

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO

ANDRÉ LUIS MAIOCHI

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO PUXADA:
INDÚSTRIA FARMACÊUTICA**

SÃO PAULO
2021

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO PUXADA: INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

Trabalho Aplicado apresentado à Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas como requisito para a obtenção do título de Mestre em Gestão para a Competitividade.

Campo de Conhecimento: Gestão de Supply Chain

Orientadora: Prof.^a Dra. Priscila Laczynski de Souza Miguel

SÃO PAULO
2021

Maiochi, André Luís.

Implementação de um sistema de produção puxada : indústria farmacêutica /
André Luís Maiochi. - 2021.

131 f.

Orientador: Priscila Laczynski de Souza Miguel.

Dissertação (mestrado profissional MPGC) – Fundação Getulio Vargas, Escola de
Administração de Empresas de São Paulo.

1. Administração da produção. 2. Produção enxuta. 3. Indústria farmacêutica -
Brasil. I. Miguel, Priscila Laczynski de Souza. II. Dissertação (mestrado profissional
MPGC) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo. III. Fundação Getulio
Vargas. IV. Título.

CDU 658.5(81)

ANDRÉ LUIS MAIOCHI

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO PUXADA:
INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

Trabalho Aplicado apresentado à Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Gestão para a Competitividade.

Campo de Conhecimento: Gestão de Supply Chain

Data de Aprovação:
24 / 02 / 2021

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Priscila Laczynski de Souza Miguel
(Orientadora)
FGV – EAESP

Prof. Dr. André Luís de Castro Moura Duarte
INSPER

Prof. Dr. Luiz Carlos Di Serio
FGV – EAESP

Prof. Me. Marcelo Scarcelli
FGV – EAESP

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por ter colocado em meu coração o sonho de avançar em um projeto de estudo como este e por me dar forças e discernimento para realizá-lo.

Agradeço à minha esposa Fabiane, pelo apoio fundamental durante toda a jornada e, principalmente, pela compreensão da minha ausência familiar em algumas noites e finais de semana.

Agradeço também à minha primogênita Maria Eduarda e aos meus gêmeos Felipe e Henrique, fontes de força e energia que alimentaram meus pensamentos quanto ao legado que deixarei a eles, de exemplo, de esforço e dedicação e de um futuro espelhamento que os incentive a ir além do que eu fui.

Agradeço aos meus pais, que muito se esforçaram para me dar todo apoio e suporte para a minha formação, e por serem uma das minhas fontes de inspiração e exemplo de dedicação.

Por fim, agradeço à minha professora e orientadora Prof.^a Dra. Priscila Laczynski de Souza Miguel, pelo tempo dedicado ao desenvolvimento do meu trabalho.

RESUMO

A indústria farmacêutica, juntamente com as demais indústrias, tem sido afetada pela crise econômica brasileira e, adicionalmente, pela crise gerada pela pandemia da COVID-19. Portanto, tem-se buscado, com mais veemência, o aumento de produtividade e eficiência operacional, bem como a redução de estoques e eliminação de desperdícios. Isso tudo, visando a geração de vantagem competitiva sustentável.

Muitas empresas têm direcionado sua atenção aos fundamentos da Manufatura Enxuta e à difusão de um dos seus princípios, o sistema de produção puxada. Diferentemente de outras indústrias, a indústria farmacêutica tem apresentado certo atraso na adoção dessa prática e, portanto, ainda há oportunidades para realização de estudos que a orientem na adoção da prática de um sistema de produção puxada.

O propósito deste trabalho aplicado é descrever o processo de preparação para a implementação de um sistema de produção puxada em uma fábrica de medicamentos oncológicos injetáveis, entender as particularidades da indústria farmacêutica e identificar as barreiras e fatores de sucesso na implementação dessa prática.

Para esse propósito, foi realizada uma pesquisa de natureza aplicada e qualitativa, utilizando-se procedimentos metodológicos de pesquisa-ação.

Os resultados evidenciam a importância da gestão da mudança durante a implementação, bem como da maturidade em práticas de Manufatura Enxuta antes de seguir com a implementação de um sistema de produção puxada. Ainda, demonstram em detalhes a definição e o dimensionamento dos elementos de um sistema de produção puxada, além de apresentarem os possíveis impactos das Boas Práticas de Fabricação da indústria farmacêutica nos resultados de implementações de práticas de Manufatura Enxuta.

Palavras-chave: sistema de produção puxada, manufatura enxuta, indústria farmacêutica, Brasil.

ABSTRACT

The pharmaceutical industry, along with other industries, has been affected by the Brazilian economic crisis and additionally by the recent COVID-19 pandemic crisis. Therefore, efforts have been made to increase productivity and operational efficiency, as well as reducing inventories and eliminating waste. All this to generate a sustainable competitive advantage.

Many companies have directed their attention to the basics of lean manufacturing and the diffusion of one of its principles, the pull production system. Unlike other industries, the pharmaceutical industry has shown a certain delay in adopting lean manufacturing. Therefore, there are still opportunities to carry out studies that guide this industry in adopting the principle of a pull production system.

The purpose of this applied work is to describe the preparation process for a pulled production system implementation in an injectable cancer medication factory, the particularities of pharmaceutical industry, and identify the barriers and success factors in the implementation of this practice.

For this purpose, an applied and qualitative research was carried out, using methodological procedures of action research.

The results of this work show the importance of change management during implementation as well as the maturity in Lean Manufacturing practices before proceeding with implementation of pull production system. Besides, demonstrate detail about the definition and dimensioning of pull production elements, also, present the possible impacts of Pharmaceutical Good Manufacturing Practices on Lean Manufacturing.

Keywords: pull system, lean manufacturing, pharmaceutical industry, Brazil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 – Casa Sistema Toyota	19
Figura 2 – Exemplo de um sistema puxado	27
Figura 3 – Exemplo de um sistema empurrado	28
Figura 4 – Sistema Puxado de Reposição	28
Figura 5 – Sistema Puxado Sequencial	29
Figura 6 – Sistema Puxado Misto	29
Figura 7 – Fluxo de Valor Total	32
Figura 8 – Etapas do Mapa de Fluxo de Valor	32
Figura 9 – Tipos de estoques no supermercado	34
Figura 10 – Cartão Kanban de reposição	39
Figura 11 – Cartão Kanban de produção	39
Figura 12 – Exemplo de um quadro porta-Kanban e do quadrado Kanban	40
Figura 13 – Exemplo de um quadro Heijunka	45
Figura 14 – Exemplo de FIFO	48
Figura 15 – Sequência da pesquisa-ação	53
Figura 16 – Etapas da pesquisa-ação	53
Figura 17 – Linha de tempo da jornada de Transformação Enxuta	55
Figura 18 – Reunião de Centro de Trabalho	57
Figura 19 – Exemplo de gerenciamento visual	57
Figura 20 – Gráfico SQIEP-5S	58
Figura 21 – Time do projeto	61
Figura 22 – Linha de fabricação de medicamentos oncológicos injetáveis	61
Figura 23 – Ordem cronológica da coleta de dados	62
Figura 24 – Exemplo de símbolos MFV	63
Figura 25 – Fluxo do processo produtivo de um produto oncológico injetável na forma de solução líquida	65
Figura 26 – Fluxo do processo produtivo de um produto oncológico na forma de pó líofilo injetável	66
Figura 27 – MFV do estado atual	67
Figura 28 – Fases do projeto	75

Figura 29 – Cronograma geral do projeto	75
Figura 30 – Fluxo do processo produtivo com supermercados, Pacemaker e FIFO	86
Figura 31 – Fluxo do processo produtivo e pontos de estoques.....	85
Figura 32 – Composição do estoque dos supermercados.....	86
Figura 33 – Modelo do quadro Kanban	88
Figura 34 – Modelo do cartão Kanban.....	88
Figura 35 – Lógica de formação dos Kanbans	89

QUADROS

Quadro 1 – Resumo dos fatores de sucesso e barreiras na implementação de práticas de Manufatura Enxuta	23
Quadro 2 – Comparação entre ME e BPF.....	25
Quadro 3 – Quadro resumo do referencial teórico	50
Quadro 4 – Configuração dos centros de trabalho.....	57
Quadro 5 – Temas e indicadores do gráfico SQIEP- 5S.....	57
Quadro 6 – Participantes do workshop de liderança.....	70
Quadro 7 – Cargos dos respondentes do questionário 1	71
Quadro 8 – Funções dos respondentes do questionário 2	72
Quadro 9 – Plano de comunicação	78
Quadro 10 – Fatores de sucesso identificados no projeto	98
Quadro 11 – Particularidades da indústria farmacêutica e impactos nas práticas da ME.....	106

GRÁFICOS

Gráfico 1 – Takt Time do produto PAC 100mg (horas).....	81
Gráfico 2 – Takt Time do produto DOX 50mg (horas)	81
Gráfico 3 – Takt Time consolidado para todo portfólio Onco injetáveis	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de cálculo do Takt Time.....	46
Tabela 2 – Exemplo de cálculo do Pitch.....	46
Tabela 3 – Previsão de volume de produção.....	65
Tabela 4 – Horas disponíveis em cada processo produtivo	79
Tabela 5 –Horas necessárias para atendimento da demanda.....	80
Tabela 6 – Exemplo de cálculo de Takt Time para o produto PAC 100mg	80
Tabela 7 – Exemplo de cálculo de Takt Time para o produto DOX 50mg.....	81
Tabela 8 – Sequenciamento ótimo no processo de revisão.....	83
Tabela 9 – Simulação e definição da frequência de produção no processo de revisão	84
Tabela 10 – Frequência de produção no processo de revisão	84
Tabela 11 – Cálculo do estoque do supermercado de produto terminado	87
Tabela 12 – Cálculo da quantidade de cartões do Kanban de produto terminado.....	87
Tabela 13 – Produtos com tamanho de lote maior que a demanda	105

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

5S – *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*

API – *Active Pharmaceutical Ingredient* ou Princípio Ativo Farmacêutico

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BPF – Boas Práticas de Fabricação

CONWIP – Estoque em Processo Constante

EPEX – *Every Part Every Interval* ou Toda Parte Todo

FIFO – *First In First Out* ou Primeiro a Entrar e Primeiro a Sair

GMP – *Good Manufacturing Practices* ou Boas Práticas de Fabricação

JIT – *Just in Time* ou Justo a Tempo

LM – *Lean Manufacturing* ou Manufatura Enxuta

ME – Manufatura Enxuta

MFV – Mapa de Fluxo de Valor

MIT – *Massachusetts Institute of Technology*

MP – Matéria-prima

MRP – *Material Requirement Planning* ou Plano de Necessidades de Material

OEE – *Overall Equipment Effectiveness* ou Eficiência Geral de Equipamento

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PMP – Plano Mestre de Produção

STP – Sistema Toyota de Produção

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

TAKT – Tempo Disponível para Trabalho dividido pela Demanda

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPT – Toda Parte Toda

WIP – *Work in Progress* ou Estoque em Processo

VSM – *Value Stream Mapping* ou Mapa de Fluxo de Valor

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Contextualização	12
1.2	Objetivos da pesquisa	13
1.2.1	Objetivo principal	13
1.2.2	Objetivos secundários	13
1.3	Estrutura do trabalho.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	A Origem da Manufatura Enxuta.....	15
2.2	Princípios da Manufatura Enxuta	17
2.3	Desperdícios	18
2.4	Princípios, práticas e ferramentas	19
2.5	Barreiras e Fatores de Sucesso em implementações de práticas da ME	20
2.6	Manufatura Enxuta na indústria farmacêutica.....	24
2.7	Sistema de Produção Puxada	26
2.8	Principais elementos de um sistema de produção puxada	30
2.8.1	Supermercado.....	32
2.8.2	Sistema <i>Kanban</i>	35
2.8.2.1	Função e vantagens do sistema <i>Kanban</i>	35
2.8.2.2	Regras do sistema <i>Kanban</i>	36
2.8.2.3	Tipos de sistemas <i>Kanban</i>	37
2.8.2.4	Operacionalização de um sistema <i>Kanban</i>	38
2.8.2.5	Implementação de um sistema <i>Kanban</i>	40
2.8.3	Heijunka.....	42
2.8.3.1	Quadro Heijunka.....	44
2.8.4	<i>Takt Time, Pitch, Pacemaker</i> e TPT.....	45
2.8.5	FIFO	47
2.8.6	Planejamento e Controle de Produção.....	48
3	METODOLOGIA	51
3.1	Método utilizado, justificativa e questão de pesquisa	51
3.2	Plano de trabalho.....	52
3.3	A empresa foco da pesquisa-ação.....	54
3.4	Transformação Enxuta.....	55
3.4.1	Etapa de Estabilidade	55
3.4.2	Etapa de Fluxo.....	59
3.4.3	Etapa de Puxada.....	59
3.5	Equipe participante da pesquisa-ação	60
3.6	Unidade de análise.....	61
3.7	Coleta de dados.....	62
3.7.1	Maapeamento do fluxo de valor do estado atual	62

3.7.2	Workshop com a liderança e questionários	68
3.7.2.1	Workshop com a liderança	69
3.7.2.2	Primeiro questionário	70
3.7.2.3	Segundo questionário	71
3.8	Método de análise de dados	72
4	PREPARAÇÃO PARA A IMPLEMENTAÇÃO	74
4.1	O Projeto.....	74
4.1.1	Conceitualização	74
4.1.1.1	Escopo e reunião de <i>kick-off</i>	75
4.1.1.2	Treinamentos, transferência de conhecimento e engajamento.....	76
4.1.2	Design de Implementação	78
4.1.2.1	Mapa do estado futuro	78
5	ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS	90
5.1	Análise dos dados do <i>workshop</i> com a liderança	90
5.2	Análise dos dados do questionário 1	91
5.3	Análise dos dados do Mapeamento do Fluxo de Valor	93
5.4	Análise dos dados do questionário 2	94
5.5	Resultados.....	97
6	CONCLUSÃO	109
6.1	Contribuição do trabalho	111
6.2	Limitação da pesquisa-ação	111
	REFERÊNCIAS.....	113
	APÊNDICE A – Simbologia de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV)	118
	APÊNDICE B – Práticas da Manufatura Enxuta	120
	APÊNDICE C – Principais ferramentas da manufatura enxuta	121
	APÊNDICE D – Ferramenta MIRO e reuniões virtuais de trabalho	122
	APÊNDICE E – Fotos dos principais processos	123
	APÊNDICE F – Levantamento prévio de dados para o MFV	126
	APÊNDICE G – Primeiro questionário	127
	APÊNDICE H – Segundo questionário	129

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A desaceleração do crescimento econômico no Brasil trouxe à tona um debate que estava relativamente apagado nos temas e discussões sobre a economia brasileira: a produtividade (DE NEGRI; CAVALCANTI, 2014). O aumento do potencial econômico de um país está altamente relacionado à sua produtividade e, para comprovar esse vínculo, basta olhar a relação entre produtividade e desempenho econômico da Alemanha e da China nas últimas décadas (WU, 2019).

Quando o tema é produtividade, encontramos um importante fato histórico após a Segunda Guerra Mundial, que destaca a necessidade de busca de maior produtividade para se tornar competitivo em diferentes mercados. A economia do Japão foi devastada pela guerra, em meados do século XX, e sua produtividade de trabalho ficou muito atrás dos Estados Unidos (HOPP; SPEARMAN, 2004). O presidente da Toyota Motors Company, Kiichiro Toyoda, reconheceu que a empresa não sobreviveria se não conseguisse alcançar o mercado americano (OHNO, 1997) e que, para serem competitivos frente às montadoras norte-americanas, era preciso melhorias drásticas na produtividade. Diante dessa circunstância, surgiu então o Sistema Toyota de Produção, que se desdobra em uma série de princípios, práticas e ferramentas.

Após o sucesso da Toyota, inúmeras organizações de manufatura e serviços, em diferentes setores, aplicaram práticas da manufatura enxuta com o objetivo de melhorar a eficiência e a produtividade (DORA et al., 2013). Segundo Serrano Lasa, De Castro e Laburu (2009), a implementação da manufatura enxuta tem sido uma das razões para recentes melhorias na produtividade em vários setores industriais. Um setor com alto potencial de melhorias é o farmacêutico.

A indústria farmacêutica sofre com a expiração de patentes de produtos lançados na década de 1990, a "era de ouro" da indústria farmacêutica, e com a introdução progressiva de alternativas genéricas menos caras. Há uma clara redução de receita devido à concorrência de alternativas genéricas, um aumento de custos de P&D e concorrência crescente. Isso tem levado as empresas desta indústria a aplicarem metodologias de ME para melhoria de seu desempenho (NENNI; GIUSTINIANO; PIROLO, 2014; HÄMÄLÄINEN, 2019).

Nos últimos anos, houve um aumento de interesse nesse campo por acadêmicos e

profissionais de todo o mundo. A pesquisa sobre manufatura enxuta, especialmente as mais recentes, é extremamente diversificada e fragmentada, não apenas em termos das questões exploradas, mas também de metodologias adotadas, contextos e caminhos de implementação (DANESE, MANFE E ROMANO, 2018).

Apesar dos benefícios tangíveis e intangíveis gerados com a implementação das práticas da manufatura enxuta relatados pela Toyota e outros diversos estudos (SERRANO LASA; De CASTRO; LABURU, 2009; BELEKOUKIAS, 2014; DANESE; MANFE; ROMANO, 2018; GARZA-REYES et al., 2018), sua implementação não é tarefa fácil, e ter sucesso na primeira tentativa de implementação não é comum para a maioria das empresas (SCHERRER-RATHJE; BOYLE; DEFLORIN, 2009; BASIN, 2012; LODGAARD et al., 2016).

Desta forma surge a seguinte questão de pesquisa: como implementar um sistema de produção puxada em uma linha de produção de medicamentos oncológicos injetáveis?

1.2 Objetivos da pesquisa

1.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal desta pesquisa é descrever o processo de preparação para a implementação de um sistema de produção puxada em uma linha de produção de medicamentos oncológicos injetáveis.

1.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários são:

- Obter conhecimentos teóricos sobre os elementos do sistema de produção puxada, roteiros de implementação e principais barreiras e fatores de sucesso na implementação do sistema;
- Mapear o fluxo de valor do sistema de produção no seu estado original conforme a lógica empurrada;
- Mapear as oportunidades de melhoria do estado futuro;
- Definir e dimensionar os elementos do sistema puxado;
- Identificar barreiras e fatores de sucesso para a correta implementação;

1.3 Estrutura do trabalho

O trabalho está estruturado em 6 capítulos, a saber:

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO: refere-se à contextualização, objetivo principal e objetivos secundários;

Capítulo 2 – REFERENCIAL TEÓRICO: composto pela revisão bibliográfica, aborda os princípios, práticas e ferramentas da manufatura enxuta, assim como as barreiras e fatores de sucesso em sua implementação. Por fim, aprofunda-se no conceito de sistema de produção puxada e seus elementos, foco deste trabalho.

Capítulo 3 – METODOLOGIA: refere-se à metodologia empregada nesta pesquisa. A metodologia abrange também a definição do método e os procedimentos metodológicos utilizados, bem como as definições de coleta e análise de dados;

Capítulo 4 – PREPARAÇÃO PARA A IMPLEMENTAÇÃO: apresenta o desenvolvimento do trabalho em relação à preparação para a implementação do sistema de produção puxada;

Capítulo 5 – ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS: apresenta os resultados obtidos ao longo do estudo;

Capítulo 6 – CONCLUSÃO: o último capítulo apresenta as conclusões acerca da realização do trabalho, suas contribuições e limitações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são abordados os principais pontos da literatura sobre a Manufatura Enxuta, bem como seus princípios, práticas e ferramentas, com destaque para os conceitos do sistema de produção puxada, foco deste trabalho.

Inicia-se abordando a origem do Sistema Toyota de Produção (STP) e do termo Manufatura Enxuta (ME), ou *Lean Manufacturing* (LM). Em seguida, são apresentados os princípios e pilares de uma Manufatura Enxuta, na qual a filosofia *Just-in-Time* (JIT) está inserida, com destaque para sua principal prática, o sistema de produção puxada.

Devido ao fato de a maioria das empresas falhar ao tentar adotar o conceito da ME (LODGAARD et al., 2016), é importante entender quais são as barreiras e os fatores de sucesso em implementações desse tipo e, por esse motivo, o tema está incluído no referencial teórico.

