem mais saída e migrando para outras linhas [Moura 1994]. Portanto, ao levantar a lista de materiais feitos no posto, deve-se selecionar os que possuem maior saída para implantar o kanban durante o início. No exemplo, os itens 4 e 5 possuem baixa saída em comparação aos demais. Portanto, podem ser retirados desse estudo inicial.

Figura 9 – Etapas do sistema com dois cartões - parte 2.



Fonte: [GRAEML e Peinado 2007].

O próximo passo é calcular o consumo médio diário e definir a quantidade de dias de estoque para cada produto. Com base nesses valores, é possível estipular o tamanho de cada lote de produção. No exemplo, definiu-se três dias de estoque, resultando na Tabela 2.

Nesse exemplo, o mix de produtos é baixo, porém com o tempo de *setup* alto. Deve-se calcular qual mínimo de tempo em que a máquina deve ficar disponível para compensar o tempo de *setup*. Para uma melhor análise, deve-se considerar o tempo total para produção do lote. Para isso, multiplica-se o tamanho do lote pelo tempo de ciclo de

Tabela 2 – Exemplo de tabela com informações para implantar kanban - parte 2

Material	Média de saída	Saída diária	Dias de estoque	Tamanho do lote
Item 1	1434	65	3	195
Item 2	891	41	3	122
Item 3	953	43	3	130

produção por peça. A Tabela 3 mostra que, para esse tamanho de lote, o tempo de *setup* é muito semelhante ao tempo de máquina disponível. Para corrigir isso, uma solução é aumentar o tamanho do lote para aproveitar melhor a máquina.

Tabela 3 – Exemplo de tabela com informações para implantar kanban - parte 3

Material	Tamanho do lote	Tempo de ciclo por peça	Tempo total do lote	Tempo setup
Item 1	195	10	1950	1800
Item 2	122	10	1220	1200
Item 3	130	10	1300	900

Cabe a equipe de apoio calcular os tamanhos de lotes e os tamanhos dos contenedores em que essas peças ficarão armazenadas. Muitas vezes é impossível armazenar o lote inteiro em um único contenedor. A solução pode utilizar múltiplos cartões.

No exemplo, caso o item 1 seja armazenado em caixas que cabem 20 peças, o ideal seria arredondar o lote para um múltiplo de 20, no caso 200 peças. Portanto, no total, o lote teria 10 caixas de 20 peças e em cada caixa desse lote deve ter um cartão kanban anexado.

Conforme o cliente for consumindo as caixas, ao se esvaziarem, ele deve colocar os cartões no quadro kanban. Este, por sua vez, irá indicar o nível de estoque desse material de uma forma visível, ou seja, quanto mais cartões no quadro, mais vazio está o estoque.

Para que nunca chegue a faltar esse item no cliente, o kanban nunca deve ficar vazio. Isso é controlado através de um estoque de segurança. Como mostra o quadro kanban da Figura 6, esse estoque de segurança é indicado pela cor vermelha. Conforme o cliente for usando as peças, ele coloca os cartões no quadro iniciando no verde e, quando chega no vermelho, indica que entrou no estoque de segurança e é o sinal de que deve ser feito um novo lote de produção. A zona amarela indica que está para chegar no lote de segurança, porém não é prioridade. Caso haja um material com cartões na zona vermelha, este deve ser priorizado.

Apesar de usar múltiplos cartões, esse sistema kanban é o de cartão único. Mesmo sendo simples, cada fábrica tem suas especificidades. Para o sucesso do kanban, deve haver um treinamento e engajamento de todos, mas, por outro lado, não se deve tentar planejar a implantação com muitos detalhes, visto que cada empresa é única e deverá moldar o sistema da melhor forma para sua realidade [Moura 1994].

2.5 Planejamento e Controle da Produção

O PCP - Planejamento e Controle da Produção tem a função de coordenar a produção conforme capacidade, necessidade e custos. Dependendo do tamanho da empresa, o PCP pode abranger mais ou menos tarefas dependendo de sua missão. Abaixo segue algumas das funções do PCP:

- Gestão de estoque: ele faz a gestão da matéria prima e do estoque do produto acabado. Cuidando para manter o estoque sempre abastecido, porém sem acumular muito estoque parado;
- Emissão de ordens de produção: se trata da criação da ordem de produção, que dita o que será produzido, quando será produzido e o quanto deve ser produzido. Durante a emissão, o PCP deve-se atentar a necessidade e prioridades de vendas, se baseando nos recursos disponíveis, para que não falte durante a montagem das ordens emitidas;
- Programação das ordens de fabricação: após a emissão das ordens de produção, elas passam por uma análise do próprio PCP levando em conta especificações para a produção dos materiais, como capacidade da linha e otimizações de mão de obra. Visando minimizar os custos de produção e poder entregar dentro do prazo, é feito uma programação que mostra quando deve ser executado cada ordem;
- Acompanhamento da produção: Considerada a função mais importante, pois nela é feito uma comparação entre o programado e o produzido. Caso haja alguma anomalia, esse erro será detectado e corrigido. [KAIHATU e BARBOSA 2006]

Para cumprir com mérito suas funções, o PCP recebe informações de diversos setores da empresa, e cabe a ele administrá-los visando atender o cliente e minimizar os custos de produção e estoque.

3 Metodologia de pesquisa

O método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo [Lakatos e Marconi 2010]. Nesse caso, procura-se encontrar soluções referente ao problema de produtividade da linha de produção em estudo. Logo a pesquisa se encaixa no método hipotético dedutivo. Este método, segundo Bunge, se divide em quatro etapas:

1. Colocação do problema: Necessidade de reorganizar a linha para atender a necessidade da linha seguinte;
2. Construção de um modelo teórico: Estudo e aplicação das ferramentas Lean para identificar os desperdícios;
3. Dedução de consequências particulares: Levantamento de possíveis soluções para os problemas encontrados;
4. Teste das hipóteses: Aplicação das soluções encontradas;
5. Adição ou introdução das conclusões na teoria: Comparação dos resultados obtidos com a situação anterior e conclusões a respeito do trabalho obtido.

Quanto à modalidade de pesquisa, ela encaixa-se em pesquisa-ação, pois, segundo a definição de Matos e Lerche (2001:48), nessa modalidade primeiramente há a exploração do local a ser pesquisado para diagnosticar o problema prioritário. Então, avalia-se a possibilidade de uma intervenção para sanar o problema identificado. Por fim, é estabelecido um compromisso entre os que participam do processo e que passam a planejar a ação [Fonseca 2002].

O trabalho procura descrever todos os acontecimentos e fenômenos da realidade atual e futura da linha de produção, assim como, as ideias apresentadas e ações tomadas para solucionar o caso, baseadas na teoria adquirida pela bibliografia. Portanto, o objetivo dessa pesquisa caracteriza-se como descritiva.

4 Desenvolvimento

4.1 Situação atual

Na linha de montagem selecionada são montados itens de uso interno na fábrica. Essas peças vão para outra linha de produção, onde é montado o produto final, que chega ao cliente.

Para melhor entendimento, existem duas linhas de produção impactadas pelo estudo: a linha de produção do item de uso interno, que será chamado como item filho ou posto de pré-montagem, e a linha de produção do produto final no qual o item filho é usado como matéria prima, que será chamado de item pai ou posto de montagem.

Os processos de montagem dos itens filhos são parecidos, porém há grande variação nos componentes usados para fazê-los. Ao todo, tinha-se 43 modelos diferentes de itens filhos para atender uma variação de 213 itens pais.

O posto de trabalho do item filho possui seis máquinas, entre elas, máquinas semiautomáticas e máquinas automáticas. As máquinas semiautomáticas são aquelas em que é necessário uma pessoa para operar a máquina o tempo inteiro, enquanto a máquina automática faz o trabalho sozinha, necessitando apenas do *setup* para dar início à produção. Na Tabela 4 é mostrada a relação das máquinas existentes e seu tipo.

O tempo de ciclo de cada máquina é variado e elas desempenham funções diferentes nas etapas do processo. Também, a cada início de produção em uma máquina, é gasto um tempo para preparação, que consiste na troca dos dispositivos e separação do material.

O posto possui apenas três operadores para atender a demanda da linha dos produtos. Para fazer o item filho inteiramente montado, é preciso o uso de todas as máquinas. Logo não teria como dedicar uma pessoa para ficar em uma única máquina, o que impossibilita o fluxo contínuo. Assim, os operadores precisam se alternar entre as máquinas e cada um fazer uma etapa da operação.

Tabela 4 – Máquinas do posto de trabalho em estudo.

Máquina	Tipo
Máq A	semiautomática
Máq B	semiautomática
Máq C	semiautomática
Máq D	semiautomática
Máq E	semiautomática
Máq F	automática

Fonte: Autor.

O Planejamento e Controle de Produção - PCP era o responsável por programar o que seria feito no dia em cada máquina. Ele se baseava na demanda do item pai e criava ordens de produção para o posto em estudo para cada operação. Por exemplo, caso a necessidade fossem de 100 itens filho A, o PCP iria programar para fazer 100 peças em cada operação, sendo que para cada operação era impressa uma folha, resultando em seis folhas ao todo.

Caso houvesse uma grande quantidade de diferentes itens filhos a serem feitos no mesmo dia, havia uma grande perda de tempo em comunicação entre os três operadores participantes do processo, para decidir quem faria cada etapa, e um grande acúmulo de *setups* para cada material. Assim, para otimizar o tempo em que cada operador ficaria em uma máquina, eles juntavam ordens da mesma operação e faziam de uma única vez. Essas ações, sem nenhum controle, geravam acúmulos de estoques intermediários e falta de materiais necessários, ou seja, era montado o que não precisava e deixavam de montar o que tinha demanda.

Conseqüentemente, essa falta de organização na pré-montagem gerava falta de matéria prima para o item pai e estoque parado de itens filhos montados. Sem esse componente, a montagem ficava parada, o que prejudicava muito a produção diária. Com o intuito de diminuir esse impacto, as pessoas da montagem se dirigiam até a pré-montagem para pedir o item que precisavam. Com o tempo, gerou-se a cultura de sempre precisarem estar se comunicando para não faltar material na montagem, o que gerava perda de produtividade em ambos os lados.

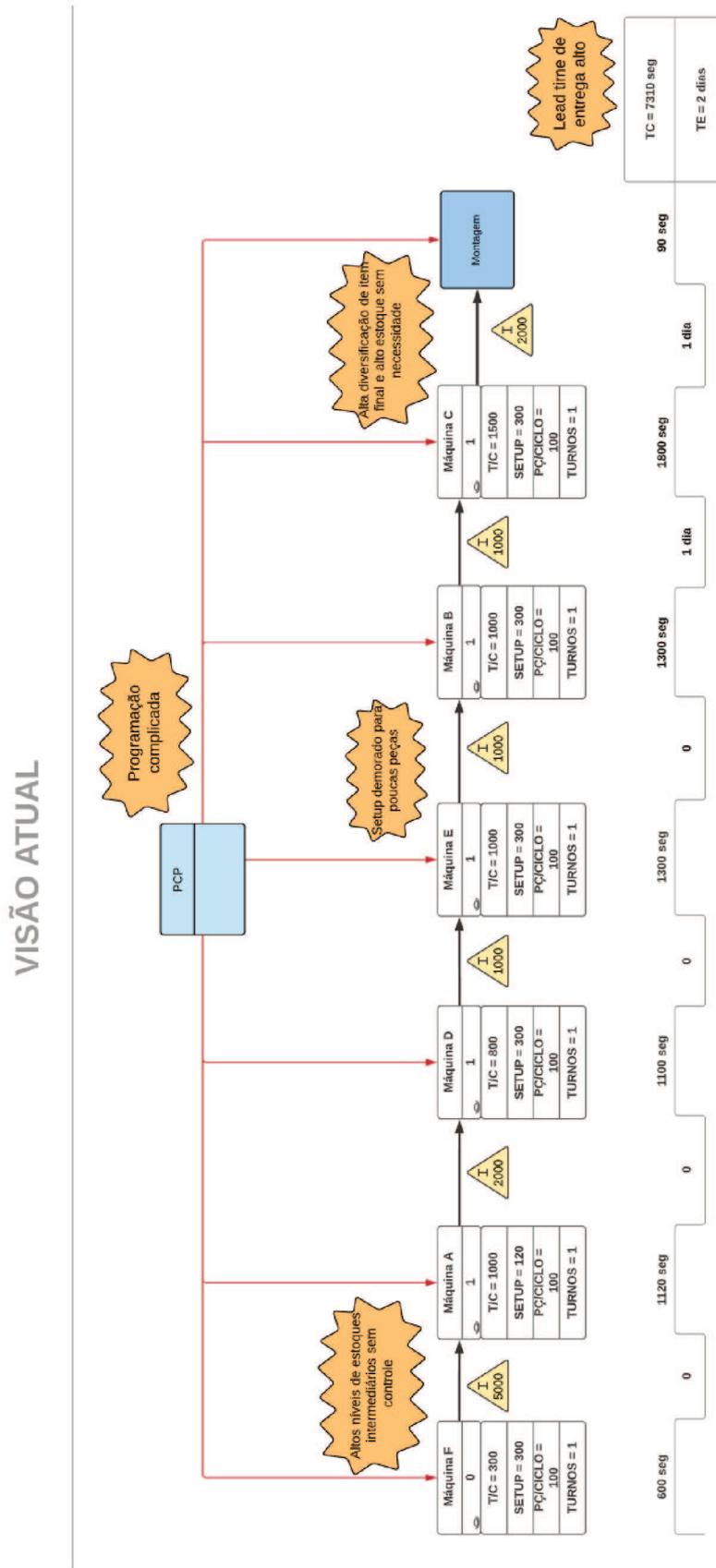
Outro problema é que a orientação dos colaboradores era de seguir o mapa de produção. Esse mapa é um roteiro de produção elaborado pelo PCP para guiar os operadores em cada máquina, mostrando a sequência em que as ordens de produção devem ser realizadas. A dificuldade estava no fato do PCP programar um mapa para cada máquina, sendo que o posto possui seis máquinas para três operadores. Os três operadores, com os seis mapas em mãos, não conseguiam definir prioridades e nem coordenar as atividades produtivas. O cenário ideal para correta utilização desses mapas é quando há apenas um mapa por operador, tornando o sequenciamento da produção simples ao colaborador.