Faz parte do referencial teórico uma síntese das ferramentas da ME e elementos do sistema puxado de produção, como Supermercado, *Kanban*, *Takt Time*, frequência de produção, *Pace Maker* e *Heijunka*.

Vale ressaltar que boa parte do referencial teórico se baseia em livros de autores seminais do Sistema Toyota de Produção, pois conforme Shah e Ward (2007), em geral, os primeiros livros japoneses são mais precisos nas definições e conceitos, bem como na identificação de seus componentes, quando comparados com artigos de pesquisa, porque estes se concentraram em definir e descrever componentes específicos do sistema ao invés do todo.

2.1 A Origem da Manufatura Enxuta

Embora haja indícios históricos de pensamento enxuto desde a construção naval em Veneza, em 1450, a primeira pessoa a integrar todo um processo de produção foi Henry Ford. Ele criou o conceito de peças intercambiáveis, trabalho padrão e transporte móvel para criar o que ele chamou de produção de fluxo (*LEAN ENTERPRISE INSTITUTE*, 2020).

No outro hemisfério, os executivos e membros da família fundadora da Toyota Motors Company, Kiichiro Toyoda e Taiichi Ohno, encaravam uma situação complexa, logo após a Segunda Guerra Mundial. Devido ao colapso do mercado japonês, só haveria uma chance maior de sobrevivência para a empresa se ela competisse no mercado norte-americano. Kiichiro Toyoda declarou categoricamente que, se o Japão não alcançasse os Estados Unidos em três anos, a indústria automobilística do Japão não sobreviveria (OHNO, 1997).

Porém, eles entenderam que, para serem competitivos no mercado norte-americano, precisariam de inovações que possibilitassem desenvolver um portfólio com maior variedade de produtos, mas sem perder o conceito de produção de fluxo. Portanto, após uma visita à Ford, nos Estados Unidos, em 1950, eles reinventaram o Fordismo e deram origem ao Sistema Toyota de Produção. Com foco principal na flexibilização da produção, perceberam que deveriam criar um sistema que identificasse e eliminasse perdas para aumentar a produtividade e a eficiência operacional, com o objetivo de reduzir custos e aumentar, tanto a qualidade, quanto a velocidade de entrega dos produtos aos clientes (OHNO, 1997).

O STP só atraiu a atenção das indústrias japonesa e mundial a partir da primeira crise do petróleo, em 1973. As empresas passavam por dificuldades e tinham projeções de fecharem o ano com prejuízo. Porém, entre elas, havia uma empresa que despontava, e diferentemente das demais, estava obtendo lucro. Essa empresa era a Toyota Motors (OHNO, 1997).

O termo Sistema de Manufatura Enxuta foi cunhado em 1988 por John Krafcik, que após analisar os modelos mais recentes do Fordismo e do Sistema Toyota de Produção, constatou que as fábricas da Toyota realmente tinham uma operação enxuta. Os níveis de estoques eram mínimos, os custos eram reduzidos, os problemas de qualidade eram identificados e resolvidos rapidamente e as linhas de montagem, sem *buffers*, eram de fluxo contínuo (KRAFCIK, 1988).

Esse processo de pensamento enxuto foi minuciosamente descrito por Womack, Jones e Roos, em 1990, no livro *“The Machine that Changed the World”*, que constitui um estudo sobre a indústria automobilística mundial realizado pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), nos anos 80. A obra chamou a atenção de empresas de diversos setores ao apresentar um levantamento das ferramentas, princípios e técnicas encontrados em organizações que vinham apresentando desempenho notável no mercado mundial, mais especificamente, nas empresas automotivas japonesas. Os autores chamaram esse conjunto de práticas de Manufatura Enxuta, e as empresas que os aplicavam plenamente, de Empresa Enxuta.

A conclusão de Womack e Jones (2003), no contexto de ME em comparação com modelos convencionais de gestão, consistia em colocar em primeiro plano a busca da perfeição no fluxo de valor de produtos e repensar todos os aspectos, desde empregos, carreiras, funções e a própria empresa, a fim de especificar corretamente o valor e fazer esse fluxo avançar continuamente ao longo de toda a cadeia, tudo sendo puxado pelo cliente.

No entanto, ainda segundo os mesmos autores, deve-se superar as barreiras institucionais e emergir a discussão das questões mais críticas, como:

- O comprometimento da liderança para uma transformação da ME;

- A superação das barreiras políticas e assuntos legais relativos à implementação da ME;
- O gerenciamento, com eficácia, do sistema sociocultural na implementação da ME.

2.2 Princípios da Manufatura Enxuta

Womack, Jones e Roos (2003) referem-se ao conceito de pensamento enxuto como um antídoto para a eliminação de desperdícios e de tudo o que não acrescenta valor. Eles elencaram cinco princípios que servem como guia para a implantação da manufatura enxuta:

- **Análise de Valor:** define detalhadamente o significado de valor de um produto, em termos das suas especificações, preço, prazo de entrega, etc., a partir da perspectiva do cliente final. Segundo Womack, Jones e Roos (2003), o ponto de partida essencial para o pensamento enxuto é o valor, o qual só pode ser definido pelo cliente final, e só é significativo quando expresso em forma de um produto específico que atenda às necessidades do cliente a um preço e momento específicos;

- **Mapeamento da Cadeia de Valor:** identifica a cadeia de valor para cada produto, ou família de produtos, incluindo os dados de cada operação de transformação necessária, bem como o fluxo de informação inerente à família ou produto. Para Womack, Jones e Roos (2003), a cadeia de valor é o conjunto de todas as ações específicas necessárias para se levar um produto específico a passar pelas tarefas gerenciais críticas, que são: a tarefa de solução de problemas, que vai da concepção até o lançamento do produto, a tarefa de gerenciamento da informação e a tarefa de transformação física;

- **Fluxo de Trabalho:** o fluxo contínuo estabelece condições para ultrapassar a separação de processos por funções ou departamentos, processamento em lote e economias de escala. Conforme Liker e Meier (2007), o objetivo do fluxo de trabalho não é apenas fazer com que materiais ou informações se desloquem com rapidez, mas ligar processos e pessoas de modo que os problemas apareçam imediatamente;

- **Produção Puxada:** configuração do sistema produtivo para que o acionamento se dê a partir do pedido do cliente, seja ele interno ou externo, de forma que o fluxo da programação seja puxado, e não, empurrado. No sistema puxado, as atividades da empresa estão baseadas na demanda imediata do cliente, e busca-se dar ao cliente o que ele quer, na quantidade e no momento que ele precisa (LIKER; MEIER, 2007);

- **Perfeição:** busca incessante da melhoria do fluxo de valor por meio de um processo contínuo de redução de perdas e desperdícios. Para Ohno (1997), o aperfeiçoamento da

produção pode ser dividido em aperfeiçoamento do trabalho e aperfeiçoamento de equipamentos.

2.3 Desperdícios

A Manufatura Enxuta tem como fundamento a eliminação de desperdícios, que são assim categorizados por Ohno (1997):

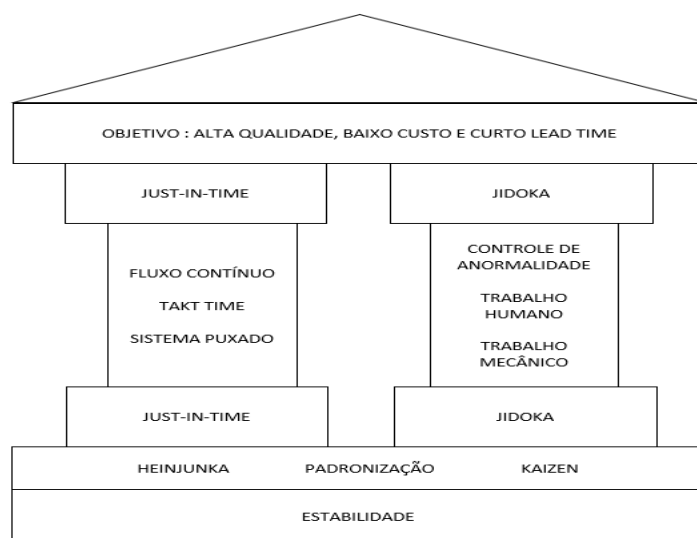
- Superprodução: produzir ou fazer mais, ou antes do necessário, acarreta desvios e distúrbios, aumentando o fluxo de materiais e refletindo negativamente na produtividade, na qualidade e no aumento dos custos de estoque, armazenagem e manuseio. Há também um aumento no risco de obsolescência do estoque adicional;
- Espera: ocorre quando produtos e/ou serviços não estão se movendo ou sendo processados, permanecendo em fila para atendimento, ou espera para a próxima etapa do processo. As causas comuns se devem ao fluxo de material ruim, ciclos de produção que não atendem ao ritmo do cliente e distância entre as atividades;
- Estoque: ter mais ou menos produto do que se irá consumir é resultado direto de superprodução e espera. Excesso de estoque esconde os problemas no chão de fábrica, que devem ser identificados e solucionados a fim de melhorar o desempenho operacional. Excesso de estoque é algo que, além de aumentar o custo total de estocagem e o risco de obsolescência, aumenta os prazos de entrega, consome espaço produtivo, atrasa a identificação de problemas e inibe a comunicação;
- Transporte: movimentação desnecessária de um produto ou material no fluxo produtivo, resultando em um tempo de ciclo e custo organizacional maiores. Não agrega valor ao cliente e causa um impacto desfavorável em performance;
- Processamento: excesso de etapas desnecessárias no processo, repetidas, ou com valor agregado não requisitado ou observado pelo cliente, as quais podem ser eliminadas sem o comprometimento do produto ou serviço final;
- Movimentação desnecessária: pessoas ou materiais que necessitam se movimentar para executar etapas de um processo;
- Defeitos: erros no processo que geram defeitos, retrabalhos, atrasos, riscos e danos ao produto ou serviço. Tais erros representam custos altíssimos para as organizações, que compõem, desde inventário em quarentena, reinspeção, reprogramação, até perda de capacidade.

Liker e Meier (2007) acrescentaram posteriormente, como oitavo elemento, o desperdício do potencial humano criativo e suas formas de manifestar conhecimentos e habilidades adquiridos. Alguns exemplos de atitudes que alimentam o desperdício de talento são não ouvir as percepções das pessoas envolvidas no trabalho, não as envolver na identificação e resolução dos problemas com os quais lidam diariamente, limitar o acesso ao conhecimento de informações gerenciais, entre outros.

2.4 Princípios, práticas e ferramentas

Foi a partir da identificação dos desperdícios que se desenvolveu a filosofia do STP, que com seus princípios, práticas e ferramentas, é capaz de combater as fontes de aumento de custos, eliminando ou reduzindo qualquer atividade, ação ou estoque que não agregue valor. A filosofia do STP tem dois pilares, definidos por Ohno (1997) como *Just-in-Time* (JIT) e Automação (*Jidoka*), que podem ser visualizados na figura 1, na representação da Casa do Sistema Toyota de Produção.

Figura 1 – Casa Sistema Toyota



Fonte: Adaptado de Lean Lexicon (2008)

A automação (*Jidoka*) é uma automação sem toque humano, que consiste em equipar os postos de trabalho com dispositivos capazes de identificar erros ou anormalidades e, automaticamente, parar a atividade naquele posto e avisar o operador sobre a ocorrência do problema. Isso impede que unidades defeituosas de um processo precedente sigam no fluxo.

Just-in-Time significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas alcançam a linha de montagem no momento e na quantidade em que são necessárias (OHNO, 1997). Para Dennis (2015), o objetivo do JIT é produzir um fluxo de valor contínuo para que o cliente possa puxar. É o instrumento certo para oferecer uma rápida resposta aos clientes e um melhor entendimento do tempo *Takt* e do controle de anormalidades.

Ainda na casa do STP, vemos na sua base, as práticas de padronização e estabilidade através da produção nivelada, que faz uso das ferramentas de *Heijunka* e *Kanban*, processos normalizados e melhoria contínua.

As práticas da ME potencializam eliminação ou redução de desperdícios e agregam valor. De acordo com Santos et al. (2017), essas práticas são: sistema de produção puxada, células de manufatura, equipes multifuncionais, autonomia, operações padronizadas, gerenciamento visual, ausência de defeito, melhoria contínua, troca rápida de ferramentas e integração das cadeias de suprimentos. As definições dessas práticas encontram-se no Apêndice B.

As ferramentas da ME viabilizam a utilização dos seus conceitos na prática. Há diversas ferramentas que suportam a ME, auxiliando as empresas na implementação das mudanças, muitas delas oriundas do STP, e que são aplicadas de acordo com as características de negócio de cada organização (MOSTAFA; DUMRAK; SOLTAN, 2013).

De acordo com Werkema (2012), as principais ferramentas da ME são Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), *Kaizen*, A3, *Kanban*, Padronização, 5S, Redução de *Setup* (SMED), *Total Productive Maintenance* (TPM), Gestão Visual e *Poka-Yoke*. A definição dessas ferramentas encontra-se no Apêndice C.

2.5 Barreiras e Fatores de Sucesso em implementações de práticas da ME

A implementação das práticas da ME promete benefícios significativos em termos de redução de desperdícios, aumento de comunicação e integração na organização e sua cadeia de abastecimento. Porém, sua implementação não é uma tarefa fácil. É requerido comprometimento e engajamento da organização como um todo, empoderamento e autonomia dos colaboradores e transparência das informações. Para a maioria das empresas, não é comum obter sucesso na primeira tentativa de implementação (RATHJE; BOYLE; DEFLORIN, 2009).

Segundo Lodgaard et al. (2016), embora exista abundante literatura, acadêmica e profissional, sobre práticas e implementação da ME, a maioria das empresas falha ao tentar adotar esse conceito em sua organização. Consequentemente, é importante entender quais são

as barreiras e os motivos dessa alta taxa de falha e, assim, planejar ações que transpassem essas barreiras, viabilizando uma implementação bem-sucedida.

De acordo com Mostafa, Dumrak e Soltan (2013), existem sete fatores que influenciam o sucesso na implementação de práticas da ME: composição de times de especialistas, internos e externos; análise vigorosa da atual situação da organização; plano robusto de comunicação; programa amplo de treinamento; entendimento e uso corretos das ferramentas da ME; elaboração de um mapa de fluxo de valor (MFV); revisitação das lições aprendidas; e, por fim, aplicação de métricas para avaliação do uso e funcionamento das práticas.

Rathje, Boyle e Deflorin (2009) atribuem o sucesso de uma implementação de práticas de ME ao comprometimento e engajamento visíveis da alta gestão, à autonomia dos funcionários para que tomem as decisões de mudanças nos processos de forma simples e rápida, à transparência das informações e dos objetivos de curto e longo prazo, à publicação das evidências dos resultados das primeiras práticas implementadas, ao início das mudanças por meio de um processo ou área-piloto, ao foco e às pessoas dedicadas ao projeto.

Os autores ainda destacam que, após as primeiras conquistas com a implantação das práticas de ME, é fundamental criar iniciativas que sustentem a metodologia ao longo do tempo a fim de evitar que os processos retornem aos formatos anteriores, e desenvolver um sistema que monitore e avalie continuamente as práticas para corrigir erros ao longo da jornada.

Nos estágios iniciais de implementação, o compartilhamento das melhores práticas por uma equipe de implementação dedicada contribui de forma relevante para o sucesso do programa. Porém, à medida em que a implementação avança, a metodologia precisa ser expandida para toda a organização. Recursos externos podem ser usados no início, mas têm efeito mais limitado quando as empresas atingem maior maturidade nas práticas de Manufatura Enxuta (NETLAND, 2015).

Segundo Mostafa, Dumrak e Soltan (2013), para promover a universalidade e a familiarização dos conceitos, é necessário o uso de roteiros de fácil compreensão, com estrutura prática e que contemple os quatro estágios:

1. Conceituação: este primeiro estágio deve contemplar o desenho do escopo, reunião de *kick-off*, treinamento conceitual e transferência de conhecimento para a equipe de implementação;
2. Design de implementação: estágio de aquecimento, no qual são realizados os levantamentos e diagnósticos por meio do mapeamento do fluxo de valor atual e discussão do estado futuro com a identificação das práticas e ferramentas da ME;

3. Implementação e Avaliação: etapa de execução do plano definido no estágio anterior. Sugere-se realizar um projeto-piloto para desenvolver um protótipo, ou teste de implementação;

4. *Rollout*: estágio final em que o foco reside na documentação e na formalização das lições aprendidas, nas mudanças de escopo durante a implementação, em novos padrões e procedimentos criados e no plano de melhoria contínua.

É importante frisar que as atividades de monitoramento e controle da implementação devem estar presentes nos quatros estágios.

O tamanho da empresa aparece em alguns estudos como um fator de impacto na implementação das práticas da ME. As pequenas e médias empresas dispõem de menos recursos organizacionais e financeiros do que as empresas maiores. Por outro lado, elas desfrutam de maior flexibilidade e capacidade de efetivar mudanças de forma ágil (NETLAND, 2015).

Em sua pesquisa, Dora et al. (2013) identificaram que empresas, de pequeno e médio porte, que tiveram sucesso na implementação das práticas da ME, haviam definido como fatores de sucesso o comprometimento da alta gerência, treinamento, recursos, cultura e estrutura organizacional. Os autores também encontraram relevância em fatores como a natureza do processo e do produto, onde organizações com operações com mão de obra intensiva, produtos perecíveis e com alta volatilidade encontraram um desafio maior na implementação da ME.

A pesquisa revelou que, dentre os fatores organizacionais, como tamanho de fábrica, estrutura, remuneração e agente de mudança, este último apresentou relevância maior. É muito importante que as empresas encontrem um agente de mudança motivado e que sirva como catalisador para a mudança. Além disso, a falta de um plano de implementação bem estruturado pode ser uma das razões pelas quais a implementação das práticas da ME tenha menor probabilidade de sucesso.

No referencial teórico de sua pesquisa, Halling e Wijk (2013) relatam vinte e nove possíveis barreiras em uma implementação das práticas da ME. São elas: consultores com conhecimento limitado sobre as práticas e ferramentas da ME; problemas com a liderança; problemas com tempo; falta de visão futura; falta de visão comum sobre ME; silos organizacionais; comunicação insuficiente; cultura reativa; falta de conhecimento da ME por parte dos operadores; falta de trabalho padronizado; falta de cooperação com organizações externas; falta de processos de acompanhamento e avaliação; não cumprimento das regras; problemas com terminologia; problemas com o perfil dos profissionais; momento organizacional não propício; falta de pessoas com experiência para ensinar e treinar; problemas relativos à senioridade da

força de trabalho; tamanho da organização; cultura; resistência a mudanças; falta de *ownership*; seleção fraca dos participantes dos processos de melhoria contínua; falta de alinhamento do programa de melhoria contínua com a estratégia do negócio; falta de recursos; gerentes com acúmulo de funções estratégicas e táticas; comprometimento financeiro e humano.

Diferentes grupos em diferentes níveis hierárquicos têm diferentes percepções sobre os diferentes tipos de barreiras na implementação de práticas da ME. Para a alta gestão, as principais barreiras estão mais na falta de conhecimento sobre as práticas e ferramentas da ME e menos nas questões de liderança e pessoas. Já os operadores entendem que as maiores barreiras estão relacionadas à liderança e, por fim, a média gerência acredita que as barreiras estão relacionadas a liderança e conhecimento, sendo este último o fator de maior influência (LODGAARD ET AL., 2016).

O quadro 1 resume os fatores de sucesso e as barreiras de implementação das práticas de ME.