4.2 Análise da situação atual

Para melhor entendimento de todo o processo e os problemas, foi escolhido usar a ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor - MFV. Depois de levantadas todas as informações necessárias, chegou-se no mapa da Figura 10.

Conforme o pedido do cliente, o PCP vê a necessidade de determinado material e gera as ordens de produção necessárias. Como para a montagem da peça existem seis

Figura 10 – Mapa do fluxo de valor da visão atual.



Fonte: Autor.

operações em postos de trabalho diferentes, o PCP elaborava uma programação para cada posto de trabalho.

O PCP também envia ordens de produção para cada operação. Essas ordens contém as instruções de operação e a quantidade de itens que deve ser produzida. Conforme cada ordem era produzida, o colaborador precisava assinar e enviar para o PCP fazer o apontamento da operação. Diariamente, eram recebidos quase 60 ordens de produção que, anualmente, representavam quase 12 mil folhas de papel, somente para o apontamento das ordens.

Todas as ordens eram guardadas em uma pasta e realizadas sem uma ordenação definida. Como o posto era desorganizado, muitas vezes uma ordem era iniciada sem se preocupar com a operação seguinte. Esse comportamento resultava em acúmulos de estoques intermediários entre cada operação.

O tempo de *setup* também era muito grande em relação ao tempo de ciclo das operações. Com o intuito de aproveitar o *setup* da máquina, era montada uma quantidade maior de peças, o que gerava dois problemas críticos: aumento dos níveis de estoque e o atraso em pedidos. Os estoques eram resultados da produção sem necessidade e, como era gasto tempo produzindo peças sem necessidade, acabava faltando peças para a linha seguinte.

Apesar de haver um acúmulo de itens filhos montados em estoque, ainda acontecia da linha de produção parar por não haver necessidade desses materiais já montados, mas necessitar de outros que estavam em atraso.

Para evitar que a montagem parasse por falta de matéria prima, uma pessoa da montagem ficava encarregada de conversar com a pré-montagem para indicar quais itens deviam ser montados primeiro. Como isso acabava sendo muito frequente ao longo do turno, causava grandes desperdícios de comunicação e locomoção, além do fato de que ao mesmo tempo em que se tem duas pessoas conversando, tem-se dois postos de trabalho parados. Esses fatores acabavam impactando na produtividade e na organização das duas linhas.

O *Lead Time* calculado também mostra que o tempo de entrega de um produto era altamente prejudicado. Na programação, o PCP não enxergava os dias de espera, ou seja, para ele os terminais seriam entregues em 7310 segundos, ou duas horas, após o início da pré-montagem. Por exemplo, caso o item filho fosse programado para as 6 h, a montagem já poderia iniciar as 8 h. Com o VSM, foi possível ver que não era verdade devido aos dias de espera entre operações, ou seja, a grande maioria das ordens já eram entregues de forma atrasada.

Em casos de pedidos urgentes, toda a pré-montagem tinha que trabalhar em cima do pedido urgente, o que atrapalhava todo o resto da produção. E, mesmo assim, até sair

Tabela 5 – Exemplo de itens finais das máquinas A, B e C.

Itens finais		
Máq. A	Máq. B	Máq. C
Item A1	Item B1	Item A1B1
Item A2	Item B2	Item A1B2
	Item B3	Item A1B3
	Item B4	Item A1B4
		Item A2B1
		Item A2B2
		Item A2B3
		Item A2B4

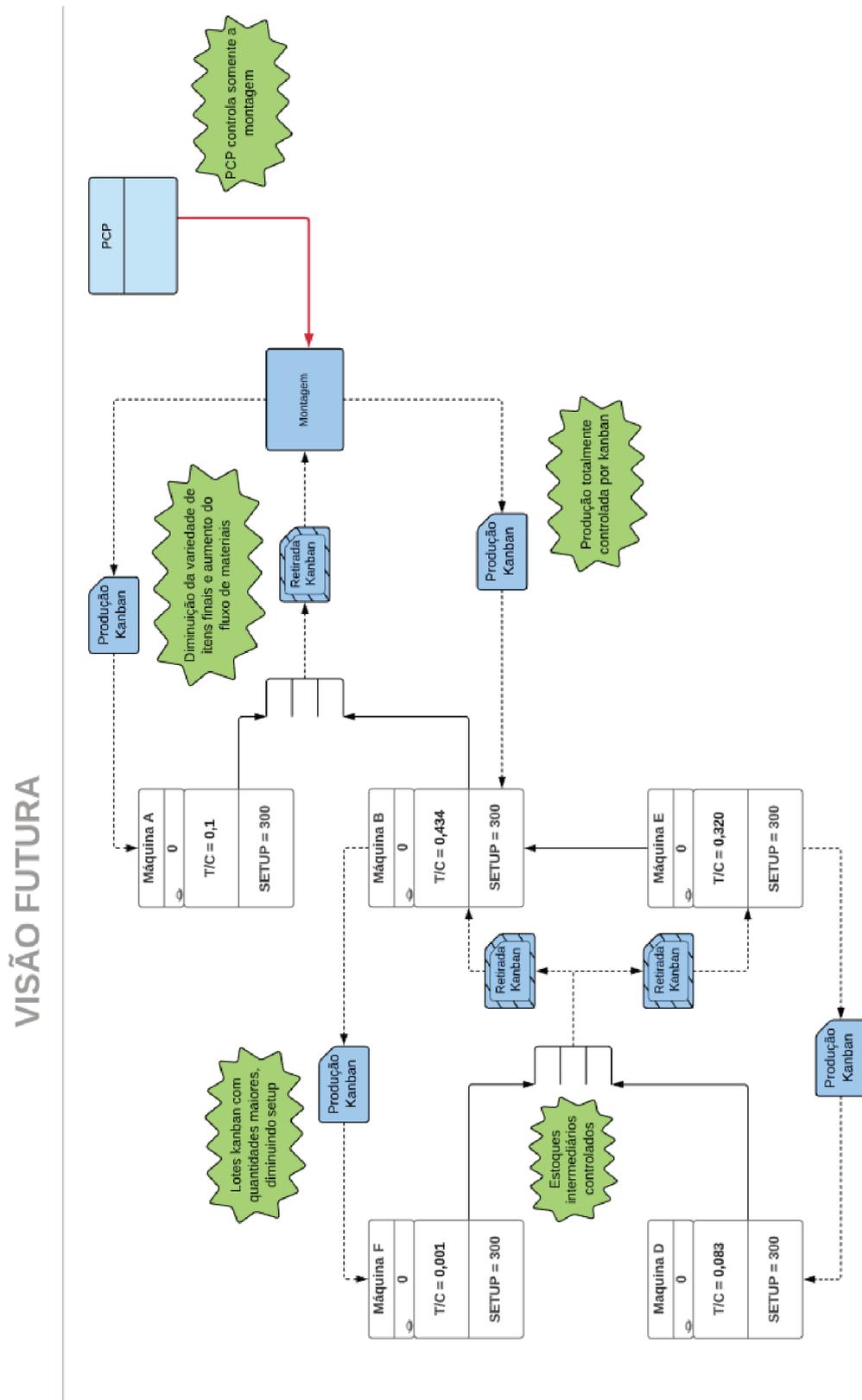
Fonte: Autor.

Com essas informações e após muita discussão, foi montado o mapa futuro da Figura 12.

Na Figura 12, os ícones verdes indicam as melhorias "kaizen" que foram obtidas através do mapa futuro. As melhorias foram as seguintes:

- Produção totalmente controlada por kanban: o mapa futuro mostra que foi planejada uma cadeia kanban dentro da pré-montagem. As máquinas D e F produzem os itens necessários para as máquinas E e B, enquanto a máquina A e B produzem as peças que serão usadas na montagem do item pai. Todas as peças estarão armazenadas em contentores kanban e, conforme são consumidas, os cartões serão alocados no quadro kanban e, quando chegar na área vermelha, que indica que o lote foi formado, será dado o sinal para iniciar sua produção.
- Estoques intermediários controlados: para possibilitar o controle dos itens kanban que saem de cada máquina, tiveram que ser criados vários itens intermediários. Ao todo, foram criados doze itens intermediários, que são os itens resultantes das máquinas F, D e A. No processo anterior, havia apenas o item após o processamento na máquina C. Portanto os estoques intermediários da linha não eram controlados.
- PCP controla somente a montagem: com o sistema puxado, o PCP não precisa programar mais as máquinas. Portanto, a atuação do PCP ficou apenas para a montagem. Além disso, o *Lead Time* de entrega de peças para a montagem foi reduzido para zero, melhorando a visão de entrega pelo PCP.
- Lotes kanban com quantidades maiores, diminuindo o *setup*: será aumentado o tamanho do lote para a produção. Antes, cada lote de peças correspondia a apenas 100 peças, ou seja, em algumas máquinas era preparado um *setup* de 300 segundos para um tempo de produção de apenas 1000 segundos. Ao aumentar o lote, o tempo de produção aumenta, assim como diminui a quantidade de *setups* nas máquinas. No próximo capítulo serão mostrados os novos lotes.

Figura 12 – Mapa do fluxo de valor da visão futura.



Fonte: Autor.

- Diminuição da variedade de itens finais e aumento do fluxo de materiais: uma das maiores mudanças no fluxo foi alterar a máquina C para fazer parte do processo da montagem. Com isso, a montagem do item pai se iniciará na máquina C, que usará os itens das máquinas A e B. Assim, pelo exemplo da Tabela 5, toda a variedade de itens da coluna “Máq. C” foi extinta e o item filho passou a ser o resultado da máquina B. Com essa mudança, foi possível diminuir para a metade a variedade de itens filhos, além de aumentar o fluxo de saída de cada item. Outra grande vantagem foi a criação de uma ponte formal de comunicação entre a pré-montagem e a montagem, ou seja, como a montagem já inicia na máquina C, não há mais a necessidade de se manter em constante comunicação para saber a demanda da linha seguinte.

Por fim, com os três operadores, um deverá ficar na máquina C, que passou a ser parte da montagem, enquanto os outros dois devem cuidar das demandas kanban. O colaborador da máquina C, conforme for montando os itens, os aloca em uma fila para a operação seguinte da montagem. Como o processo da máquina C é mais rápido que o resto da montagem, ao finalizar a demanda do dia, ele deve auxiliar os outros colaboradores com as ordens kanban. Em casos em que não haja nenhum outro lote criado, os colaboradores devem comunicar o preparador da linha para que ele os redirecione a outro posto com demanda. Esse procedimento também possibilita alcançar ganhos com melhor aproveitamento da mão de obra.

4.4 Implementação da situação futura

Para implementar o kanban foram levantados os seguintes dados para cada item:

1. tempo de montagem;
2. contenedor;
3. peças por contenedor;
4. local de produção;
5. consumo.

O tempo de montagem de cada operação foi aproveitado da cronoanálise feita para o VSM atual. O processo de montagem de cada operação não sofreria nenhuma mudança, apenas os fluxos de informação e material. Portanto, pode-se usar o mesmo tempo.

O contenedor escolhido foi o mesmo que eles já usavam para armazenar as peças, que era a caixa modelo 2010, mostrada na Figura 13. É uma caixa KLT bem resistente, leve e com um bom volume. Usar a caixa que já tinha em boa quantidade na linha

facilitou bastante o processo e eliminou a necessidade de comprar caixas novas. Foi escolhido padronizar as caixas para que as caixas vazias pudessem ser usadas para qualquer peça. Apenas para um grupo de itens intermediários menores foi escolhido usar a caixa organizadora Bin tamanho 3.

Figura 13 – Contenedor kanban.



Fonte: Site da Marfinite¹.

Com a ajuda de uma balança de contagem, foi determinada a quantidade máxima de cada item que cabia dentro da caixa. Nesse momento, também foi considerado que a caixa não ficasse tão pesada, visto que não seria ergonômico para os colaboradores.

Através do sistema da empresa, foi possível verificar o consumo de cada material no ano anterior. O sistema fornecia o consumo de cada item mês a mês, permitindo calcular a média diária. Com esses dados, tem-se a Tabela 6.