Quadro 1 – Resumo dos fatores de sucesso e barreiras na implementação de práticas de Manufatura Enxuta (continua)

Fatores de Sucesso e Barreiras	Referencial
Engajamento e comprometimento da organização	RATHJE; BOYLE; DEFLOREN (2009); DORA et al (2013)
Empoderamento e autonomia dos colaboradores	
Transparência de informações	
Publicação de evidências dos resultados das primeiras práticas implementadas	
Início das mudanças por meio de um processo ou área-piloto	
Iniciativas que sustentem as práticas de ME implementadas	
Sistema de monitoramento e avaliação contínua das práticas de ME implementadas	
Foco e pessoas dedicadas ao projeto	
Composição de times de especialistas internos e externos	MOSTAFA; DUMRAK & SOLTAN (2013); DORA et al (2013)
Definição de um agente de mudança	
Utilização de roteiro de fácil compreensão	
Análise vigorosa da atual situação da organização	
Plano robusto de comunicação	
Programa amplo de treinamento	
Entendimento e uso correto das ferramentas da ME	
Elaboração de um mapa de fluxo de valor (MFV)	
Revisitação das lições aprendidas	HALLING & WIJK (2013)
Utilização de métricas para avaliação do uso e funcionamento das práticas	
Participação de consultores com amplo conhecimento sobre as práticas e ferramentas da ME	
Visão comum sobre ME	
Conhecimento de ME por parte dos operadores	
Trabalho padronizado	HALLING & WIJK (2013)
Momento organizacional propício para a implementação das práticas de ME	

Fatores de Sucesso e Barreiras	Referencial
Pessoas com experiência para ensinar e treinar	HALLING & WIJK (2013)
Tamanho e complexidade da organização	
Cultura atual e possível resistência a mudanças	
Alinhamento do programa de melhoria contínua com a estratégia do negócio	
Falta de recursos	
Gerentes com acúmulo de funções estratégicas e táticas	
Comprometimento financeiro e humano	

Quadro 1 – Resumo dos fatores de sucesso e barreiras na implementação de práticas de Manufatura Enxuta (conclusão)

Fonte: Elaboração própria

2.6 Manufatura Enxuta na indústria farmacêutica

A manufatura enxuta foi implementada com sucesso na indústria automotiva, na fabricação de motocicletas, colchões, pneus e, até mesmo, nas indústrias de serviços, porém a indústria farmacêutica tem sido muito tímida em encontrar soluções nessa modalidade (SMART, 2010; GREENE; O'ROURKE, 2006; HÄMÄLÄINEN, 2019).

O crescimento da indústria farmacêutica nas economias emergentes, sofre com a expiração de patentes de produtos lançados na década de 1990, a "era de ouro" da indústria farmacêutica, e com a introdução progressiva de alternativas genéricas menos caras. Há uma clara redução de receita devido à concorrência de alternativas genéricas, um aumento de custos de P&D e concorrência crescente. Esses desafios têm levado as empresas desta indústria a aplicarem metodologias da ME para melhoria de seu desempenho (NENNI; GIUSTINIANO; PIROLO, 2014; HÄMÄLÄINEN, 2019).

A indústria farmacêutica dispõe, em grande parte, de um ambiente de boas práticas de fabricação (BPF) cujo foco é garantir a fabricação de produtos seguros e eficazes. Isso significa que cada processo deve ser completamente documentado e pautado por padrões técnicos e procedimentos operacionais. Essa ênfase na conformidade regulatória e na confiabilidade técnica torna mais difícil a implementação das práticas de ME nessa indústria (SMART, 2010).

Ainda segundo o autor, o desafio das empresas farmacêuticas é determinar como implementar práticas de ME em um ambiente com BPF, que realmente não é receptivo a mudanças e melhorias de curto prazo devido ao longo *lead time* de aprovação regulatória. Em um ambiente farmacêutico, vários departamentos são, geralmente, discretos e isolados, e a qualidade rege a duração de ciclo. Uma implementação eficaz de ME nessa indústria teria que conferir igual importância à qualidade e ao tempo de ciclo.

As BPF não funcionam da mesma forma que a ME, embora ambas tendam a garantir o cliente com o melhor produto. A ME foca em garantir um equilíbrio entre produtividade e qualidade, ao mesmo tempo em que reduz o desperdício, enquanto a BPF se concentra na qualidade com base em documentos, procedimentos e inspeções (KHLAT; HARB; KASSEM, 2014). Chowardy e Damian (2012) mencionam que todas as regras estabelecidas pelas BPF e regulamentadas pela área de garantia de qualidade, às vezes são inúteis, mas sua aplicação é obrigatória, pois qualquer violação dos requisitos pode levar a pesadas penalidades.

O quadro 2 apresenta uma comparação das BPF com a ME e sugere que elas têm objetivos conflitantes. Enquanto as BPF se concentram na fabricação como meio de confeccionar produtos seguros e eficazes para o paciente, a ME concentra-se na fabricação como um ambiente para melhoria e criação de valor para o cliente. Os objetivos duplos da ME, de reduzir ou eliminar desperdícios e criar valor, diferem do objetivo das BPF, ou seja, garantir que os controles estejam em vigor para entregar um medicamento seguro e eficaz.

Quadro 2 – Comparação entre ME e BPF

Tópicos	BPF	ME
Objetivos	Garantir a eficácia do produto Prevenir prejuízo	Reduzir desperdícios Criar valor
Foco	Desenvolvimento de produto Fabricação e qualidade garantida	Fluxo de valor
Abordagem da manufatura	Qualidade em primeiro lugar	Qualidade balanceada com produtividade
Melhoria	Regulada e prudente	Contínua e simultânea
Metas	Seguir processos validados Prevenir desvios	Reduzir custos Melhorar qualidade Reduzir duração de ciclo Reduzir estoques Melhorar a entrega
Ferramentas	Documentação Qualificação e treinamento de pessoal Processos de limpeza Validação e qualificação de processos Revisão de conformidade Auditorias	Mapeamento do fluxo de valor Melhorias <i>Kaizen</i> Prova de erros Sistema puxado Treinamentos Expansão da função de qualidade

Fonte: Greene e O'Rourke (2006, p. 2)

O desafio da indústria farmacêutica ao implementar as práticas da ME é apresentar fluxo de produtos e serviços e avançar o lote de fabricação para a unidade única de fluxo. Em uma manufatura farmacêutica enxuta, as BPF e as práticas de ME devem ser parceiras iguais, e suas práticas devem ser incluídas na cultura da organização e na estratégia de negócios. Outro desafio é tentar implementar ferramentas enxutas em sua estratégia e, ao mesmo tempo, seguir

todas as regras e regulamentos das BPF. A ME é essencial para redução de custos e eliminação de desperdícios, assim como as BPF também são essenciais para manter a melhor qualidade de medicamentos, especialmente porque entregam os produtos a pacientes que procuram o controle e a cura de suas enfermidades (GREENE; O'ROURKE, 2006).

Segundo Sieckmann, Ngoc, Helm e Kohl (2018) os processos de *setup* na indústria farmacêutica levam muito mais tempo em comparação com a produção de automóveis, principalmente, devido aos processos complexos de limpeza e testes. Há, neste ponto, grande potencial para melhorias. O uso de sistemas dedicados para produtos específicos é uma boa opção para se evitar operações de *setup* e limpeza, porém, ajustes nos *layouts* da planta, habituais no contexto de projetos de ME, muitas vezes não têm relação custo-benefício positiva na produção farmacêutica, uma vez que seus equipamentos de produção não podem ser movidos facilmente por serem integrados nas estruturas dos edifícios ou operados em salas menores, especialmente reservadas.

As empresas farmacêuticas estão buscando a otimização e sincronização de processos que impactam negativamente nos tempos de *setup* e de ciclo. Elas construíram a base para um sistema de produção puxada da cadeia de abastecimento, por exemplo, com relacionamentos de longo prazo com fornecedores. No entanto, abordagens como a de um sistema de produção puxada para processos de produção internos e a do reabastecimento orientado pela demanda, ainda não são muito comuns na indústria farmacêutica. Otimizações de *layout* muitas vezes são negligenciadas na indústria. Processos e máquinas estão localizados próximos uns dos outros com o objetivo de minimizar o manuseio e o armazenamento de materiais. No entanto, os processos de fabricação não são sincronizados ou gerenciados pelo *Takt Time* do cliente. Além disso, os processos, desde a pesagem da matéria-prima até a embalagem do produto acabado, envolvem uma série de interrupções e, portanto, não caracterizam fluxos contínuos completos (FRIEDLI; GOETZFRIED; BASU, 2010).

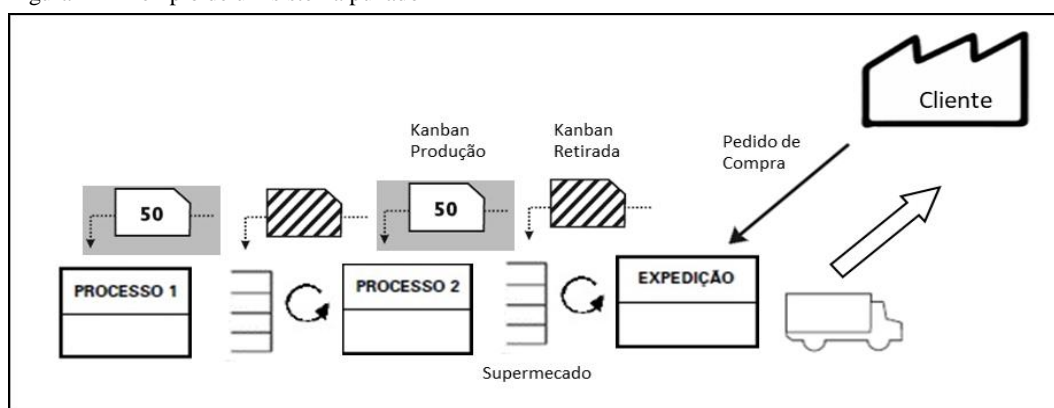
2.7 Sistema de Produção Puxada

O sistema de produção puxada, além de ser um dos cinco princípios da ME (WOMACK; JONES; ROOS, 2003), é também uma das principais práticas do JIT, pois um dos requisitos para a produção JIT é permitir que todos os processos tenham o tempo exato e a quantidade necessária para o atendimento da demanda (MONDEN, 2015).

Os sistemas de fluxo de materiais em uma indústria são classificados como sistema

empurrado e sistema puxado. O sistema de produção puxada consiste na capacidade da empresa em planejar, programar e fabricar exatamente o quê e quando o cliente quer (WOMACK; JONES, 2003). É um sistema que elimina a necessidade de programação dos processos produtivos, e no qual os operadores é que decidem o quê, quanto e quando fazer, usando um sistema *Kanban*, conforme exemplificado na figura 2. O procedimento é iniciado pelo último processo e acumula pequenos estoques entre cada um, chamados de supermercado. Assim, o pedido do cliente é recebido no último processo, que busca no supermercado do processo anterior a quantidade necessária para atender ao pedido. Esse processo, por sua vez, busca no supermercado do processo anterior as peças necessárias para repor o seu próprio supermercado, e assim sucessivamente (MONDEN, 2015).

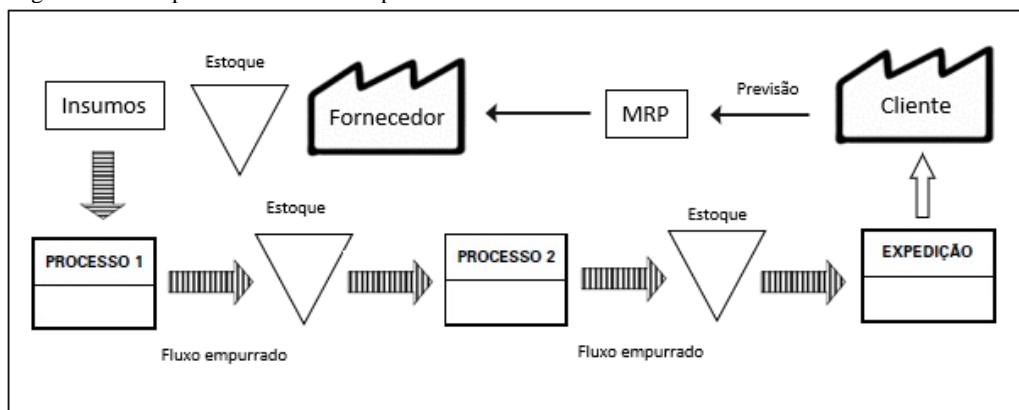
Figura 2 – Exemplo de um sistema puxado



Fonte: Adaptado de Lean Institute Brasil

Já em um sistema empurrado, exemplificado na figura 3, a quantidade e o tempo do fluxo de material em cada estágio são previstos com antecedência. Com base nessa previsão, os materiais são empurrados de um estágio fornecedor para um estágio consumidor. Segundo Dallasega et al. (2019), um sistema de produção empurrada libera materiais ou ordens de produção no sistema com base em datas de entrega planejadas. A vantagem é um maior *output* do sistema com uma alta utilização de equipamentos, e a desvantagem é um aumento acentuado dos níveis de estoque e de ocupação de espaços da fábrica e armazéns (TRIANA; BEATRIX, 2019).

Figura 3 – Exemplo de um sistema empurrado

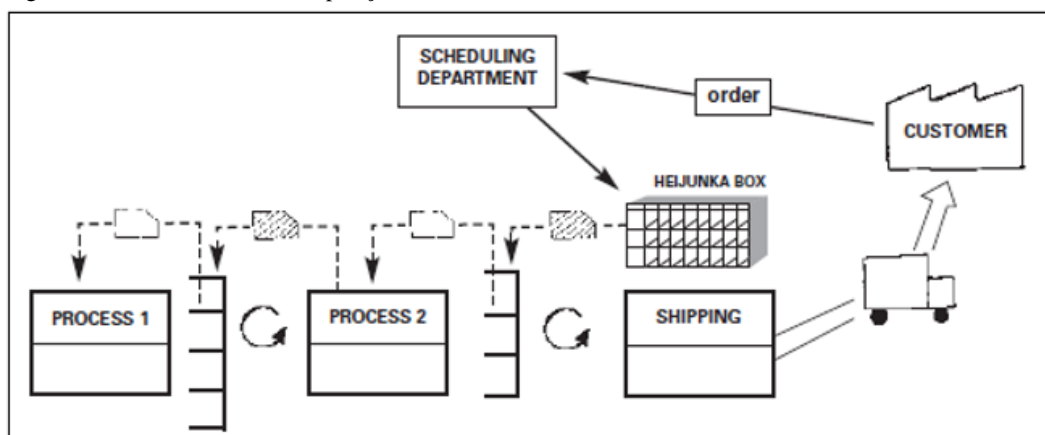


Fonte: Elaboração própria

Segundo Smalley (2004), são três os modelos básicos de sistemas de produção puxada:

- **Sistema Puxado com Supermercado:** também conhecido como sistema de reposição, é o modelo mais utilizado no sistema puxado. Nesse modelo, cada processo tem um supermercado que armazena o estoque de cada item e produz apenas o necessário para repor o que é retirado do seu supermercado. Na figura 4, percebe-se que o pedido do cliente chega ao último processo do fluxo de valor e a puxada se inicia através de um *Kanban* de retirada. O inconveniente desse modelo é que um processo precisa manter um estoque com tudo o que produz, conferindo complexidade em caso de uma grande variedade de produtos;

Figura 4 – Sistema Puxado de Reposição

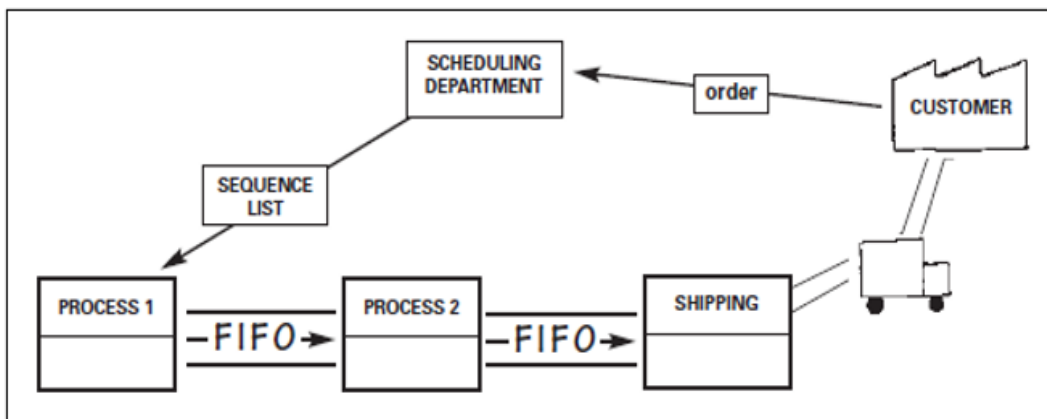


Fonte: Lean Lexico (2008, p. 82)

- **Sistema Puxado Sequencial:** pode ser empregado quando há grande variedade de produtos a ser armazenada em um supermercado. Os produtos são feitos, basicamente, sob encomenda para minimizar os estoques, são estabelecidos um mix e uma quantidade a ser produzida por meio dos cartões *Kanban* em um quadro *Heijunka*. As instruções de produção são enviadas ao processo inicial do fluxo de valor na forma de uma lista sequencial, e cada um

dos processos seguintes produz, em sequência, os itens que chegam até ele, originados no processo anterior, mantendo-se o FIFO para cada produto. Um sistema sequencial requer gestão mais atenta para assegurar as melhorias no chão de fábrica, que sofrerá pressão para manter *lead times* curtos e previsíveis.

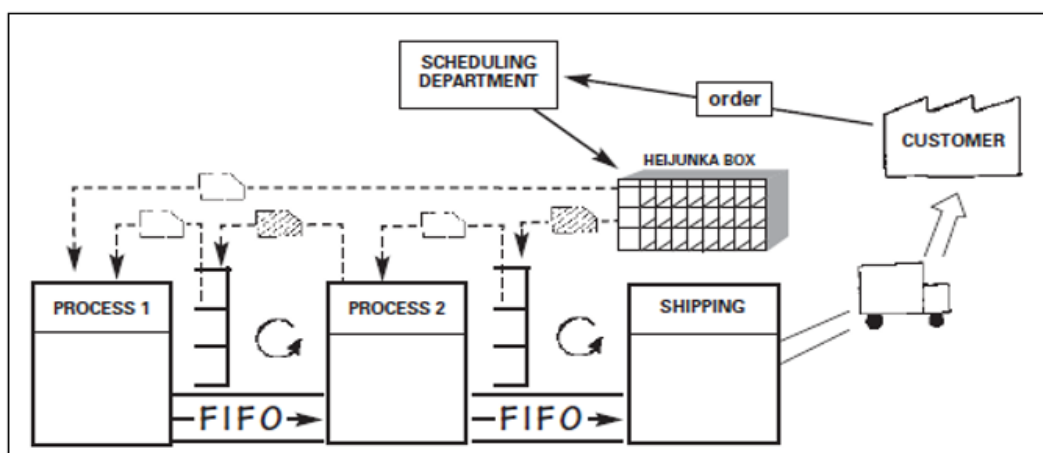
Figura 5 – Sistema Puxado Sequencial



Fonte: Lean Lexico (2008, p. 83)

- **Sistema Puxado Misto:** sistema que permite operar com ambos os sistemas, conseguindo-se os benefícios gerados por cada um deles. Os dois sistemas podem ocorrer ao mesmo tempo ou podem ser usados para um determinado produto em alguns trechos de seu fluxo de valor. Ele é ideal quando um percentual pequeno de produtos responde pela maior parte do volume de produção.

Figura 6 – Sistema Puxado Misto



Fonte: Lean Lexico (2008, p. 81)

Conforme Dennis (2015), o sistema puxado de reposição é o mais comum e requer reabastecimento por meio de um supermercado de produto acabado ou peças. Os cartões *Kanban* fornecem autorização de produção e sequência no quadro *Heijunka*. O supermercado

de produtos acabados está situado no final da linha de produção e o seu tamanho depende das taxas de produção e retirada. Todas as peças necessárias para fabricar os produtos são armazenadas na área de produção, geralmente em supermercado menor, cujo tamanho também depende das taxas de produção e retirada.

Esse sistema funciona melhor quando os pedidos dos clientes são frequentes e os *lead times* de produção são curtos e estáveis. Além disso, é exigido algum estoque de produtos acabados e estoque WIP. O desafio é a melhoria contínua para reduzir constantemente o estoque.

Já o sistema puxado sequencial é usado quando a frequência do pedido é baixa e o *lead time* de produção é longo. Os cartões *Kanban* fornecem autorização e sequência de produção no quadro *Heijunka*, e as faixas FIFO (primeiro a entrar, primeiro a sair) regulam cuidadosamente a quantidade de ordem liberada para os processos produtivos. Esse sistema requer pouco ou nenhum estoque de produtos acabados.

Há ainda o sistema puxado misto, uma combinação dos outros dois tipos, recomendável quando há pedidos de alta e de baixa frequências. Ele funcionará com os tipos de *Kanban* e quadros *Heijunka* customizados para cada tipo de sistema e, portanto, terá uma combinação operacional de ambos.

Nos três modelos de sistema puxado de produção existem alguns elementos técnicos importantes como: manter os produtos fluindo em pequenos lotes criando *one piece flow*, ou fluxo contínuo, onde for possível; puxar os processos de acordo com o tempo *Takt*; sinalizar o reabastecimento usando-se um *Kanban*; e nivelar o mix e a quantidade de produtos.

O sistema puxado exige dos demais elos da cadeia o comprometimento de oferecer insumos com *lead time* mais curto, bem como manter o seu nível de estoque controlado. Outro ponto importante é a confiabilidade exigida no fornecimento, uma vez que os estoques são otimizados ao longo da cadeia e o risco de ruptura é maior em caso de atrasos ou problema de qualidade dos insumos (RAHMAN; SHARIF; ESA, 2014).

2.8 Principais elementos de um sistema de produção puxada

Algumas ferramentas e conceitos da ME, tais como *Kanban*, supermercado, *Heijunka*, tempo *Takt*, *Pacemaker* e outros, são aplicados em um sistema de produção puxada. Esses elementos são definidos e dimensionados após a realização de um mapeamento de fluxo de valor (MFV) que permitirá a coleta de dados necessários para os cálculos de dimensionamento. Além de ser a base para definições e dimensionamentos dos elementos de um sistema de

produção puxada, o MFV é um dos fatores que influenciam o sucesso da implementação de práticas de ME (MOSTAFA; DUMRAK; SOLTAN, 2013).

O Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), ou *Value Stream Mapping* (VSM), é uma ferramenta da ME que permite a visão holística dos fluxos de valor de um processo ou de uma organização. Um fluxo de valor inclui todas as atividades que agregam valor, as que não agregam valor e as que suportam atividades necessárias para criar um produto ou fornecer um serviço para o cliente (SUNK et al., 2017).

Para Yuksel e Uzunovic (2019), o MFV é simplesmente a transferência de informações acerca de um fluxo de valor para um mapa, representando assim o estado atual, ou futuro, de um processo. Mais precisamente, o MFV pode ser definido como o simples processo de observação dos fluxos de materiais e informações do momento atual, resumindo-os visualmente e prospectando um estado futuro com desempenho muito superior.

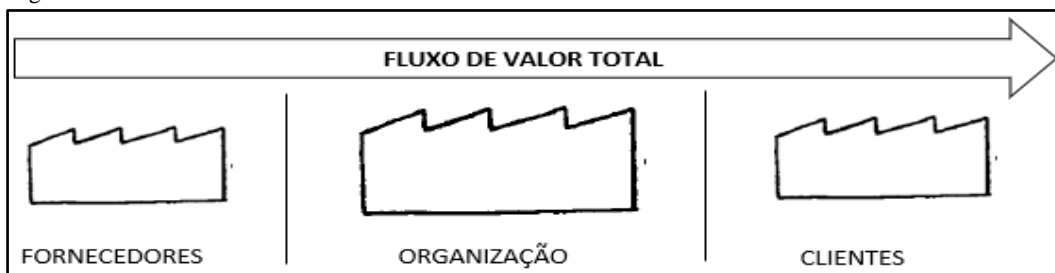
O MFV é uma ferramenta que utiliza símbolos gráficos para apresentar visualmente o fluxo de valor de uma empresa por intermédio do mapeamento dos movimentos de informações, de materiais e de operações da empresa (WERKEMA, 2012).

Para identificar possíveis oportunidades de melhoria, o MFV considera todo o tempo de operação em que se agrega valor e o compara com o *lead time* total do processo, o que inclui atividades que existem no fluxo e que, porventura, agregam, ou não, valor. Quanto maior a diferença entre esses tempos, maiores as oportunidades de melhorias (SUNK et al., 2017).

As atividades que agregam valor são aquelas que transformam ou melhoram o produto ou serviço, aumentando a percepção de valor pelos clientes. Por outro lado, atividades que não agregam valor podem ser definidas como aquelas que consomem recursos, mas não contribuem diretamente para a adição de valor ao produto ou serviço (YÜKSEL; UZUNOVIĆ, 2019).

O MFV é um método utilizado para se identificar valores e desperdícios. É uma forma visual de mapear o fluxo de materiais e informações, desde o fornecimento da matéria-prima pelos fornecedores até a entrega ao cliente (figura 7). Adotar uma perspectiva de fluxo de valor significa trabalhar no cenário geral, não apenas em processos individuais, melhorando o todo, e não apenas partes (ROTHER; SHOOK, 2012).

Figura 7 – Fluxo de Valor Total



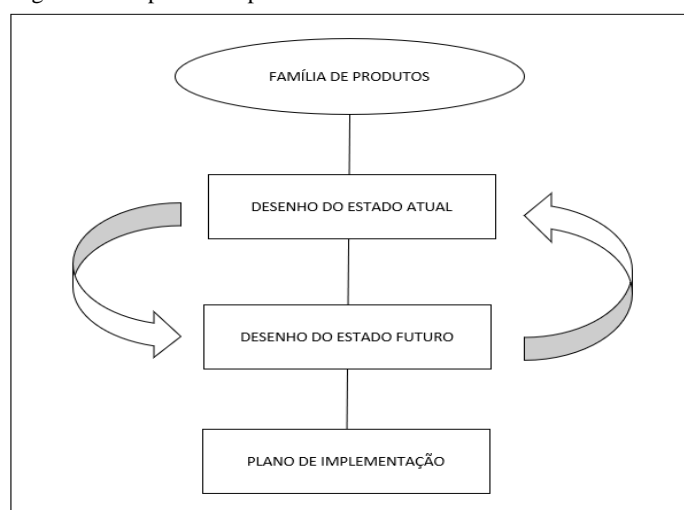
Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2012, p.13)

Os motivos para usar o mapeamento do fluxo de valor, segundo Werkema (2012), são:

- Entender melhor o fluxo de valor de toda a organização e dos processos, e não apenas uma visão individualizada, seja de um processo ou de um departamento;
- Auxiliar na identificação e consenso das etapas que geram valor ou desperdício;
- Visualizar a relação entre os fluxos de materiais e informações que influenciam o *lead time*;
- Comunicar-se em linguagem simples e acessível para a melhoria dos processos;
- Obter suporte na elaboração de um plano de ação para aplicação das ferramentas de ME mais adequadas.

Rother e Shook (2012) formularam um guia prático para esclarecer quais são as partes fundamentais dessa ferramenta e como aplicá-las. Os autores segmentaram o MFV em quatro etapas principais, conforme representado na figura 8.

Figura 8 – Etapas do Mapa de Fluxo de Valor



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2012, p. 19)

2.8.1 Supermercado

Em um sistema puxado, aplica-se o conceito de supermercado quando é impossível ter um

fluxo contínuo, o qual, segundo Rother e Shook (2012), significa produzir uma peça de cada vez, com cada item passando de um processo para o seguinte imediatamente, sem qualquer parada entre eles. Supermercado é um ponto de estoque intermediário usado para o abastecimento dos itens de maneira confiável e flexível, mantendo-se sempre o princípio JIT.

Os motivos que tornam impossível a manutenção de um fluxo contínuo e, portanto, requerem produção por lotes, são: processos com tempo de ciclo muito rápido ou muito lento comparado aos demais processos produtivos; fornecedores com localizações distantes; processos de baixa confiabilidade; processos com tempo de *setup* muito grande; e produtos com tempo de disponibilidade muito longo, o que aumenta o tempo de resposta às necessidades dos clientes. Portanto, esses processos formam um estoque intermediário onde fica o supermercado.

Em um sistema de produção empurrada, enquanto os estoques são, por vezes, resultados inerentes aos processos desbalanceados, na ME eles são posicionados estrategicamente para garantir o abastecimento de todos os processos produtivos. O estoque necessário em cada supermercado é calculado previamente, sendo distribuído por toda a fábrica para fazer a conexão entre dois pontos de trabalho relacionados.

O estoque do supermercado é estabelecido pela quantidade de cartões *Kanban*, e seu funcionamento é análogo ao dos tradicionais supermercados, com seu processo convencional de reabastecimento de prateleira (OHNO, 1997). Quando um item é consumido em um supermercado, o sistema *Kanban* sinaliza à produção para que reponha o item.

O reabastecimento inicia-se no supermercado do cliente, onde o produto final é consumido no momento em que o cliente necessita e na quantidade desejada. O consumo reduz o estoque até o nível de reposição, quando é originada uma ordem de reabastecimento. O tempo de reposição é o tempo total necessário para reabastecer o supermercado, desde o momento em que a ordem de produção é liberada até a disponibilidade do item para consumo. Portanto, o tempo de reposição é composto pelo tempo de transporte do supermercado até o recurso produtivo onde ocorrerá a atividade ou o processamento, pelo tempo médio de *setup*, tempo de produção e tempo de reposição do lote, desde a linha de produção até o supermercado.

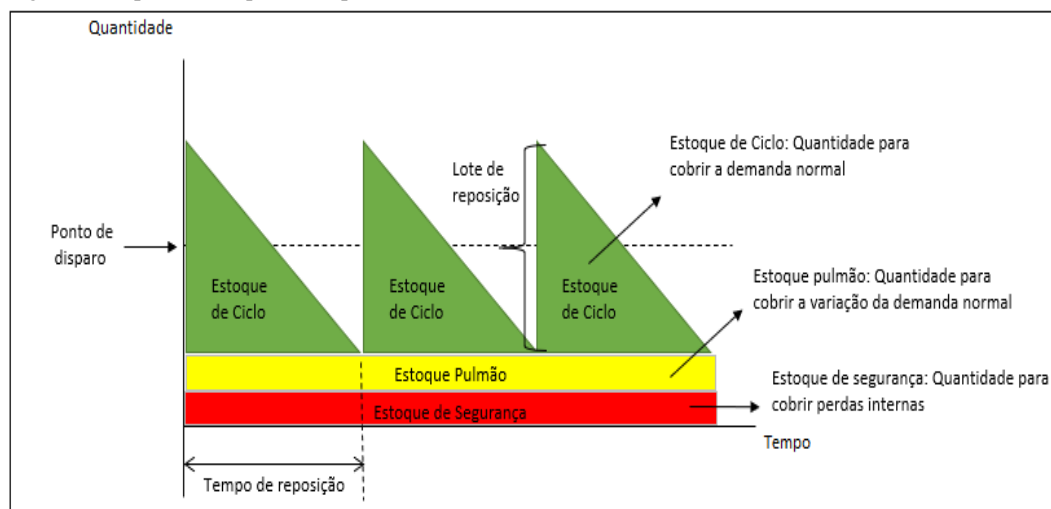
O somatório desses tempos corresponde ao tempo necessário para a reposição de um determinado lote consumido. Para que não haja falhas no serviço ao cliente é necessário que o consumo esperado durante o tempo de reposição seja assegurado pela existência de inventário.

Em um cenário estável, onde toda a cadeia de abastecimento é sincronizada e fornecimento e consumo são estáveis, o estoque necessário para garantir que não haja rupturas é o equivalente apenas ao consumo previsto durante o tempo de reposição. Porém, um cenário estável é raro e,

o mais comum, são cenários com flutuações na taxa de consumo, oscilações nos prazos de entrega e outras variáveis intrínsecas aos processos produtivos e de abastecimento. Tais incertezas levam à criação de um estoque de segurança.

Segundo Smalley (2004), o dimensionamento do sistema puxado deve contemplar a construção de um estoque de supermercado composto por três partes: estoque de ciclo, estoque pulmão e estoque de segurança, conforme demonstrado na figura 9.

Figura 9 – Tipos de estoques no supermercado



Fonte: Adaptado de Cardoso (2019, p. 18)

O estoque de ciclo (EC), representado pela cor verde, é o estoque necessário para cobrir a demanda média (DM) durante o *lead time* de reposição (LT) do item, e é calculado por meio da fórmula:

$$EC = DM \times LT$$

O EC é consumido pela demanda até chegar a um nível conhecido como ponto de disparo, quando é emitida uma ordem de reposição, que pode ser de produção ou de compra. Enquanto aguarda-se a entrega, o estoque de ciclo pode se aproximar do estoque pulmão, e caso a demanda não apresente variações, o lote de reposição será entregue no momento em que o estoque de ciclo atingir o nível mais baixo, porém, antes de atingir o estoque pulmão (SMALLEY, 2004).

Na figura 9, a cor amarela representa o estoque pulmão (EP), cujo objetivo é cobrir as variações da demanda acima da demanda média. Utiliza-se o desvio padrão (σ) da demanda média (DM) histórica para cálculo do estoque pulmão, o qual traduz a volatilidade da demanda

e os erros de previsão, sendo definido pela seguinte fórmula:

$$EP = 2 \text{ ou } 3 \sigma(DM)$$

O terceiro componente do supermercado é o estoque de segurança (ES), que aparece representado pela cor vermelha na figura 9. Ele constitui a proteção e a segurança que se deseja na prevenção contra imprevistos, tais como quebra de máquinas, atrasos de entrega, eventos de força maior, etc. Normalmente utiliza-se um percentual de fator de segurança aplicado sobre o estoque pulmão e o estoque de ciclo, traduzido em dias de cobertura (SMALLEY, 2004).

$$ES = DM * \text{dias necessários para cobrir as falhas}$$

2.8.2 Sistema Kanban

Kanban é uma palavra japonesa na qual *Kan* significa visual e *Ban* significa cartão (PATIL; KUMAR, (2018), TRIANA; BEATRIX (2019), NAIK; KUMAR; GOUD (2013). Sua origem remonta ao final da década de 1940, no STP, e foi desenvolvido para gerenciar a operação entre os diversos processos e suportar a filosofia *Just-in-Time*. Tornou-se mais conhecido durante a recessão da década de 1970, quando era vital reduzir o desperdício e cortar custos para que as empresas fossem mais competitivas (RAHMAN; SHARIF; ESA, 2014).

O *Kanban* surgiu a partir da observação do mecanismo de trabalho no supermercado. Os itens comprados pelo cliente são verificados e registrado pelo caixa. Em seguida, as informações sobre o item e a quantidade comprada são entregues à área de compras, que providencia a reposição (TRIANA; BEATRIX, 2019; OHNO, 1997).

2.8.2.1 Função e vantagens do sistema Kanban

O *Kanban* é usado para controlar um sistema puxado, no qual um produto é fabricado ou um item é retirado somente quando um cartão *Kanban* assim o determina (WERKEMA, 2012).

Segundo Monden (2015), o sistema *Kanban* tem as seguintes funções:

- De comando: dispara quando uma ordem deve ser consumida ou transportada, controlando, assim, a dependência entre produção e entrega;

- De autocontrole: evita a superprodução com controle autônomo de cada processo, garantindo que seja produzido apenas um item vendável, na quantidade e no momento requeridos. Funciona como um mecanismo que permite a cada processo executar pequenos ajustes em seu programa de produção em função de variações na demanda;
- De controle visual: sua forma física, pelo uso dos cartões, fornece informações quantitativas e sequenciais;
- De melhoria de processo: sua dinâmica permite o aumento de produtividade como consequência da eliminação de desperdícios.

Segundo Ohno (1997), o sistema *Kanban* é utilizado para fornecer informações de reposição, transporte e produção, impedir superprodução ou excesso de transporte, alocar uma ordem de produção diretamente aos componentes, prevenir produtos defeituoso com a identificação dos geradores de defeitos e revelar os problemas existentes.

Para Nistane (2013), as vantagens do uso de um sistema *Kanban* são: informações rápidas e precisas; resposta rápida a mudanças; evitar superprodução; minimizar desperdícios; manter o controle total; delegar responsabilidades e decisões aos operadores de linha.

2.8.2.2 Regras do sistema *Kanban*

Para garantir o sucesso na implementação do sistema *Kanban*, alguns fatores devem ser considerados, tais como, boa gestão de estoque, participação ativa de fornecedores, melhoria e controle de qualidade, e comprometimento dos funcionários e da alta gerência (TRIANA; BEATRIX, 2019). Sem um processo de gestão de estoque, dificilmente uma empresa conseguirá reduzir o estoque esperado apenas com a implementação de um sistema *Kanban*. Também é necessário que o fornecedor se comprometa a cumprir o *lead time* e a qualidade acordados. Por fim, todos os funcionários devem estar plenamente engajados na implementação e operacionalização do sistema.

Se utilizado inadequadamente, o *Kanban* pode causar uma série de problemas, pois, em essência, é o centro autônomo da linha de produção. Os operadores das linhas de produção e montagem começam a tomar as suas próprias decisões relacionadas a paradas, ajustes e trocas nas linhas e equipamentos. O sistema também informa aos operadores como proceder e a quem recorrer assim que os problemas ocorrem (NAIK; KUMAR; GOUD, 2013).

A seguir, apresentam-se as seis regras a serem seguidas durante a implementação do *Kanban* (OHNO, 1997; DENNIS, 2015; MONDEN, 2015):

- O processo subsequente deve retirar os produtos necessários do processo anterior nas quantidades e no momento necessários, portanto, qualquer retirada sem o cartão e/ou que seja maior que o número do cartão devem ser proibidas, e deve haver sempre um cartão *Kanban* anexado ao produto físico;
- O processo anterior deve fabricar a quantidade de produtos retirada pelo processo subsequente, portanto, deve-se proibir toda e qualquer produção superior ao número de cartões *Kanban* e a produção deve seguir a sequência original dos cartões entregues;
- Produtos defeituosos nunca devem ser transferidos para o processo subsequente;
- O número de *Kanbans* deve ser minimizado, pois ele expressa o estoque máximo de uma determinada peça. Deve-se manter o menor número de *Kanbans* possível.
- O *Kanban* deve ser usado para adaptar a produção às pequenas flutuações na demanda.

2.8.2.3 Tipos de sistemas *Kanban*

Os dois sistemas mais utilizados são o *Kanban* de produção e o *Kanban* de reposição, porém há outros tipos, como o *Kanban* de fornecedor ou subcontratado, de estoque mínimo, triangular, expresso, de emergência, de ordem de serviço, integrado ou túnel, *Kanban* comum e eletrônico (MONDEN, 2015).

Quanto ao *Kanban* eletrônico, Ravichandran e Kumar (2015) afirmam que o seu uso seria o próximo passo a ser dado após assegurar que o sistema manual tenha sido bem implementado e alcançado certa maturidade.

Há, ainda, outros tipos de sistema de controle de produção, ou controle de fluxo de materiais, além do *Kanban*. Os mais conhecidos são os sistemas CONWIP (*Constant Work in Process*, ou Estoque em Processo Constante), no qual, diferentemente do *Kanban*, os cartões são designados para um circuito que abrange toda a linha de produção, e não apenas a um item específico, e o POLCA (*Paired-Cell Overlapping Loops of Cards with Authorization*, que pode ser entendido como ciclos sobrepostos de cartões autorizados de células emparelhadas), que é semelhante a um sistema *Kanban*, exceto pelo fato de funcionar para produtos e serviços personalizados, de alto mix e baixo volume (POWELL; RIWZEBOS; STRANDHAGEN, 2013).

Junior e Godinho Filho (2010) descrevem quatro características do *Kanban* original do STP: uso de dois cartões de sinalização, um de produção e um de movimentação; sempre representa um sistema puxado; o controle do fluxo de produção é descentralizado em cada operador de

linha; e o estoque em processo (WIP) é limitado pelo número de cartões em cada supermercado.

Devido ao fato de algumas empresas com processos diferentes dos da Toyota encontrarem dificuldade em usar o sistema *Kanban* seguindo o seu conceito original, foram criadas variações para ajustar o sistema à realidade de diversas empresas. Junior e Godinho Filho (2010) realizaram uma pesquisa de revisão de literatura e encontraram trinta e duas variações do sistema *Kanban*, sendo que vinte e três seguiram as quatro características do sistema original utilizado no STP, e as outras nove variações, não. Estes são exemplos de alguns dos sistemas encontrados na pesquisa: *Adaptative Kanban*; *Auto Adaptative Kanban*; *Decentralized Reactive Kanban*; *Dynamically Adjusting Kanban*; *Flexible Kanban System*, *Extended Kanban Control System*; *Generalized Kanban*; *Modified Kanban System* e outros.

2.8.2.4 Operacionalização de um sistema *Kanban*

A forma de cartão mais usada no sistema *Kanban* é uma folha de papel inserida em um envelope retangular de vinil. A folha contém informações sobre coleta, deslocamento e produção (OHNO, 1997; MONDEN, 2015; TRIANA; BEATRIX, 2019), e apenas o que é estritamente necessário para a produção e para a movimentação corretas deve estar no cartão, conforme os exemplos das figuras 10 e 11. A seguir, apresenta-se algumas dessas informações:

- Descrição do item, com seu código e especificação;
- Processo, célula ou centro de trabalho onde o item é produzido;
- Local onde o lote deve ser armazenado após a produção;
- Capacidade do container ou tamanho do lote a ser fabricado;
- Número de emissão do cartão em relação ao número total de cartões da produção para o item; entre outras.