Para calcular a quantidade de caixas que deve ser usada no lote, foi usada a (4.1).

$$\text{Quantidade de caixas no lote} = \frac{\text{consumo dia médio} \times \text{dias na semana}}{\text{quantidade por caixa}} \quad (4.1)$$

Depois de formado o lote, demora-se em média um dia para produção do novo lote. Para evitar variações, como falta de funcionário, foi calculado o estoque de segurança usando três dias de estoque. Para o cálculo da quantidade de caixas no estoque de segurança foi usada (4.2).

$$\text{Quantidade de caixas no est. seg.} = \frac{\text{consumo dia médio} \times 3}{\text{quantidade por caixa}} \quad (4.2)$$

Para armazenamento das caixas, foi escolhido um *flow rack* já existente na linha de produção. Esse *flow rack* é mostrado na Figura 14. Nele cabem três caixas do tamanho

¹ Disponível em <<https://marfinite.com.br/produtos/caixa-mod-2010/>>. Acesso em: 15 out. 2020.

Tabela 6 – Dados iniciais para cálculo do kanban.

Descrição	Consumo dia médio	Tamanho da caixa	Quantidade por caixa	Tempo operação
Item intermediário 1	570	1020	300	0,083
Item intermediário 2	112	1020	300	0,083
Item intermediário 3	17	1020	100	0,083
Item intermediário 4	19	1020	300	0,100
Item intermediário 5	766	1020	300	0,100
Item intermediário 6	342	1020	300	0,100
Item intermediário 7	39	Bin 3	300	0,100
Item intermediário 8	76	Bin 3	300	0,100
Item intermediário 9	484	Bin 3	300	0,100
Item intermediário 10	155	Bin 3	300	0,100
Item intermediário 11	90	1020	500	0,001
Item intermediário 12	496	1020	500	0,001
Item final 1	90	1020	150	0,734
Item final 2	90	1020	150	0,734
Item final 3	43	1020	150	0,734
Item final 4	24	1020	150	0,734
Item final 5	44	1020	150	0,734
Item final 6	17	1020	150	0,734
Item final 7	171	1020	150	0,734
Item final 8	11	1020	150	0,734
Item final 9	207	1020	150	0,734

Fonte: Autor.

1020 por fileira. Para manter o sistema organizado, decidiu-se ter apenas um item por fileira. Portanto, para melhor aproveitamento do espaço, a quantidade total de caixas no kanban foi arredondada para múltiplos de 3. A Tabela 7 mostra todos os valores e resultados.

Assim, somando a coluna “tempo necessário por semana” tem-se o valor de 65,98 horas. Esse é o tempo médio necessário para produzir todos os lotes que são formados no período de uma semana. Cada pessoa trabalha 44 horas semanais, portanto, com duas pessoas seria possível manter o kanban sempre estável.

A partir desses dados pode-se projetar o quadro kanban e levantar a quantidade total de cartões kanban que seriam necessários. Como foi aproveitado o flowrack que já existia na linha para o kanban, os únicos custos para essa implantação acabou sendo os itens descritos na Tabela 8. O quadro kanban comprado é mostrado na Figura 15 e o cartão kanban usado é mostrado na Figura 16.

Após comprados e instalados os materiais, todos os colaboradores da linha foram chamados para um treinamento sobre a utilização do novo sistema kanban e sobre a mudança na ordem de montagem. Com todos treinados, iniciou-se a preparação para

Tabela 7 – Tabela do cálculo kanban.

Descrição	Consumo dia médio	Dias de estoque	Dias de est. Seg.	Tamanho da caixa	Qtz por caixa	Tempo operação	Tempo setup	Calculado				Real					
								Qte caixa lote	Qte caixa est. seg.	Qte caixa total	Qte caixa lote	Qte caixa est. seg.	Qte caixa total	Qte pcs no lote	Tempo para produzir lote	Qte lotes por semana	Tempo necessário por semana
Item intermediário 1	570	5	3	1020	300	0,083	10,000	9,49	5,70	15,19	9	6	15	2700	234,1	1,05	246,91
Item intermediário 2	112	5	3	1020	300	0,083	10,000	1,86	1,12	2,98	2	1	3	600	59,8	0,93	55,73
Item intermediário 3	17	5	3	1020	100	0,083	10,000	0,83	0,50	1,33	2	1	3	200	26,6	0,42	11,09
Item intermediário 4	19	5	3	1020	300	0,100	10,000	0,32	0,19	0,51	2	1	3	600	70	0,16	11,11
Item intermediário 5	766	5	3	1020	300	0,100	10,000	12,76	7,66	20,42	13	8	21	3900	400	0,98	392,67
Item intermediário 6	342	5	3	1020	300	0,100	10,000	5,69	3,42	9,11	6	3	9	1800	190	0,95	180,32
Item intermediário 7	39	5	3	Bin 3	300	0,100	10,000	0,65	0,39	1,04	2	1	3	600	70	0,32	22,67
Item intermediário 8	76	5	3	Bin 3	300	0,100	10,000	1,26	0,76	2,02	2	1	3	600	70	0,63	44,17
Item intermediário 9	484	5	3	Bin 3	300	0,100	10,000	8,06	4,84	12,90	8	4	12	2400	250	1,01	252,01
Item intermediário 10	155	5	3	Bin 3	300	0,100	10,000	2,58	1,55	4,12	2	1	3	600	70	1,29	90,20
Item intermediário 11	90	5	3	1020	500	0,001	10,000	0,90	0,54	1,44	2	1	3	1000	11	0,45	4,96
Item intermediário 12	496	5	3	1020	500	0,001	10,000	4,96	2,97	7,93	5	3	6	2500	12,5	0,99	12,40
Item final 1	90	5	3	1020	150	0,734	10,000	3,01	1,81	4,82	2	1	3	300	230,2	1,51	346,58
Item final 2	90	5	3	1020	150	0,734	10,000	3,01	1,81	4,82	2	1	3	300	230,2	1,51	346,98
Item final 3	43	5	3	1020	150	0,734	10,000	1,45	0,87	2,32	2	1	3	300	230,2	0,72	166,57
Item final 4	24	5	3	1020	150	0,734	10,000	0,80	0,48	1,28	2	1	3	300	230,2	0,40	91,95
Item final 5	44	5	3	1020	150	0,734	10,000	1,48	0,89	2,37	2	1	3	300	230,2	0,74	170,53
Item final 6	17	5	3	1020	150	0,734	10,000	0,56	0,33	0,89	2	1	3	300	230,2	0,28	64,00
Item final 7	171	5	3	1020	150	0,734	10,000	5,70	3,42	9,11	6	3	9	900	670,6	0,95	636,65
Item final 8	11	5	3	1020	150	0,734	10,000	0,38	0,23	0,60	2	1	3	300	230,2	0,19	43,38
Item final 9	207	5	3	1020	150	0,734	10,000	6,89	4,13	11,02	7	5	12	1050	780,7	0,98	768,04

Fonte: Autor.