Figura 10 – Cartão *Kanban* de reposição

Store			<u>Preceding Process</u> Forging B-2 <u>Subsequent Process</u> Machining m-6	
Shelf No.	5E215	Item Back No.		A2-15
Item No.				35670S07
Item Name				Drive Pinion
Car Type				SX50BC
Box Capacity	Box Type	Issued No.		
20	B	4/8		

Fonte: Monden (2015, p. 37)

Figura 11 – Cartão *Kanban* de produção

Store			<u>Process</u> Machining SB-8	
Shelf No.	F26-18	Item Back No.		A5-34
Item No.				56790-321
Item Name				Crank Shaft
Car Type				SX50BC-150

Fonte: Monden (2015, p. 37)

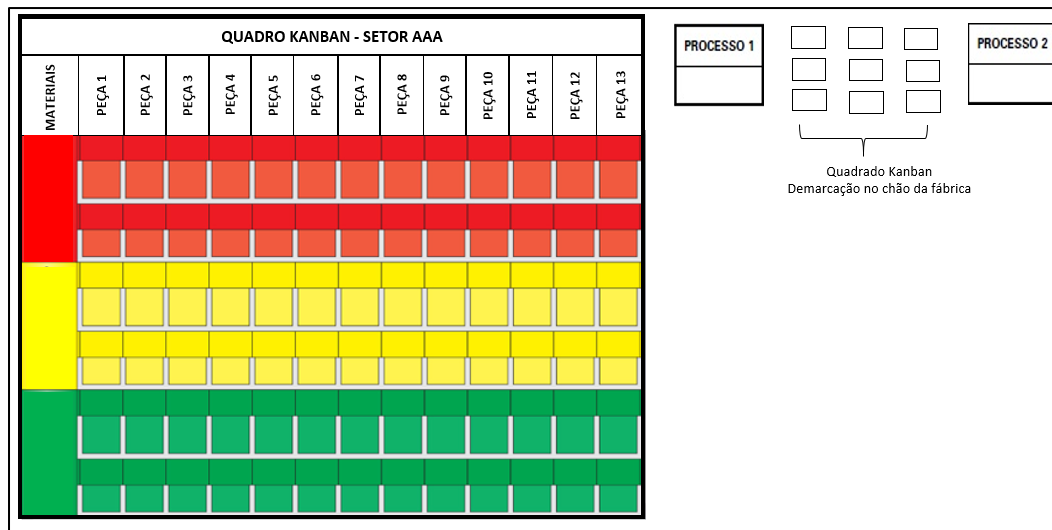
O sistema *Kanban* pode ser operacionalizado e controlado utilizando-se um quadro, ou painel, para cartões. O quadro será a principal ferramenta visual do sistema, uma vez que armazenará e orientará o chão de fábrica em relação ao estoque e ao que deve ser produzido, montado e transportado.

Além do quadro, ou painel, há outras opções para operacionalização e controle do *Kanban* (DENNIS, 2015), tais como:

- *Contenedor Kanban*: o cartão é afixado no contenedor que contém o item e, ao ser esvaziado pelo consumo, autoriza-se imediatamente a reposição;
- *Quadrado Kanban*: os espaços para os contenedores são demarcados no chão de fábrica. Ao se visualizar um espaço vazio, decorrente do consumo do item, autoriza-se imediatamente a reposição;

- *Linha Kanban*: uma linha é colocada em um transportador ou contenedor de armazenamento. Quando o inventário fica abaixo da linha, peças de reposição são produzidas;
- *Painel Eletrônico*: uma vez que o item tenha sido consumido, aciona-se lâmpadas do painel do processo fornecedor que, tal qual num quadro, podem ser verdes, amarelas ou vermelhas, e o processo fornecedor, ao repor o lote, apaga a lâmpada de cor correspondente.

Figura 12 – Exemplo de um quadro porta-Kanban e do quadrado Kanban



Fonte: Elaboração própria

Segue-se um exemplo da dinâmica de um sistema *Kanban*, descrito por Werkema (2012):

- Etapa 1: o operador do processo cliente (posterior) leva o cartão de retirada até o supermercado do processo fornecedor (anterior). Ao chegar ao supermercado, um cartão de produção é anexado a cada peça, palete ou contêiner;
- Etapa 2: o operador retira a peça, palete ou contêiner do supermercado e destaca o cartão de produção, substituindo-o pelo cartão de retirada;
- Etapa 3: o operador leva o item até o local de consumo e deposita o cartão de produção no quadro *Kanban* de produção;
- Etapa 4: após o consumo da peça, palete ou contêiner, o operador destaca o cartão de retirada e o deposita no quadro *Kanban* de retirada;
- Etapa 5: o item produzido é entregue no supermercado com o seu cartão de produção.

2.8.2.5 Implementação de um sistema *Kanban*

Gross e McInnis (2003) definem sete passos para implementação de um sistema *Kanban*:

- Passo 1 – Coleta de dados: fase em que são coletados todos os dados necessários para caracterizar o processo produtivo. Normalmente utiliza-se os dados já coletados durante o processo de MFV;
- Passo 2 – Cálculo do tamanho do *Kanban*: utiliza-se os requisitos de produção, taxa de rejeitos, taxa de produtividade, tempo de ociosidade planejada e tempos de *setup* para calcular um intervalo de reabastecimento. O cálculo deve incluir também as quantidades do estoque pulmão e do estoque de segurança.
- Passo 3 – Desenho do sistema *Kanban*: uma vez calculado o tamanho do *Kanban*, é possível desenhar o sistema como um todo e definir o tipo de controle dos materiais, quais sinais visuais serão utilizados, as regras de operacionalização, quem será o tomador de decisão no processo, os treinamentos necessários e o cronograma de implementação do sistema;
- Passo 4 – Treinamentos: nessa fase, as pessoas da operação devem ser instruídas quanto às funcionalidades e operacionalidade do sistema, seus componentes, sinais visuais e o papel de cada um na operação com o sistema;
- Passo 5 – Início do uso do sistema: após a conclusão da implementação e do treinamento, deve-se assegurar que todas as peças de gerenciamento visual estejam configuradas, os pontos de controles marcados e as regras concluídas. Por fim, desenvolve-se um plano de transição e determina-se o ponto exato para o início do sistema *Kanban* e a quantidade de inventário necessária para suportar a mudança;
- Passo 6 – Auditoria do sistema: iniciado o uso do sistema *Kanban*, é importante estabelecer frequentes auditorias para assegurar o correto funcionamento e identificar necessidades de correções e melhorias. Os principais aspectos de verificação são o cumprimento de acordos e regras e o atendimento do fornecimento;
- Passo 7 – Melhorias: por fim, é fundamental melhorar o sistema com o intuito de trabalhar com nível de estoque sempre menor.

Segundo Werkema (2012), o tamanho do *Kanban* é calculado aplicando-se a fórmula:

$$NK = \left\lceil \frac{(LT)}{\text{Takt time}} \right\rceil + MS$$

itens

Onde:

NK = Número de *Kanbans*

LT = *Lead time* do processo (minutos)

Takt time = Tempo *Takt* (minutos)

Itens = Número de itens no *Kanban* (unidades)

MS = Margem de segurança (unidades)

Já Monden (2015) define o número de *Kanbans* com a fórmula:

$$NK = \frac{DD * LT * MS}{CC}$$

Onde:

NK = Número de *Kanbans*

DD = Demanda diária

LT = Tempo de espera

MS = Margem de segurança

CC = Capacidade do contêiner (tamanho do lote)

A decisão mais importante no dimensionamento do *Kanban* é a definição do tamanho do lote padrão, ou seja, a quantidade de itens que cada cartão irá representar. Na manufatura enxuta, a abordagem utilizada não é a do lote econômico, mas sim, do menor lote. A redução do tamanho do lote é dependente da variável *setup*, ou seja, trocas mais rápidas viabilizam a produção de lotes menores.

2.8.3 Heijunka

Heijunka significa nivelar ou suavizar (OHNO, 1997; LIKER; MEIER, 2007; SLACK; JONES, 2018). Desenvolvido no início da década de 1950, é uma das principais ferramentas do STP. Na época, devido à guerra entre Estados Unidos e Coreia, houve grande necessidade de produção de caminhões, mas não havia previsão da demanda, o que provocou diversos problemas pela falta de matérias-primas e peças, e ocasionou picos e vales de ocupação na produção. A ferramenta foi desenvolvida para atuar nessas variações e seus impactos no sistema produtivo (NIIMI, 2004).

Segundo Hopp e Spearman (2004), o JIT requer um plano de produção suave. Se o volume ou o mix de produtos variar muito ao longo do tempo, as estações de trabalho terão dificuldade em reabastecer o estoque de forma *Just-in-Time*. De acordo com Liker (2007), diversas empresas não conseguem estabilizar sua produção de forma a gerar um equilíbrio no fluxo de trabalho e evitar os desperdícios e a sobrecarga dos recursos. O conceito *Heijunka* foi criado pelo STP com a finalidade de trazer estabilidade ao sistema produtivo.

Slack e Jones (2018) afirmam que o *Heijunka* é a prática de nivelar o volume e a variedade de produtos em um processo, em um determinado período de tempo. Assim, haverá produção em quantidades menores, alinhada à demanda, gerando aumento de capacidade e flexibilidade de resposta à demanda.

Liker (2007) declara que o *Heijunka* não segue a ordem nem a frequência do fluxo de pedidos dos clientes, que pode crescer ou decrescer inesperadamente, porém considera o volume total de pedidos de um determinado período e nivela-os, fazendo com que as mesmas quantidades e variedades sejam produzidas diariamente.

O autor ainda destaca que, no nivelamento, é preciso produzir pequenas quantidades de cada item ao longo do período, o que significa muitas trocas de produtos na linha e consequente desperdício de tempo disponível de produção, já que essas trocas estão associadas a um tempo de *setup*. Se não houver um processo de *setup* padronizado e preciso, então o grande número de trocas de produtos na linha levará à perda de produção e a atrasos no atendimento da demanda.

O tempo de *setup* é aquele decorrido entre a saída da última peça boa do *setup* anterior e a saída da primeira peça boa do próximo. Por décadas, o tempo de *setup* foi considerado uma restrição, levando ao uso de modelos matemáticos para determinar o tamanho de lote ideal para equilibrar os custos do *setup*. Os Japoneses, com seu olhar holístico, reconheceram que o tempo de *setup* poderia ser reduzido (HOOP; SPEARMAN, 2008).

Uma prática do STP para redução de tempo de *setup* é o SMED (*Single Minute Exchange of Die*). Criado e aperfeiçoado por Shigeo Shingo nas décadas de 1950 e 1960, visa reduzir o tempo de *setup* para um único dígito, ou seja, menos de dez minutos. A prática separa o que Shigeo chamou de operações internas, a saber, aquilo que pode ser feito apenas quando uma máquina está parada, e operações externas, que podem ser executadas enquanto a máquina está em funcionamento e, depois, transformar as operações internas em operações externas, o que for possível.

As seis etapas básicas para a redução de *setup*, segundo Lean Lexico (2008), são:

1. Medir o tempo total de *setup* existente;
2. Identificar os elementos internos e externos que influenciam no tempo de *setup*, calculando os tempos individuais;
3. Transformar os elementos internos em externos, o quanto for possível;
4. Reduzir o tempo para os demais elementos internos;
5. Reduzir o tempo para os elementos externos;
6. Padronizar o novo procedimento de *setup*.

Monden (2015) descreve quatro conceitos importantes para o processo de redução de *setup*: separar o *setup* interno e o externo; converter o que for possível em *setup* externo; eliminar os processos de ajustes que representem 50% a 70% do *setup* interno; e, por fim, eliminar o *setup*. O autor também descreve seis técnicas para suportar o cumprimento desses conceitos. A primeira técnica é a padronização das ações do *setup* externo. Devido ao alto custo da padronização total, aplica-se também uma segunda técnica, que é a padronização apenas das partes mais demandadas do equipamento. A terceira e quarta técnicas estão relacionadas ao uso de fixadores rápidos e ferramentas customizadas no processo de *setup*. Por fim, as últimas técnicas recomendadas são o uso de ações de *setup* simultâneas e o uso de sistemas mecanizados, tais quais os sistemas hidráulicos e pneumáticos.

2.8.3.1 Quadro Heijunka

Essa ferramenta de programação de produção informa, visualmente, o quê, quando, e quanto produzir. Geralmente, o planejador de produção carrega o *Heijunka* com *Kanbans* de retirada baseado no pedido do dia (DENNIS, 2015).

Segundo Liker e Meier (2007), o controle visual é útil porque oferece aos funcionários a oportunidade de conhecer sua performance e desempenhar bem o seu trabalho.

Quando o processo *Heijunka* é aplicado em toda a planta, o uso de um quadro para o gerenciamento visual permite enxergar o *status* de todo o processo, por um dia inteiro, em um só lugar.

Smalley (2004) relata que os gerentes da Toyota desenvolveram quadros com intervalos de tempo de uma hora para programar as manutenções preventivas e impedir o acúmulo de atividades e paradas na produção. Essa proposta foi expandida e os quadros passaram a ser utilizados em todo o planejamento, controle e acompanhamento da produção, com intervalos

de tempo mais customizados.

Figura 13 – Exemplo de um quadro *Heijunka*



Fonte: Adaptado de Lean Lexico (2008, p. 30)

2.8.4 *Takt Time, Pitch, Pacemaker* e TPT

Segundo Bicheno (2009), o tempo *Takt* é o ritmo e *Pitch* é a repetição com que um contêiner ou lote é movimentado. O tempo *Takt* é definido dividindo-se o tempo de trabalho disponível pela demanda em um mesmo período de tempo. Já o *Pitch* é calculado multiplicando-se o tempo *Takt* pela quantidade no item contêiner (QC).

$$Takt = \frac{\text{tempo de trabalho disponível no período}}{\text{demanda no período}}$$

$$Pitch = Takt * QC$$

O tempo *Takt* equivale a uma cota de produção, sendo assim, representa a quantidade de trabalho a ser realizado durante determinado período, que pode corresponder a um turno, um dia ou uma semana (HOPP; SPEARMAN, 2008). Esse tempo representa a velocidade na qual os clientes solicitam os produtos acabados durante o período disponível para produção, portanto, é o ritmo em que a produção deverá ser puxada.

O tempo *Takt* é calculado com o tempo disponível conforme a quantidade de turnos

disponíveis, subtraindo o tempo de intervalos de paradas programadas.

O Lean Lexico (2008) define *Pitch* como a quantidade de tempo de processo necessário para se produzir um contêiner.

Tabela 1 – Exemplo de cálculo do *Takt Time*

EQUIPAMENTO X - 8 H DISPONIBILIDADE		
ITEM	DEMANDA	RATEIO (DEMANDA / HORA DISP)
A	200	4
B	100	2
C	50	1
D	50	1
TOTAL	400	8

Fonte: Adaptado de Liker e Meyer (2007, p.182)

No exemplo do quadro acima, há quatro itens, com suas respectivas demandas diárias a serem processadas no equipamento X. A disponibilidade do equipamento é de oito horas diárias, que devem ser rateadas entre os itens. Baseado no rateio e supondo que o melhor sequenciamento (menor tempo de *setup*) seria produzir ABACABAD, teríamos então:

$$Takt = \frac{8 * 60 * 60}{400} = 72 \text{ segundos por item}$$

$$Pitch = 72 * 8 = 576 \text{ segundos por pitch ou } 6,25 \text{ pitch por hora}$$

Tabela 2 – Exemplo de cálculo do *Pitch*

ITEM	RATEIO	PITCH POR HORA	PITCH TOTAL POR ITEM	QUANT. POR CONTÊINER	CONTÊINER POR PITCH
A	4	6,25	25	10	2,5
B	2	6,25	12,5	5	2,5
C	1	6,25	6,25	5	1,25
D	1	6,25	6,25	5	1,25

Fonte: Adaptado de Liker e Meyer (2007, p.183)

Supondo que se queira mover os itens produzidos nesse equipamento a cada hora, a tabela 2 mostra o cálculo do número de contêineres a serem movimentados durante cada ciclo de uma hora. Com base na necessidade de movimentação de material durante um ciclo de uma hora, é possível definir a quantidade de movimentações e padronizar o trabalho, incluindo a melhor rota para a movimentação.

Pacemaker é qualquer processo que define o ritmo de todos os demais processos ao longo

de um fluxo de valor (LEAN LEXICO, 2008). Num Sistema Puxado de Reposição, o *Pacemaker* geralmente é o último recurso do fluxo de valor, enquanto no Sistema Puxado Sequencial, o *Pacemaker* geralmente é o primeiro recurso. Em geral, o *Pacemaker* é programado em apenas um ponto, ou seja, apenas um processo recebe a programação da produção vinda do setor de planejamento. Não deve haver supermercados entre o processo puxador e o cliente (SMALLEY, 2004).

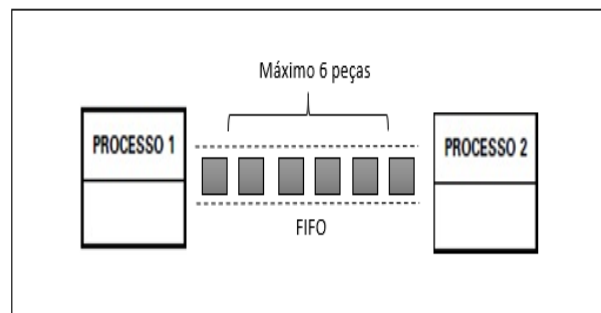
A produção nivelada requer a determinação de um tempo base, chamado de TPT (Toda Parte Toda). Com ele, é possível produzir todas as partes requeridas, incluindo os tempos de troca, tempos de paradas e defeitos. O TPT mostra o efeito dos *setups* do processo somado à frequência com que cada item pode ser produzido sem que seja excedida a capacidade produtiva. Ele calcula a capacidade requerida para que sejam produzidos todos os itens no processo, determinando, com isso, quanto tempo disponível há para o *setup* (GRAY; WALLACE, 2008).

Nem sempre é possível alcançar a maior flexibilidade, por isso, é fundamental determinar o intervalo de tempo decorrido entre a produção de um item e o momento de produzi-lo novamente após a conclusão dos demais itens do sistema, considerando-se os tempos de troca necessários.

2.8.5 FIFO

FIFO (*First In First Out*) é a prática de manter a precisão de produção e movimentação, garantindo que a primeira parte a entrar em um processo, ou local de armazenamento, também seja a primeira a sair. FIFO é uma condição necessária em um sistema puxado e, frequentemente, sua sequência é mantida em uma fila com certa quantidade de inventário, conforme exemplificado na figura 14. O processo fornecedor preenche o espaço da fila, enquanto o processo cliente retira o primeiro da fila. Se a fila estiver cheia, o processo fornecedor deve parar de produzir até que o cliente consuma parte do estoque. Dessa forma, o FIFO pode impedir o processo fornecedor de produzir demasiadamente, sendo uma maneira de regular o sistema puxado entre dois processos.

Figura 14 – Exemplo de FIFO



Fonte: Adaptado de Lean Lexico (2008, p. 20)

2.8.6 Planejamento e Controle de Produção

O objetivo desta seção é compreender as responsabilidades e impactos nas atividades e dinâmica de Planejamento e Controle de Produção (PCP) num sistema de produção puxada.

O PCP surgiu no início do século XX, tendo como um de seus idealizadores, Henry Gantt, engenheiro norte-americano e assistente de Frederick Taylor, que utilizava cálculos manuais baseados no tempo e na capacidade para planejar, controlar e analisar atividades e processos (LUSTOSA et al., 2008 apud PASQUINI, 2016). O PCP tem função administrativa e objetivo de orientar a produção por meio de planos e programações, controlando sua execução. De forma resumida, o PCP determina o quê será produzido, como, quando, onde e por quem.

No processo produtivo de transformação, é preciso levar em consideração os prazos para que os insumos sejam transformados em produtos. Planos são feitos e ações são disparadas para que, transcorridos esses prazos, os eventos planejados tornem-se realidade. Os prazos se dividem em três níveis: longo, médio e curto prazo.

Com base na previsão de vendas de longo prazo, elabora-se um plano de produção cuja função é avaliar a capacidade de produção necessária. É um plano estratégico, pois caso a empresa não tenha recursos físicos e financeiros para sua efetivação, precisará tomar decisões relativas a investimentos em aumento de capacidade.

O plano de produção de médio prazo é conhecido como Plano-Mestre de Produção (PMP) e busca táticas mais eficientes de utilizar a capacidade instalada para atender às previsões de vendas de médio prazo e/ou os pedidos em carteira. Em um sistema de manufatura, os requisitos de produção são gerados pela demanda dos clientes, no entanto, a sequência na qual os produtos são fabricados não precisa corresponder à sequência em que são demandados. É fato que a demanda do cliente quase nunca é completamente conhecida com antecedência, por isso, as

empresas utilizam o plano mestre de produção (PMP) para definir quais itens devem ser produzidos em cada intervalo de tempo (HOOP; SPEARMAN, 2008).

Já no curto prazo, resta executar a programação da produção para produzir os bens e entregá-los aos clientes. Do PMP, é extraída a programação da produção com um programa de produção diário para as linhas e recursos. É nesse horizonte de planejamento, de médio e curto prazos, que se aplica a produção nivelada (*Heinjunka*).

O JIT tem um grande impacto no sistema PCP, pois tem práticas e ferramentas diferentes do planejamento por meio do *Material Requirements Planning* (MRP) ou *Optimized Production Technology* (OPT). Além de reduzir a complexidade do planejamento de necessidade de materiais e programação, também causa impacto na forma do gerenciamento da demanda e nas atividades de planejamento e controle de chão de fábrica, oferecendo potencial para a redução de custos, estoque em processo e ciclo de produção (PASQUINI, 2016).

De acordo com Monden (2015), a produção nivelada se divide em duas fases. A primeira refere-se ao planejamento de médio prazo e corresponde à adaptação do sistema produtivo à demanda mensal esperada ao longo do ano. Essa adaptação será executada mensalmente através do PMP, que terá como *input* a previsão de vendas, e seu *output* será a média diária de produção, utilizada também para definir o tamanho do *Kanban* e os níveis de estoques nos supermercados.

A segunda fase se refere à adaptação da produção diária às variações da demanda ao longo do mês. Dessa forma, por meio do sistema *Kanban*, é possível ajustar a produção à demanda, de forma a eliminar os desperdícios e reduzir os estoques.

Diferentemente do sistema de produção empurrada, no qual todos os recursos produtivos precisam ter uma programação, o sistema de produção puxada tem um único recurso programado, o *Pacemaker*, pois os demais recursos são acionados através da lógica de puxar a produção, e são controlados pelo sistema *Kanban*. Com isso, as funções de programação da produção e de acompanhamento e controle da produção foram bastante simplificadas para o PCP e, portanto, elimina-se a necessidade de se gastar horas com programação e reprogramação de produção (DENNIS, 2015).

O quadro 3 apresenta o resumo do referencial teórico com os principais conceitos, seus respectivos autores e sua aplicação no trabalho:

Quadro 3 – Quadro resumo do referencial teórico

Conceitos	Principais referências	Aplicação no trabalho
Origem do Sistema Toyota de Produção e da Manufatura Enxuta	OHNO (1997)	Origem e conceitos do Sistema Toyota de Produção
	KRAFCIK (1988)	Criação do termo Manufatura Enxuta
Práticas e conceitos da Manufatura Enxuta	DENNIS (2016)	Práticas da Manufatura Enxuta
	LIKER (2007)	Princípios da manufatura Enxuta
	SANTOS et al. (2017)	Conceitos de Just-in-Time
	WOMACK; JONES & ROSS (2003)	Elementos da Manufatura Enxuta
Principais ferramentas da Manufatura Enxuta	WERKEMA (2012)	Principais ferramentas da Manufatura Enxuta
	MOSTAFA; DUMRAK & SOLTAN (2013)	Principais ferramentas da Manufatura Enxuta
Sistema de Produção Puxada	HOPP & SPEARMAN (2008)	Sistema de Produção Puxada
	MONDEN (2015)	Sistema de Produção Puxada
	TRIANA & BEATRIX (2019)	Sistema de Produção Empurrada
	SLACK & JONES (2018)	Sistema de Produção Puxada
	SMALLEY (2004)	Sistema de Produção Puxada
Mapa de Fluxo de Valor	BERTOLINI; BRAGLIA; ROMAGNOLI & ZAMMORI (2013)	Mapa de Fluxo de Valor
	LASA; DE CASTRO & LABURU (2009)	Mapa de Fluxo de Valor
	ROTHER & SHOOK (2012)	Mapa de Fluxo de Valor
	RAHMAN; SHARIF & ESA (2014)	Mapa de Fluxo de Valor
	SUNK et al. (2017)	Mapa de Fluxo de Valor
	YUKSEL & UZUNOVIC (2019)	Mapa de Fluxo de Valor
Kanban	JUNIOR & GODINHO FILHO (2010)	Kanban
	GROSS & MCINNIS (2003)	Kanban
	POWELL, RIEZEBOS & STRANDHAGEN (2013)	Kanban
	PATIL & KUMAR (2018)	Kanban
	MONDEN, 2015	Kanban
	NAIK; KUMAR & GOUD (2013)	Kanban
	NISTANE (2013)	Kanban
Barreiras e Fatores de Sucesso na implementação de práticas da Manufatura Enxuta	DORA et al. (2013)	Benefícios e Barreiras da Manufatura Enxuta
	HALLING & WIJK (2013)	Barreiras na implementação da Manufatura Enxuta
	LODGAARD et al. (2016)	Barreiras na implementação da Manufatura Enxuta
	MOSTAFA; DUMRAK & SOLTAN (2013)	Fatores de sucesso em uma implementação da Manufatura Enxuta
	NETLAND (2015)	Fatores de sucesso em uma implementação da Manufatura Enxuta
	RATHJE; BOYLE; DEFLOREN, 2009	Sucesso e fracasso em uma implementação de Manufatura Enxuta

Fonte: Elaboração própria

3 METODOLOGIA

Este capítulo refere-se à metodologia empregada no projeto de pesquisa, à definição do método e aos procedimentos metodológicos, bem como às definições de coleta e análise de dados.

3.1 Método utilizado, justificativa e questão de pesquisa

A presente pesquisa é de natureza aplicada e qualitativa, e o procedimento metodológico utilizado foi a pesquisa-ação. Segundo Coughlan e Coughlan (2002), pesquisadores em projetos de pesquisa-ação não são meros observadores, mas participam da elaboração e execução das ações.

Existem dois objetivos em pesquisa-ação: resolver um problema e contribuir para a ciência ao gerar conhecimento. O autor afirma, ainda, que a pesquisa-ação é um procedimento adequado quando a questão de pesquisa busca entender como uma série de fatos ocorrem em uma organização e por que os membros do grupo tomam determinadas decisões e ações. Como parte desse processo, o pesquisador interage com o grupo na busca de tais entendimentos, decisões e ações.

Projetos de pesquisa-ação emergem de pesquisas já existentes, que suportam e facilitam um processo de mudança. Por outro lado, ela também contribui com reflexões e análises de resultados para complementar as pesquisas anteriores (NÄSLUND; KALE; PAULRAJ, 2010).

De acordo com a IQVIA (2019), empresa global associada a soluções de auditoria, tecnologia e consultoria para o mercado de saúde, o mercado farmacêutico brasileiro alcançou 215,6 bilhões de reais em vendas em 2019, e apresentou um crescimento próximo a 10%. De acordo com números do Sindicato da Indústria Farmacêutica (Sindusfarma), os medicamentos oncológicos responderam por 14,6% do faturamento total desse mercado, o qual, observa-se, está em mudança devido à nova onda de lançamentos das indústrias do ramo, que buscam soluções, principalmente, para oncologia, depressão, mal de Alzheimer e doenças raras, sendo notório o aumento da competição nesse mercado bilionário.

Assim, há necessidade real de que as empresas atuantes no mercado farmacêutico busquem vantagem competitiva por meio do aumento da produtividade e eficiência de

suas operações de manufatura. A aplicação de um sistema de manufatura enxuta com característica de produção puxada é um caminho para alcançar esse objetivo e, sendo assim, há uma relevante oportunidade para a realização de estudos que possam orientar as empresas farmacêuticas a implementar um sistema de produção puxada.

Levanta-se aqui, algumas considerações importantes: poucas empresas de diversas indústrias tiveram sucesso na implementação desse sistema; a indústria farmacêutica pouco avançou no tema e sua operação tem características diferentes do setor automotivo; as pesquisas sobre manufatura enxuta, especialmente as mais recentes, são extremamente diversificadas e fragmentadas; e o principal problema encontrado durante o processo de transformação de um sistema de produção empurrada em um sistema de produção puxada é a falta de norte, direcionamento de onde começar, o que fazer e como proceder.

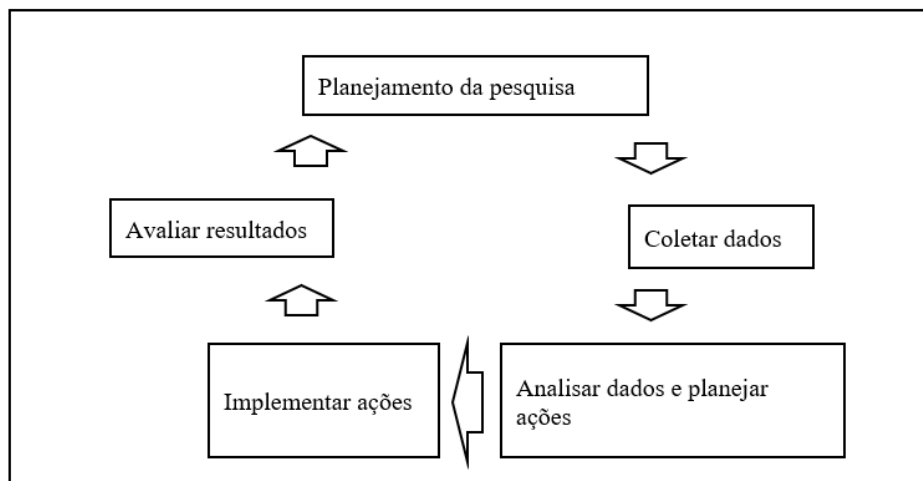
Consequentemente, surge a questão desta pesquisa: como implementar um sistema de produção puxada em uma linha de produção de medicamentos oncológicos injetáveis?

É importante destacar que este autor atua como profissional da área de *Supply Chain* na empresa foco deste estudo, ocupando cargo de Gerente Sênior de *Supply Chain*. Como pesquisador e funcionário, participou interativamente na avaliação da aplicabilidade dos conceitos identificados na literatura, dos ajustes necessários para a adequação desses conceitos às características do negócio e da preparação da implementação do sistema puxado.

3.2 Plano de trabalho

A proposta de conteúdo e a sequência para a condução da pesquisa-ação podem ser observadas na figura 15. Cada ciclo do processo da pesquisa-ação acontece em cinco fases: planejamento, coleta de dados, análise de dados e planejamento de ações, implementação de ações e avaliação de resultados (MELLO et al., 2011).

Figura 15 – Sequência da pesquisa-ação



Fonte: Adaptado de Mello et al. (2011, p. 5)

O planejamento da pesquisa-ação é composto por quatro etapas, como mostra a figura 16:

Figura 16 – Etapas da pesquisa-ação

Iniciação	Iniciação dirigida pelo problema Iniciação dirigida pela pesquisa
Estrutura conceitual teórica	Mapear literatura Delinear ideias e proposições Determinar questões e objetivos da pesquisa
Unidade de análise e técnica de coleta de dados	Definir unidade de análise Definir técnicas de coleta de dados Protocolo de pesquisa-ação
Contexto e Propósito	Diagnosticar a situação Definir o tema e interessados Definir o problema Definir critérios de avaliação

Fonte: Adaptado de Mello et al. (2011, p 5)

Neste trabalho, a iniciação foi dirigida por um problema já identificado. A empresa foco atua em um mercado de medicamentos classificados como similares, pois sua patente já não é mais válida e, portanto, muitos concorrentes também o fabricam. O direcionador de competitividade nesse mercado é o preço, e isso desafia a empresa estudada a identificar formas de aumentar a produtividade e reduzir custos operacionais para conseguir preços competitivos sem gerar corrosão de margem. Além disso, a empresa tem como objetivo aumentar sua produtividade em 4% ano após ano e finalizar sua jornada de Transformação Enxuta iniciada em 2013.

Na fase de definição conceitual-teórica, Mello et al. (2011) desdobram as etapas de mapeamento da literatura, delineamento de ideias e proposições, determinação da questão de

pesquisa e definição dos objetivos.

A fundamentação teórica é muito relevante aqui, pois a busca dos conceitos de ME, sistema de produção puxada e seus elementos, modelos de implementação, barreiras e fatores de sucesso na literatura existente, orientou e são a base das ações de implementação do sistema de produção puxada proposto na pesquisa-ação.

Para Thiollent (2007), é na fase de definição de contexto e propósito que se determina o tema e os principais objetivos da pesquisa. O tema é a designação do problema científico e prático, bem como da área de conhecimento, a serem abordados. Essa fase se encerra com a definição dos integrantes do time que participarão de modo cooperativo na condução da pesquisa, coleta de dados e implementação das ações.

3.3 A empresa foco da pesquisa-ação

A empresa foco desta pesquisa-ação atua no mercado farmacêutico brasileiro e foi fundada em 1916. Em 2011, foi adquirida por uma empresa norte-americana que atua no desenvolvimento e fabricação de produtos biológicos por meio de biotecnologia. Hoje, a empresa é uma unidade de negócios no Brasil, com um portfólio completo de produtos similares de alta qualidade, produzindo linha de medicamentos nas áreas de endocrinologia pediátrica, cardiovascular, hematologia, inflamações, nefrologia, saúde óssea e um extenso portfólio na área de oncologia.

A fábrica se localiza na grande São Paulo, em uma área de 5.341m². A unidade fabril gera 160 empregos diretos, foram produzidos e distribuídos mais de 4 milhões de unidades em 2019 e é especializada em formas sólidas, líquidas e injetáveis. A empresa tem uma área produtiva para medicamentos oncológicos injetáveis, sendo, assim, uma das cinco únicas empresas no Brasil com área produtiva para este tipo e forma de medicamento.

A fábrica vem apresentando uma média de aumento de produtividade de 4% ao ano, medida pelo volume total produzido pelos funcionários diretamente alocados no processo produtivo. Embora a empresa venha ganhando aumento de produtividade ano após ano, isso não tem sido suficiente para ofertar seus produtos ao preço praticado pelos concorrentes e, ao mesmo tempo, manter seu objetivo de margem de contribuição. Com isso, não tem conseguido o nível de competitividade necessário para alcançar o crescimento de mercado esperado.

O tema relativo aos fundamentos da ME não é completamente novo para a empresa, pois já havia iniciado um programa de excelência operacional, no qual era prevista uma transformação

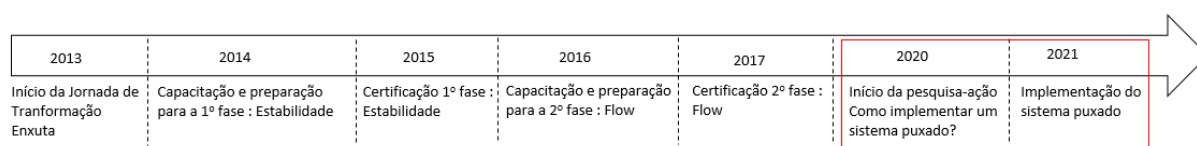
das operações de manufatura, com a aplicação dos fundamentos e princípios da ME.

3.4 Transformação Enxuta

Em 2013, a empresa iniciou uma jornada de transformação com um roteiro que detalha o caminho para a implementação de práticas da ME através de quatro fases, sendo elas: Estabilidade, Fluxo, Puxada e Integração. Cada fase se concentra na criação de habilidades organizacionais específicas e os líderes são responsáveis por garantir que os processos e programas sejam definidos e efetivamente trabalhados para atender a todos os requisitos. Um programa de certificação para cada fase foi elaborado bem como *check list* e auditorias periódicas para a manutenção das certificações.

Conforme demonstrado na linha de tempo na figura 17, a empresa concluiu a fase de Estabilidade no final de 2015, e a fase de Fluxo, em 2017. Porém, não conseguiu iniciar a fase Puxada devido a diversas mudanças organizacionais e priorização de outros programas e iniciativas. Conforme destacado na figura 17, a fase Puxada teve início em 2020 através desta pesquisa-ação. Para melhor compreensão da presente intervenção, faz-se necessário descrever as fases anteriores.

Figura 17 – Linha de tempo da jornada de transformação enxuta



Fonte: Elaboração própria

3.4.1 Etapa de Estabilidade

Etapa na qual o objetivo principal era garantir que fosse constantemente fornecido ao cliente tudo aquilo que ele desejava, de acordo com um plano definido. Essa condição implica previsibilidade e estabilidade gerais por meio da disponibilidade consistente, em termos de força de trabalho, máquinas, materiais e métodos. Para isso, buscou-se assegurar o atendimento dos seguintes requisitos:

- Força de trabalho: assegurar a disponibilidade de pessoas treinadas, com qualificações adequadas, habilidades necessárias e nível de conhecimento para realizar o trabalho;
- Equipamento: assegurar a disponibilidade de equipamentos adequados para atender à

demanda;

- **Materiais:** assegurar que os defeitos nas matérias-primas ou em seus suprimentos não impactem no progresso da fabricação, a disponibilidade de materiais suficientes para cumprir o plano de produção e que as informações e dados necessários estejam disponíveis, sejam confiáveis, verificáveis e localizáveis.
- **Métodos:** assegurar que existam métodos de trabalho definidos ou padrão em uso e os resultados atendam aos padrões de qualidade adequados.

Além de atender aos requisitos acima, a empresa buscou aplicar certas práticas da ME para obter resultados de desempenho estáveis, alcançados cumprindo-se metas por um período específico, normalmente, por pelo menos 6 meses. Uma organização estável é capaz de se recuperar de condições ou resultados inesperados ou não planejados.

A empresa buscou aplicar as seguintes práticas de ME:

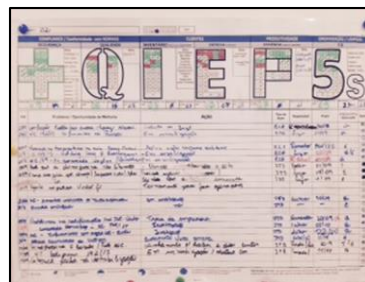
- **Diagnóstico:** habilidade para identificar a causa raiz de desvios de performance e elaborar planos de ação para correção;
- **Gerenciamento de melhoria diária:** desenvolvimento de equipes multidisciplinares que atuem em centros de trabalho, representados na figura 18, e que estejam focadas no processo diário, garantindo que os desempenhos sejam medidos e consistentemente atendidos por meio de mecanismos eficazes de gerenciamento visual, como exemplificado na figura 19. Mesmo quando esses objetivos não são atingidos, as medidas são úteis para a solução de problemas como meio de prevenção, a fim de garantir que o desempenho esperado seja alcançado.
- **Organização de aprendizado:** desenvolvimento de um plano formal de aprendizado com a opinião dos colaboradores. Esse plano deve ser seguido e revisado anualmente para permitir que assuntos importantes sejam compartilhados em tempo hábil. Os Grupos de Aprendizagem atendem e avaliam regularmente as necessidades de aprendizagem, com base no desempenho humano e nos resultados.

Figura 18 – Reunião de Centro de Trabalho



Fonte: Arquivos da empresa

Figura 19 – Exemplo de gerenciamento visual



Fonte: Arquivos da empresa

As reuniões diárias do centro de trabalho funcionam em *tiers* (camadas), conforme a configuração apresentada no quadro 4.

Quadro 4 – Configuração dos centros de trabalho

Tier	Frequência	Duração	Participantes	Ferramentas
I	Diária	5-10 min	Operadores, líderes e supervisores de cada célula de produção	Produção por hora, OEE, desvios de qualidade e SQIEP-5S
II	Diária	20-30 min	Supervisor PCP, logística, manutenção, produção e qualidade	Produção por hora, OEE, desvios de qualidade e SQIEP-5S
III	Semanal	30-60 min	Diretor de Operações, qualidade e Supply Chain	Produção por hora, OEE, desvios de qualidade e SQIEP-5S

Fonte: Elaboração própria

O SQIEP-5S é a ferramenta de gestão visual que traz os temas e indicadores de Segurança, Qualidade, Inventário, Entrega, Produtividade e 5S, conforme detalhado no quadro 5.