Figura 14 – Flowrack para kanban.

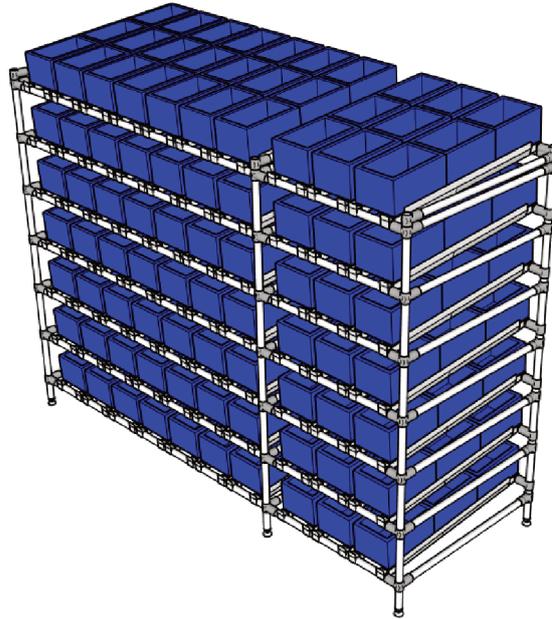
Fonte: Autor².

Tabela 8 – Investimento para implantação kanban.

Item	Quantidade	Valor total (R\$)
Quadro kanban	1	800
Cartões kanban	200	300

Fonte: Autor.

mudar para o novo sistema. Essa preparação consiste em deixar o kanban cheio o suficiente para que ele comece a fluir de forma natural. Portanto, além da produção diária, os colaboradores precisavam produzir o suficiente para preencher o kanban. Para possibilitar isso, os colaboradores aceitaram trabalhar horas extras por duas semanas e depois foi iniciado o sistema kanban.

² Criado na plataforma SketchUp da Google.

Figura 15 – Quadro Kanban usado no projeto.



Fonte: Autor.

Figura 16 – Cartão Kanban usado no projeto.



Fonte: Autor.

5 Resultados

A implantação de kanban nesse posto resultou em diversos ganhos produtivos e ergonômicos. Esse capítulo apresentará as maiores vantagens que o projeto trouxe à empresa.

5.1 Aproveitamento de *Setup*

No modelo por ordem de produção, o sistema contava com um *setup* de 10 minutos por operação. Dessa forma, semanalmente era considerado que 270 *setups* eram feitos nas máquinas, ou seja, 2700 minutos = 45 horas eram gastos por semana apenas em *setup* de máquina.

No modelo kanban, ao aumentar a quantidade de peças por lote, conseqüentemente, a quantidade de *setups* diminuiu. Somando-se a linha “qte de lotes por semana” tem-se o valor de 16,46 *setups* em média por semana, o que representa uma redução de 93,9 % em tempo de *setup* e um ganho de 42,26 horas semanais. Esse ganho é quase equivalente a uma pessoa que trabalha 44 horas semanais.

5.2 Redução do estoque parado

Através do sistema da empresa foi possível obter dados que mostram a evolução do estoque parado dos itens filhos, antes e depois da implantação do kanban. Com esses dados, pode-se construir os gráficos das Figuras 17 e 18.

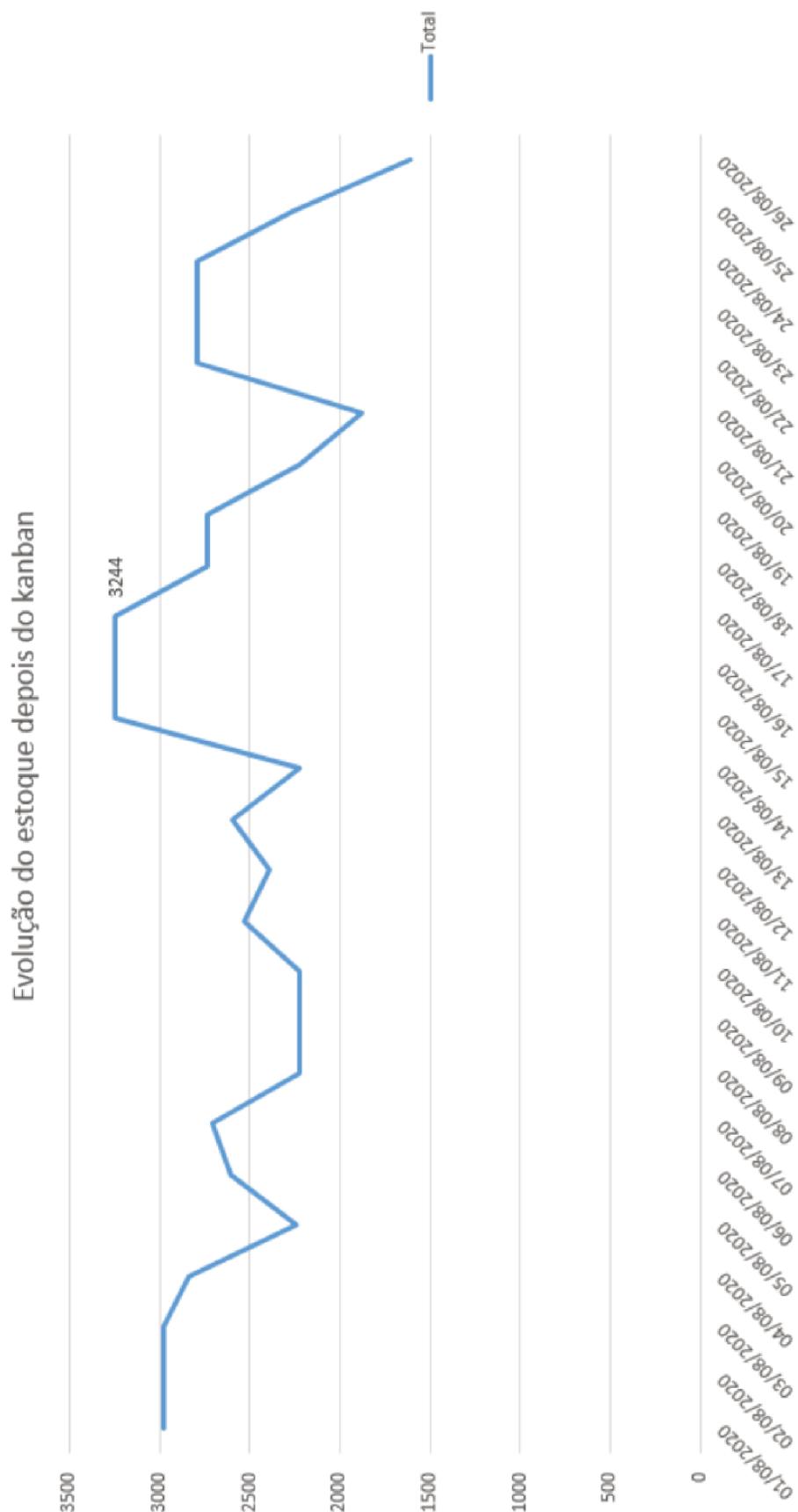
Os gráficos mostram que o pico de estoque no período analisado foi de 4799 unidades antes do trabalho, enquanto, após o projeto, o pico caiu para 3244 peças. Como agora o estoque é controlado, o próprio sistema kanban impede que o estoque ultrapasse a quantidade máxima, diminuindo, portanto, a quantidade de peças paradas diárias.