Quadro 5 – Temas e indicadores do gráfico SQIEP- 5S

INDICADOR	TEMA	QUESTÕES
Segurança	Incidentes, acidentes, diálogo de segurança e resultado de inspeções	Algum incidente reportado? Algum evento de primeiros socorros reportado? O diálogo de segurança foi realizado? As inspeções de segurança foram realizadas?
Qualidade	Abertura de desvios de qualidade Abertura de controle de mudanças Erros em procedimentos e manual de produção	Algum desvio de qualidade reportado? Alguma abertura de não conformidade? Alguma não conformidade pendente de análise e encerramento? Algum erro em procedimento ou manual de produção reportado?
Inventário	Antecipação de matéria-prima e materiais de embalagem para atendimento do plano de produção	As matérias-primas e o material de embalagem necessários para o plano de produção estão disponíveis e com liberação de qualidade?
Entrega	Volume de produção diária vs. plano de produção	Quantos lotes foram produzidos? A linha está atrasada? Se sim, qual é o plano de recuperação?

A empresa finalizou e certificou a fase de Estabilidade em 2015 e vem mantendo, desde então, sua condição Estável por meio de auditorias anuais.

3.4.2 Etapa de Fluxo

Fluxo é a segunda fase da Transformação Enxuta. O objetivo do Fluxo é mover produtos, informações ou serviços com eficiência ao longo de um processo, sem risco quanto à qualidade ou satisfação do cliente. Essa fase almeja melhoria da qualidade, aumento da capacidade, redução de custos, gargalos e barreiras de processos.

As práticas aplicadas nessa fase foram:

- Elaboração de um plano estratégico estruturado, identificando os objetivos para o ano. Os objetivos e iniciativas foram claramente identificados ao apontar pessoas responsáveis, planos de ação, implementação e prazos. Indicadores de performance foram criados para medir o progresso e compará-lo com os objetivos;
- Eliminação de desperdícios e perdas no processo, bem como redução da variabilidade;
- Otimização dos estoques de produtos consumíveis, peças de manutenção, reagentes e matérias-primas;
- Padronização do trabalho por meio de um sistema detalhado e documentado no qual os operadores são treinados e seguem uma sequência de tarefas repetitivas na área. A sequência definida para o Trabalho Padrão representa a melhor prática a ser seguida pelo operador com os tempos padrão para a finalização da tarefa;
- Planejamento de recursos implementados para entender quais forças de trabalho e equipamentos são necessários para atender a demanda futura com eficiência.

A empresa finalizou e certificou a fase Fluxo em 2017 e vem mantendo, desde então, sua condição Fluxo por meio de auditorias anuais.

3.4.3 Etapa de Puxada

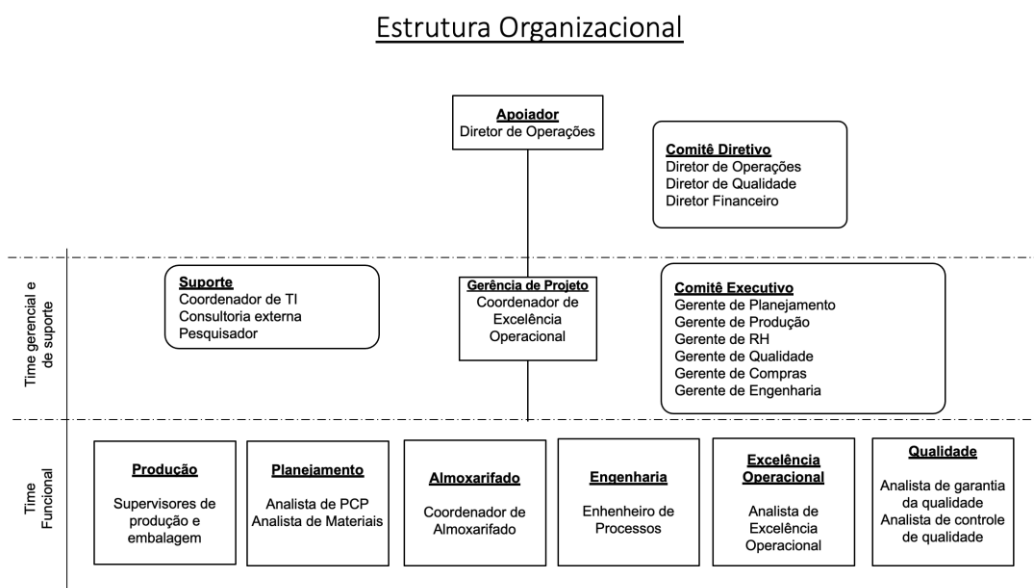
Puxada é a terceira fase da Transformação Enxuta e foco deste trabalho. Seu objetivo principal é a otimização de estoque e *lead time*, com o intuito de aumentar capacidade de resposta e flexibilidade no atendimento das demandas dos clientes. Esta etapa é o objeto de estudo do presente trabalho aplicado.

3.5 Equipe participante da pesquisa-ação

A equipe de integrantes do time com participação colaborativa na condução da pesquisa, coleta de dados e implementação das ações são apresentados na figura 21. Na seleção do time de projeto, levou-se em conta a recomendação de Gross e McInnis (2003), que prescreve que a equipe deve ser composta por elementos de todas as partes interessadas no processo, devendo ser multifuncional e com experiência comprovada em todas as disciplinas que fazem parte do projeto. Também deve-se incluir pessoas que possam fornecer dados especiais, ou tenham um interesse especial em participar do projeto. As funções dessas pessoas seguem aqui listadas:

- Coordenador de Excelência Operacional, responsável pelo gerenciamento do projeto e suporte técnico ao grupo quanto aos conceitos da ME;
- Supervisor de produção, cuja contribuição é o conhecimento sobre o processo produtivo, equipamentos, fluxos, tempos e métodos;
- Analista de planejamento de materiais e PCP, com um papel importante no dimensionamento de tamanho e localização dos supermercados, número de cartões *Kanban*, variabilidade de demanda, níveis de cada tipo de estoque e outros;
- Supervisor de almoxarifados de materiais, que operacionaliza todo o abastecimento das linhas de produção e coordena a movimentação de materiais e produtos;
- Analista de qualidade, representa a área de controle e garantia de qualidade, atividades com grande impacto no fluxo e no tempo do ciclo de produção;
- Gestor de Recursos Humanos, com coordenação da gestão da mudança;
- Engenheiro de processo, responsável pelos ajustes de *layout*, implementação dos quadros *Kanban* e *Heijunka* e outras adaptações na área produtiva;

Figura 21– Time do projeto



Fonte: Elaboração própria

3.6 Unidade de análise

Segundo Yin (2010), a definição da unidade de análise está relacionada com a questão de pesquisa. Para nortear e justificar a escolha da unidade de análise mais adequada, o ideal seria definir critérios baseados na questão de pesquisa e nos problemas a serem solucionados.

No caso abordado aqui, a empresa foco trabalha com três linhas de manufatura: linha de injetáveis, linha de aerossol nasal e linha de embalagem de produtos importados. A linha de injetáveis é a mais extensa no portfólio, portanto, tem maiores volume e valor agregado para a empresa, sendo também a que apresenta processo produtivo mais complexo, devido às condições de toxicidade e esterilidade.

Baseado nos fatores descritos acima e na questão de pesquisa, a unidade de análise adotada foi a linha de fabricação de medicamentos oncológicos injetáveis, representado na figura 22.

Figura 22 – Linha de fabricação de medicamentos oncológicos injetáveis

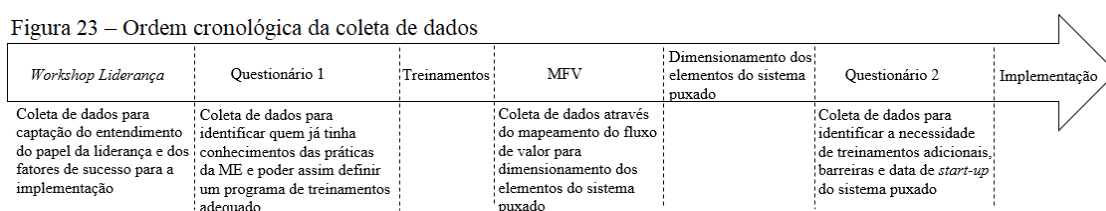


Fonte: Elaboração própria

3.7 Coleta de dados

Coughlan e Coughlan (2002) consideram que a coleta de dados ocorre nas execuções diárias dos processos organizacionais relacionados ao projeto de pesquisa, que também são obtidos por meio de intervenções feitas para que o projeto avance (MIGUEL et al., 2018). Portanto, a coleta de dados neste trabalho contém dados primários, coletados por meio de mapeamento de fluxo de valor (MFV) do estado atual, observações do pesquisador, discussões com o time de projeto, atas de reuniões de trabalho e *status* do projeto. Também foram utilizados como instrumento de coleta de dados primários, dois questionários sobre o nível de engajamento, confiança e conhecimento técnico dos participantes. Esses dados foram importantes para a identificação dos fatores de sucesso e barreiras na implementação. A ordem cronológica da coleta de dados é apresentada na figura 23.

Figura 23 – Ordem cronológica da coleta de dados



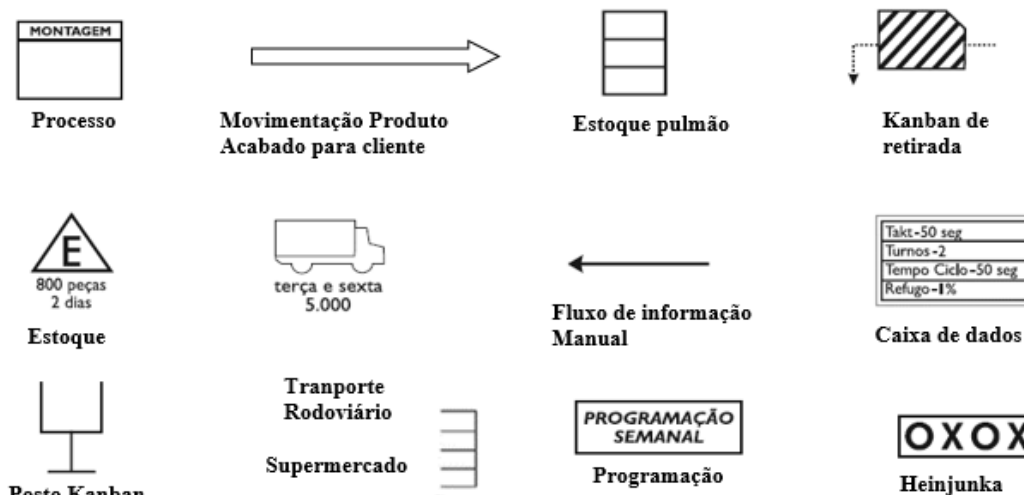
Fonte : Elaboração própria

Devido ao fato dos participantes do *workshop* de liderança e das duas pesquisas serem apenas colaboradores da empresa, há um viés de escolha natural, pois são profissionais envolvidos no dia a dia da empresa e nos seus desafios. No entanto, o risco de um erro sistemático ou desvio da verdade é baixo, pois o resultado esperado com a coleta de dados é identificar os fatores de sucesso e possíveis barreiras na implementação e também como engajar as pessoas no projeto.

3.7.1 Mapeamento do fluxo de valor do estado atual

Para este mapeamento, foi utilizado um conjunto de símbolos que representam processos e fluxos, conforme apresentado na figura 24 e detalhado no apêndice A.

Figura 24 – Exemplo de símbolos MFV



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2012, p.109)

Para o mapeamento do fluxo de valor, procurou-se seguir as recomendações de Rother e Shook (2012) sobre alguns passos e dicas para o desenho do mapa, como apresentado a seguir.

- Visitar prévia e rapidamente a empresa foco ao longo do fluxo de valor para se obter uma noção primária do fluxo e da sequência dos processos.
- Alterar o nível de ampliação, observando-se agora cada etapa individual de uma categoria de processo;
- Não mapear todas as peças compradas da família de produtos, bastando desenhar o fluxo a partir de uma ou duas matérias-primas principais;
- Caminhar pelos fluxos reais de material e informação, coletando informações do estado atual;
- Começar a caminhada pelo processo de expedição e seguir através dos processos a montante, em vez de começar pelo processo de recebimento e seguir através dos processos a jusante. Dessa forma, inicia-se mapeando processos mais diretamente vinculados ao cliente, que definirão o ritmo dos demais;
- Cronometrar os tempos de processos e não considerar os tempos padrão, ou informações que não coletadas durante a caminhada, pois raramente refletem a realidade atual. Os dados de arquivos podem refletir os momentos em que tudo estava funcionando bem. Sua capacidade de prever um estado futuro depende da visita ao local da ação para entender e cronometrar os acontecimentos, exceto dados sobre tempo de atividade da máquina, taxas de refugo e retrabalho, e tempos de troca.
- Desenhar à mão ao invés de utilizar um computador nesse momento pode ser mais rápido e mais fácil. Isso é essencial para compreender os fluxos de material e informação, pois

o mais relevante sobre o mapeamento do fluxo de valor não é o mapa em si, mas a compreensão desses fluxos.

Werkema (2012) também apresenta algumas dicas quanto ao uso do MFV:

- Iniciar com o fluxo de uma família de produtos considerada estratégica e relevante na qual as ações de melhoria deverão ser rapidamente implementadas;
- O mapeamento não deve ser fragmentado entre departamentos e é importante destacar um líder para conduzir todo o mapeamento;
- O mapeamento do fluxo de valor de uma família de produtos deve ter duração de 2 a 5 dias e, em seguida, deve-se iniciar as discussões do estado futuro;
- O fluxo de informação é tão importante quanto o fluxo de materiais;
- Utilizar segundos, e não minutos, como unidade de medida de tempo;
- Relacionar todas as atividades de retrabalho e inspeções no fluxo;
- Não poluir o mapa com excesso de informações de pouca relevância;
- Sempre registrar data e versão dos mapas;
- Não utilizar dados não coletados ou não validados pelo time de mapeamento;
- Reduzir ou eliminar os sete desperdícios no mapa futuro.

Algumas dessas recomendações não foram seguidas devido a restrições de acesso à fábrica e aos escritórios, em função dos protocolos adotados pela empresa durante a pandemia da COVID-19.

Ao invés de realizar o MFV em um intervalo de 2 a 5 dias, como recomenda o referencial teórico, foram estabelecidas 6 reuniões, com 4 horas de duração cada, distribuídas em um intervalo de três semanas. As reuniões foram virtuais, utilizando-se a ferramenta MIRO como uma plataforma de quadro branco colaborativo *on-line*, que permitiu às equipes trabalharem juntas e de forma eficaz. Fotos dessa ferramenta e reuniões são apresentadas no apêndice D.

O referencial teórico orienta que se inicie o MFV com uma visita rápida ao longo do fluxo de valor para se apreender uma noção primária do fluxo e da sequência dos processos. Entretanto, devido ao fato de o MFV ter sido elaborado de forma virtual, e não presencialmente, foi necessário utilizar fotos para ilustrar cada etapa do processo produtivo a todos os participantes, para que visualizassem cada processo no momento da coleta de dados e das discussões de restrições e gargalos. As fotos são apresentadas no apêndice E.

Ainda conforme a revisão teórica, o MFV deve se iniciar com a escolha de uma família de produtos considerada estratégica e relevante. Portanto, levantou-se a previsão de demanda anual de todo o portfólio e, baseado na demanda, definiu-se o número de lotes e volume de produção.

Sendo assim, considerou-se a família de produtos Doxo e Pac, baseado no critério de maior número de lotes de produção e tipo de linha de produção, conforme a tabela 3. Vale ressaltar que os nomes dos produtos foram alterados de forma a manter-se a confidencialidade.

Tabela 3 – Previsão de volume de produção

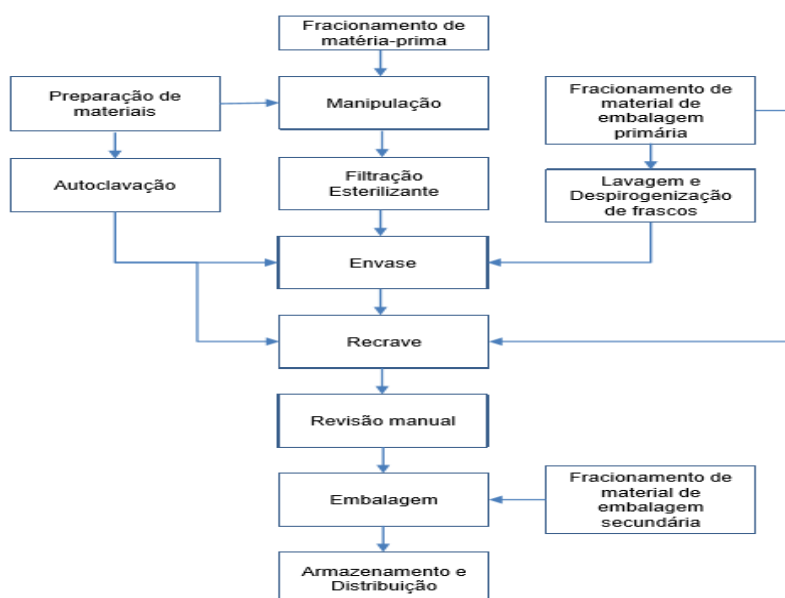
Descrição	Linha	Volume 2021	Lotes por ano	%
Família Doxo	Onco liofilizado	186.799	59	21%
Família Gen	Onco liofilizado	180.733	58	21%
Família Pac	Onco solução	146.556	42	15%
Família Oxa	Onco liofilizado	86.159	35	13%
Família Irino	Onco solução	216.205	27	10%
Família Cisp	Onco solução	104.497	24	9%
Família Bort	Onco liofilizado	26.309	10	4%
Família Daca	Onco liofilizado	58.558	9	3%
Família Vin	Onco solução	61.928	7	2%
Família Peme	Onco liofilizado	11.396	6	2%
	Total	1.079.140	277	100%

Fonte: Elaboração própria

Para iniciar o mapeamento, foram desenhados os dois fluxos dos processos produtivos dos produtos oncológicos injetáveis em suas formas de solução líquida e pó liófilo.

Solução líquida é a forma farmacêutica líquida, límpida e homogênea, que contém um ou mais princípios ativos dissolvidos em um solvente adequado ou em uma mistura de solventes miscíveis. Esse fluxo do processo produtivo está representado na figura 25.

Figura 25 – Fluxo do processo produtivo de um produto oncológico injetável na forma de solução líquida

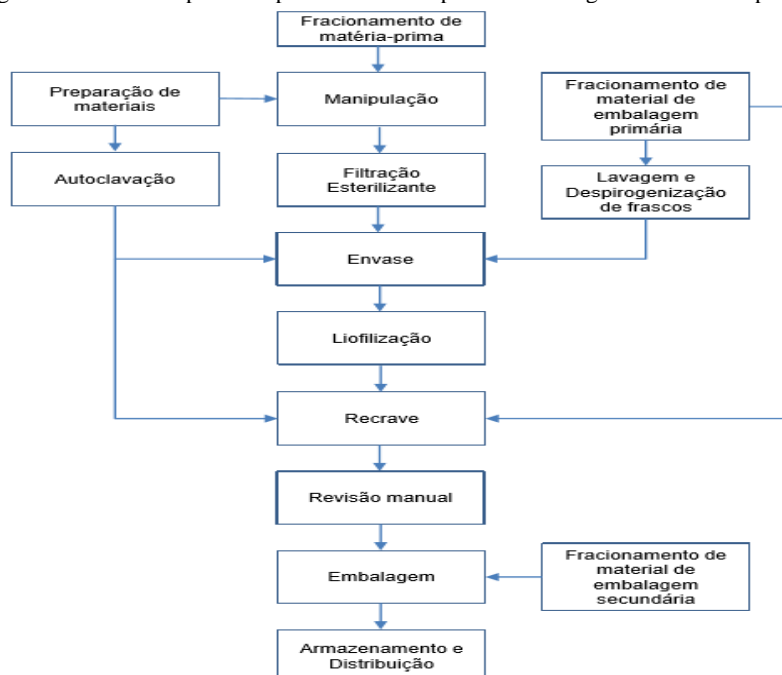


Fonte: Elaborado pelo time de projeto

Liofilização pode ser definida como o processo de secagem de uma substância congelada, no qual a maior parte da água é removida por sublimação. O fluxo desse processo produtivo

está representado na figura 26.