Esses valores acabam sendo mais relevantes ao analisar a diminuição do estoque parado médio mostrado na Figura 19. Antes do projeto, o estoque médio era de 3177 unidades e passou a ser de 2587 unidades, correspondendo a uma diminuição de 18,6 % em estoque parado.

5.3 Redução dos itens finais - Maior fluxo dos itens finais

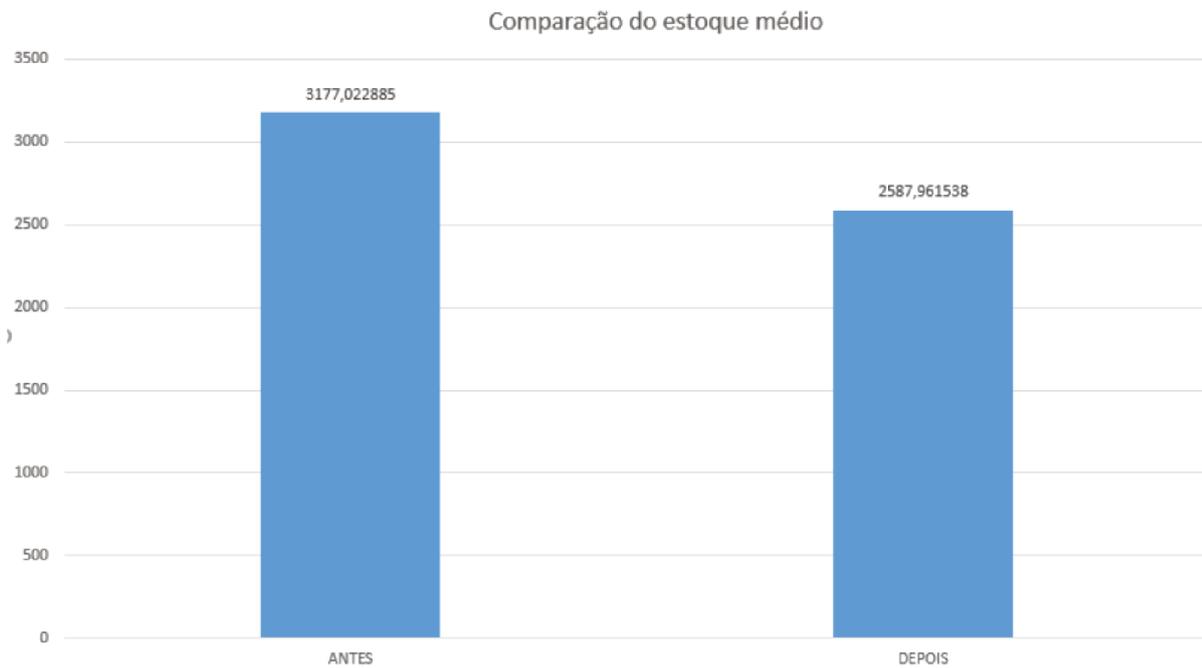
Como comentado no Item 4.3, foi possível reduzir a quantidade de itens finais com a passagem da máquina C para a montagem. Além disso, foram realizados outros

Figura 18 – Gráfico do estoque pelo tempo depois do kanban.



Fonte: Autor.

Figura 19 – Comparação entre o estoque médio antes e depois do kanban.



Fonte: Autor.

estudos em paralelo e os itens finais reduziram de 43 para 9, apenas. Antes, a relação item filho/pai era de um item filho para cinco itens pais. Com o novo sistema, a abrangência de cada item filho aumentou e elevou essa relação para um item filho para 23 itens pais, representando um aumento de 360 %.

Com isso, obteve-se maior fluxo de saída para cada item. Na situação anterior, tinha-se itens cujo consumo correspondia a apenas 16 peças ao mês. Agora, o item com menor consumo corresponde a 240 peças por mês.

Diminuindo a variação das peças, consegue-se processos mais robustos e redução na chance de falhas.

5.4 Organização

Antes, o turno iniciava as 5 h, porém a produção apenas começava meia hora depois. Durante esse tempo, um representante da linha de produção do item pai se dirigia a outra linha para organizar o que deveria ou não ser priorizado, de forma que a linha não parasse.

Também, era necessário apontar em torno de 54 ordens por dia. Esse apontamento consiste em preencher um formulário na ordem e levá-la ao escaninho de ordens apontadas. Todo esse processo durava em torno de 1 minuto por ordem, resultando em um desperdício de 54 minutos por dia para apontamento de ordens.

Apenas o apontamento e o excesso de comunicação entre as linhas de produção

somavam 84 minutos improdutivos por dia. Nessa conta, ainda foram descartadas as perdas referentes à comunicação entre os colaboradores da própria linha, que não foram possíveis de levantar.

Com o novo sistema kanban, tanto a comunicação, quanto os apontamentos, foram eliminados. Como o fluxo de informação ficou extremamente simples aos colaboradores, não há mais necessidade em alinhar as atividades. Logo no início do turno, todos já sabem o que devem fazer e podem iniciar a produção.

Outra melhoria foi no aspecto visual da fábrica. Muitos materiais que ainda estavam em processo de fabricação acabavam ficando no chão, de forma desorganizada. Ao reorganizar o *flow rack*, todos os itens agora possuem seu espaço dedicado e devidamente identificado.

5.5 Retorno

O cálculo de retorno de um investimento é feito quando há diminuição do custo do produto, seja ele otimizando um processo produtivo, tornando-o mais rápido, ou diminuindo o custo da matéria prima.

O kanban tem como objetivo eliminar desperdícios que não agregam valor ao produto. Caso essas atividades não estejam diretamente atreladas ao custo de produção, o cálculo do retorno de investimento é dificultado. No presente trabalho, não houve nenhum dos casos cujo custo do produto tenha diminuído.

Nenhuma operação no processo produtivo foi otimizada, ou seja, o tempo de produção de uma peça antes do kanban é o mesmo que após a sua implantação. O tempo de ciclo da operação não foi alterado, pois nenhuma mudança houve na operação para torná-la mais rápida. Também, não houve troca de matéria prima para baratear o produto. O que alterou foi o fluxo de informação, para realizar o próprio trabalho de forma facilitada e organizada.

Também não foi possível avaliar os ganhos em produtividade. Como já colocado neste trabalho, muitas horas que antes eram gastas em atividades que não agregavam valor, agora podem ser convertidas em horas produtivas. Porém, como não houve aumento de demanda para o item pai, não havia a necessidade de se produzir mais. Neste caso, quando os colaboradores estão sem lotes para produzir, eles são orientados a auxiliarem em outra linha de produção que possui maior demanda no momento.

Portanto, os ganhos obtidos com a implantação do kanban foram exclusivamente qualitativos. A qualidade de trabalho no posto aumentou, assim como a satisfação das pessoas que lá trabalham. A linha de produção do item pai também foi afetada positivamente, pois muitas vezes eles eram cobrados por atrasos em pedidos cujo item filho estava

em falta. Eles, por sua vez, cobravam a pré-montagem dos respectivos itens, gerando um estresse que afetava o clima organizacional no ambiente de trabalho. Com a melhoria, essa cobrança acabou naturalmente, já que agora as peças são entregues no prazo.

6 Conclusão

O presente trabalho de conclusão de curso é um estudo de caso que tinha como objetivo descrever e avaliar as idéias e ações tomadas para implantar um novo sistema de produção numa linha de montagem de componentes elétricos seguindo os conceitos Lean. Além disso, foi possível se aprimorar em diversas ferramentas de manufatura enxuta, em especial, em duas delas que foram bem utilizadas: o MFV e o Kanban.

Ao fazer o mapeamento do fluxo de valor da montagem da peça em estudo, foi possível enxergar vários dos desperdícios presentes na linha e propor a alteração do fluxo de produção e a implantação do kanban como melhorias a serem feitas.

Com a inserção de um processo no roteiro da montagem, pôde-se aumentar a abrangência dos itens filhos e criar uma ponte entre as duas linhas de produção, o que eliminava a necessidade de se manterem em constante comunicação.

O kanban, por sua vez, garantiu que os colaboradores tenham controle do que deve ser feito e das prioridades de forma clara e visível, permitindo assim, que o posto de trabalho fique mais organizado e os trabalhos sejam feitos com mais agilidade e menos desperdícios.

Dado os resultados obtidos, torna-se necessário o acompanhamento e a manutenção do sistema implantado, assim como reproduzir o sistema para outros fluxos produtivos na organização que possuem os mesmos problemas do objeto em estudo.

As ferramentas Lean usadas nesse projeto podem ajudar a visualizar os desperdícios no processo produtivo de qualquer organização. A eliminação dessas atividades que não agregam valor é considerada uma tarefa vital para seu crescimento, pois somente com isso a empresa conseguirá produzir mais com menos e manter seus preços competitivos.

Para trabalhos futuros, recomenda-se que seja estudada a viabilidade de implementação desse sistema em outras linhas de produção, assim como integrar todos os setores da empresa em um único processo, visando melhorar a eficiência da instalação como um todo.

Referências

- BHASIN, S.; BURCHER, P. Lean viewed as a philosophy. *Journal of manufacturing technology management*, Emerald Group Publishing Limited, v. 17, n. 1, p. 56–72, 2006. Citado na página 17.
- CORREA, H.; GIANESI, I. *Just In Time, MRP II and OPT: a Strategic Approach*. Sao Paulo: ATLAS. 1993. Citado na página 24.
- FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. 2002. Citado na página 37.
- GRAEML, A. R.; PEINADO, J. Administração da produção: operações industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP, 2007. Citado 6 vezes nas páginas 22, 30, 31, 32, 33 e 34.
- KAIHATU, R.; BARBOSA, R. A utilização adequada do planejamento e controle da produção (pcp), em uma indústria. *Revista Científica Eletrônica de Administração*, v. 10, n. 9, p. 15–21, 2006. Citado na página 36.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. *Fundamentos de Metodologia científica*. [S.l.]: Atlas São Paulo, 2010. Citado na página 37.
- LÉXICO, L. Glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean. *The Lean Enterprise Institute*, p. 98, 2003. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 27.
- MOURA, R. A. *Kanban: a simplicidade do controle da produção*. [S.l.]: IMAM, 1994. Citado 4 vezes nas páginas 29, 32, 33 e 35.
- OHNO, T. *O sistema Toyota de produção além da produção*. [S.l.]: Bookman, 1997. Citado 3 vezes nas páginas 17, 21 e 23.
- OLIVEIRA, C. L. P. A. Análise e controle da produção em empresa têxtil, através da cronoanálise. 2009. Citado na página 22.
- POLLICK, M. *What is Lead Time? Wise Geek*. 2016. Citado na página 24.
- RIBEIRO, P. D. *Kanban: resultados de uma implantação bem sucedida, o homem, a maquina ea tecnica a serviço da produtividade*. [S.l.]: Cop, 1989. Citado na página 29.
- RIES, E. *The lean startup: How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses*. [S.l.]: Crown Books, 2011. Citado na página 21.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. Learning to see: Value stream mapping to add value and eliminate muda. the lean enterprise institute. *Inc., Brookline, MA*, 1999. Citado 3 vezes nas páginas 25, 27 e 28.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. *Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício: manual de trabalho de uma ferramenta enxuta*. [S.l.]: Lean Institute Brasil, 2003. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 26.
- SAYER, N. J.; WILLIAMS, B. *Lean for dummies*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2012. Citado na página 21.

SHINGO, S. *O sistema Toyota de produção*. [S.l.]: Bookman Editora, 1996. Citado na página 29.

SHOOK, J. Y. Bringing the toyota production system to the united states: a personal perspective. *Becoming lean: Inside stories of US manufacturers*, Productivity Press Portland, 1997. Citado na página 23.

TUBINO, D. F. *Manual de planejamento e controle da produção*. [S.l.]: Atlas, 2000. Citado na página 30.

WERKEMA, C. Lean six sigma: Introduction to lean manufacturing tools. *Rio de Janeiro (RJ): Elsevier*, 2011. Citado na página 17.

WILSON, L. *How to implement lean manufacturing*. [S.l.]: McGraw Hill Professional, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 21.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation. *Journal of the Operational Research Society*, Taylor & Francis, 1997. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 21.