Figura 26 – Fluxo do processo produtivo de um produto oncológico na forma de pó líófilo injetável



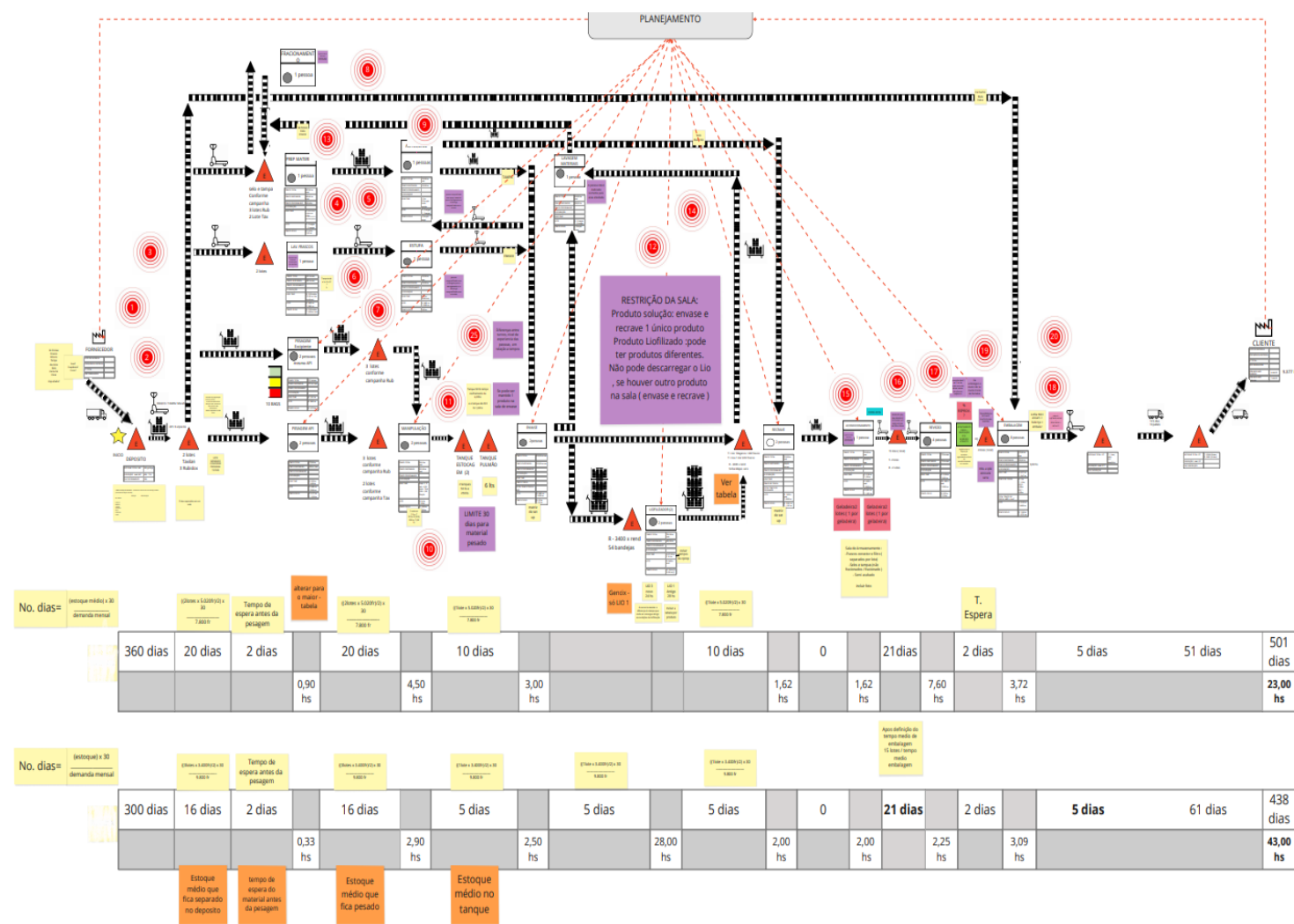
Fonte: Elaborado pelo time de projeto

Os seguintes dados foram coletados para as duas famílias escolhidas, e para cada etapa do processo produtivo, apresentados nas figuras 25 e 26:

- Tempo total;
- Tempo de uso disponível;
- Porcentagem de disponibilidade;
- Tamanho do lote;
- Turnos de trabalho;
- Número de pessoas;
- Tempo do ciclo;
- Tempo de limpeza;
- Tempo de *setup*;

Os detalhes dos dados coletados são apresentados no apêndice F.

Figura 27 – MFV do estado atual



Fonte: Elaborado pelo time de projeto

A figura 27 apresenta o mapeamento do fluxo de valor do estado atual, iniciado com os pedidos dos clientes e com a previsão de vendas que compõe a programação de entrega. Os dados foram inseridos no sistema de MRP (*Material Requirement Planning*), disparando a necessidade de materiais para os fornecedores e a programação para os centros de operação, ambas relativas ao período de uma semana.

As caixas no mapa de fluxo representam as operações e suas respectivas medidas de tempo de ciclo, de *setup* e limpeza, de disponibilidade ou OEE, o tamanho de lote, a porcentagem de refugo, o número de operadores e o número de turnos. A seta tracejada representa o fluxo empurrado, e não o puxado. Os triângulos representam os estoques ao longo do fluxo. É importante que esses pontos estejam presentes no mapa de estado atual porque informam onde o fluxo está parando.

Por fim, com os dados da observação das operações atuais desenhados e registrados no mapa, é possível resumir a condição atual desse fluxo de valor desenhando-se uma linha de tempo nas caixas de processos e nos triângulos de inventário. Com isso, obtém-se o *lead time* total de produção, ou seja, o tempo que o item leva para percorrer o chão de fábrica, começando com a chegada da matéria-prima e terminando com a expedição do item para o cliente.

Para cada atividade, é medido o tempo de agregação de valor e o tempo total, sendo que, ao final do fluxo, são apresentados o *lead time* total de produção e o tempo de real agregação de valor. Assim é possível identificar a duração de atividades que não agregam valor, tais como excesso de estoque, tempo de movimentação ou de transporte, retrabalho e inspeção.

3.7.2 *Workshop* com a liderança e questionários

Ainda quanto aos dados primários, foi realizado um *workshop* com a liderança para apresentação dos conceitos envolvidos e coleta de dados relativa ao entendimento do papel da liderança e dos fatores de sucesso em intervenções como esta. Também foram aplicados dois questionários para coleta de dados sobre nível de engajamento, confiança e conhecimento técnico dos participantes. Esses dados foram importantes para a identificação dos fatores de sucesso e barreiras na intervenção.

Segundo Barbosa (2008), o questionário é um procedimento de coleta de dados muito utilizado, com custo razoável, apresenta as mesmas questões para todos os participantes e garante o anonimato. Ele pode conter questões para atender finalidades específicas de uma pesquisa e pode ser desenvolvido para medir atitudes, opiniões, comportamentos,

circunstâncias da vida do cidadão, entre outras questões. Pode incluir questões abertas, fechadas, de múltipla escolha, de resposta numérica, ou do tipo sim ou não. Suas etapas de desenvolvimento são: justificativa, definição dos objetivos, redação das questões e afirmações, revisão, definição do formato, pré-teste e revisão final.

A coleta de dados primários por meio de questionários se justifica pelo fato de que, embora exista literatura acadêmica e profissional abundante sobre as práticas e implementação da ME, a maioria das empresas falha ao tentar adotar esses conceitos. Por isso é importante identificar quais são as barreiras e entender o motivo da alta taxa de malogro e, assim, planejar ações que transpassem essas barreiras e viabilizem a implementação com sucesso (LODGAAED et al, 2016).

Os principais fatores que influenciam o sucesso na implementação das práticas da ME são: engajamento da liderança e da equipe do projeto; construção de um time de especialistas internos e externos; análise vigorosa da atual situação da organização; plano robusto de comunicação; programa amplo de treinamento; entendimento e uso correto das ferramentas da ME e outros (LODGAAED et al, 2016; HALLING; WIJK, 2013; DORA et al., 2013; RATHJE, BOYLE; DEFLORIN, 2009; MOSTAFA, DUMRAK; SOLTAN, 2013).

O objetivo do questionário era coletar dados que fundamentassem a análise e a avaliação do nível de engajamento, confiança e conhecimento técnico dos participantes. O questionário foi aplicado a todos os participantes, em formato eletrônico, utilizando-se a ferramenta FORMS, da Microsoft.

3.7.2.1 *Workshop* com a liderança

Uma barreira na implementação das práticas da ME e sistema de produção puxada é a falta de apoio e engajamento da liderança. Sendo assim, a primeira atividade foi um *workshop* com toda a liderança da fábrica para conscientização e capacitação. Os participantes convidados estão listados no quadro 6.

Quadro 6 – Participantes do *workshop* de liderança

PARTICIPANTES	PARTICIPANTES
Diretor de Operações	Gerente de Segurança e Meio Ambiente
Diretora de Qualidade	Gerente Financeiro
Gerente de Supply Chain	Gerente de Desenvolvimento de embalagem
Gerente de Controle de Qualidade	Supervisor de Logística
Gerente de Garantia da Qualidade	Supervisores de Produção
Gerente de RH	Coordenador de Customer Service
Gerente de PCP	Coordenadora de Importação
Gerente de Qualidade	Coordenador de Custos
Gerente de P&D	Coordenador de Segurança e Meio Ambiente
Gerente de Compras	Coordenador de P&D
Gerente de Produção	Coordenadora de Controle de Qualidade
Gerente de TI	Coordenadora de Garantia da Qualidade
Gerente de Engenharia	

Fonte: Elaboração própria

O *workshop* abordou aspectos técnicos, como:

- Origem da Manufatura Enxuta;
- Tipos de fluxos de produção: empurrada, puxada e híbrida;
- Barreiras na implementação de fluxos puxados;
- Conceitos de supermercado, *Kanban*, *Takt Time* e *Heijunka*;
- Benefícios do fluxo puxado.

O conteúdo também abordou aspectos comportamentais como:

- Papéis e responsabilidades da liderança em uma implementação de fluxo puxado;
- Principais barreiras e fatores de sucesso em uma implementação de fluxo puxado;
- Exercício prático: discutir e definir, em grupo, ações para garantir uma implementação eficaz, compromissos da liderança e o que fariam de diferente a partir do *workshop*.

3.7.2.2 Primeiro questionário

O primeiro questionário foi enviado após a reunião de partida do projeto e antes dos treinamentos. Os objetivos eram identificar quem já havia participado de algum treinamento acerca das práticas da ME, em especial, da prática do sistema puxado, medir o nível de conhecimento sobre essas práticas e identificar quem havia feito parte das implementações anteriores de práticas de ME na empresa foco. Com esses dados, buscou-se desenhar o programa de treinamentos e identificar os especialistas internos, conforme sugere Mostafa, Dumrak e Soltan (2013).

O quadro 7 apresenta os cargos dos respondentes do primeiro questionário.

Quadro 7 – Cargos dos respondentes do primeiro questionário

RESPONDENTES
Diretor de Operações
Gerente de Supply Chain
Gerente de Controle de Qualidade
Gerente de RH
Gerente de PCP
Gerente de Qualidade
Gerente de P&D
Gerente de Compras
Gerente de Produção
Gerente de TI
Analista de Excelência Operacional
Analista de PCP
Supervisor de Logística
Engenheiro de Processo
Analista de Qualidade
Supervisora de Produção
Coordenador de Customer Service
Coordenadora de Importação
Coordenador de Custos.
Gerente de Segurança e Meio Ambiente

Fonte: Elaboração própria

Os detalhes das questões encontram-se no apêndice G.

3.7.2.3 Segundo questionário

O envio do segundo questionário ocorreu após a finalização da definição e dimensionamento dos elementos do sistema puxado e antes da intervenção. O objetivo era identificar o nível de conhecimento do time de projeto sobre os conceitos e método de cálculo de *Takt Time*, frequência de reposição, supermercado, *Kanban*, sistema puxador e sequência ótima de produção, bem como identificar quem gostaria de reforçar alguns desses conceitos e métodos de cálculo antes da intervenção. Também foram verificados os fatores de sucesso e as barreiras identificadas até aquele momento, bem como qual seria o melhor momento para a realização da intervenção, já que a fábrica entraria em recesso e férias coletivas de final de ano.

Com esses dados, buscou-se assegurar que todos os participantes da intervenção tivessem conhecimento suficiente sobre os conceitos e métodos de cálculos dos elementos do sistema puxado, bem como reforçar os fatores de sucesso e definir ações para mitigar as barreiras identificadas pelo grupo.

O quadro 8 resume as funções daqueles que responderam ao segundo questionário.

Quadro 8 – Funções dos respondentes do segundo questionário

RESPONDENTES
Gerente de PCP
Gerente de Produção
Gerente de Supply Chain
Analista de Excelência Operacional
Analista de PCP
Analista de Planejamento de Materiais
Supervisor de Logística
Engenheiro de Processo
Supervisora de Produção
Supervisora de Embalagem
Supervisor de produção
Coordenadora de Excelência Operacional.

Fonte: Elaboração própria

Os detalhes das questões encontram-se no apêndice H.

3.8 Método de análise de dados

A análise de dados da pesquisa-ação ocorreu de forma colaborativa, envolvendo tanto o pesquisador quanto os membros do time de projeto e as áreas integradas no estudo. A abordagem colaborativa se baseia na suposição de que as pessoas envolvidas conhecem melhor sua área e seus processos e, portanto, têm mais capacidade de avaliar o que poderá funcionar, sem contar que serão os responsáveis por implantar e acompanhar a implementação das ações.

A partir da análise dos dados coletados no mapeamento do fluxo de valor (MFV), foi possível, juntamente com os membros do time do projeto, discutir e definir melhorias para o estado futuro, bem como definir e dimensionar os elementos do sistema puxado.

As sugestões de melhoria do estado futuro surgiram durante a construção do mapa do fluxo de valor do estado atual. O estado futuro foi baseado em dados examinados durante o desenho do mapa do estado atual (YÜKSEL; UZUNOVIĆ, 2019).

Seguindo as sugestões de Werkema (2012) e Rother e Shook (2012) sobre a utilização de algumas diretrizes na discussão de ações de melhorias e na definição do plano de trabalho e implementação, discutiu-se e definiu-se:

- O tempo *Takt* da produção, ou seja, o tempo disponível para a produção dividido pela demanda, e também foi identificado o processo gargalo;
- Onde havia e onde não havia fluxo contínuo. Foi considerada a implementação de supermercados, entendido como sendo um local de estoque predeterminado para fornecimentos às etapas posteriores. Geralmente são utilizados cartões *Kanban* para sinalizar ao fornecedor a remoção de um item e futuras necessidades de reposição;

- O tamanho de cada supermercado, bem como o dimensionamento do número de cartões *Kanban*;
- Qual seria o processo puxador (*pacemaker*), o qual determina o ritmo dos processos e fica próximo ao cliente final do fluxo de valor.
- Qual seria a sequência ótima de produção, visando nivelar o mix de produção, uma vez que diferentes produtos são distribuídos de modo uniforme no processo puxador ao longo do tempo. Com isso, é possível obter ganhos de eficiência no atendimento das necessidades dos clientes, eliminar o excesso de estoque, reduzir *lead time* e custos em todo o fluxo de valor;
- Qual seria a frequência de produção. A frequência com que cada peça é fabricada é denominada *Every Product Every Interval* (EPEX);
- Quais seriam as melhorias de processos necessárias para fazer com que o fluxo de valor corresse conforme as especificações do projeto do estado futuro.

A descrição de toda a narrativa da preparação para a intervenção se apresenta no capítulo 4 e foi elaborada utilizando-se o conjunto de dados coletados e os fatos essenciais relacionados aos objetivos da pesquisa (MIGUEL et al., 2018). Além da participação ativa do pesquisador na execução da ação, uma reflexão crítica acerca da intervenção foi amadurecida com o objetivo de gerar conhecimentos científicos complementares (NÄSLUND; KALE; PAULRAJ, 2010).

Concluídas a análise de dados e a narrativa, definiu-se um plano de ação contendo todas as recomendações para a implementação do sistema de produção puxada (MELLO et al., 2011).

A análise dos dados coletados no primeiro questionário norteou a definição de conteúdo e duração dos treinamentos, assim como, a identificação dos especialistas internos que atuariam na intervenção.

Já os dados do segundo questionário foram utilizados para medir o nível de conhecimento da equipe que faria a gestão do sistema puxado e para identificar as possíveis barreiras e cuidados na intervenção, além do melhor momento para executá-la.

4 PREPARAÇÃO PARA A IMPLEMENTAÇÃO

Neste capítulo é apresentado a conceitualização, escopo, governança do projeto, treinamentos e ações para engajamento e comprometimento. Também foi descrito todo processo de definição e dimensionamento dos elementos do sistema puxado e a preparação para a implementação.

4.1 O Projeto

O projeto contemplou parte dos quatro estágios descrito no referencial teórico por Mostafa, Dumrak e Soltan (2013):

1. Conceitualização: esse primeiro estágio contemplou o desenho do escopo, a reunião de *kick-off*, treinamento conceitual e transferência de conhecimento para a equipe de implementação;
2. Design de implementação: nesse estágio, foram realizados levantamentos e diagnósticos por meio do mapeamento do fluxo de valor atual e discussão do estado futuro com a identificação das práticas e ferramentas da ME, definição dos elementos do Sistema Puxado como supermercado, *Kanban*, *Takt Time*, *Pitch*, *Heinjunka* e dimensionamento desses elementos;
3. Implementação e avaliação: etapa de execução do plano definido no estágio anterior;
4. *Rollout*: o estágio final, com foco sobre documentação e formalização das lições aprendidas, mudanças de escopo durante a implementação, novos padrões e procedimentos criados e plano de melhoria contínua.

4.1.1 Conceitualização

Devido ao fato deste trabalho ter sido desenvolvido durante a pandemia da COVID-19, a grande maioria dos participantes do projeto estava trabalhando em regime de *home-office*, ou seja, não estavam fisicamente juntos, o escopo do projeto foi todo adaptado para essa situação. A reunião de *kick-off*, os treinamentos introdutórios e conceituais, o mapeamento do fluxo de valor, os dimensionamentos dos elementos do sistema puxado como supermercado, *Kanban*, *Takt Time*, *Pitch*, *Heinjunka*, foram adaptados para serem executados virtualmente, com o uso de plataformas como o Zoom e Webex.

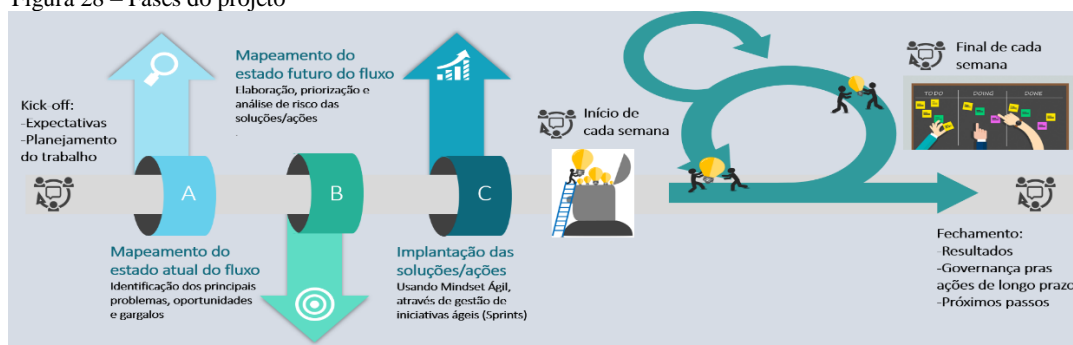
Também foi contratada uma consultoria com atuação em excelência operacional e melhoria

contínua, liderança e inovação, desenvolvimento de pessoas e *coaching*. A empresa conta com uma plataforma de capacitação com conteúdo digital que permite encontros e trabalhos virtuais, fundamental para a situação de isolamento social que a pandemia impôs.

4.1.1.1 Escopo e reunião de *kick-off*

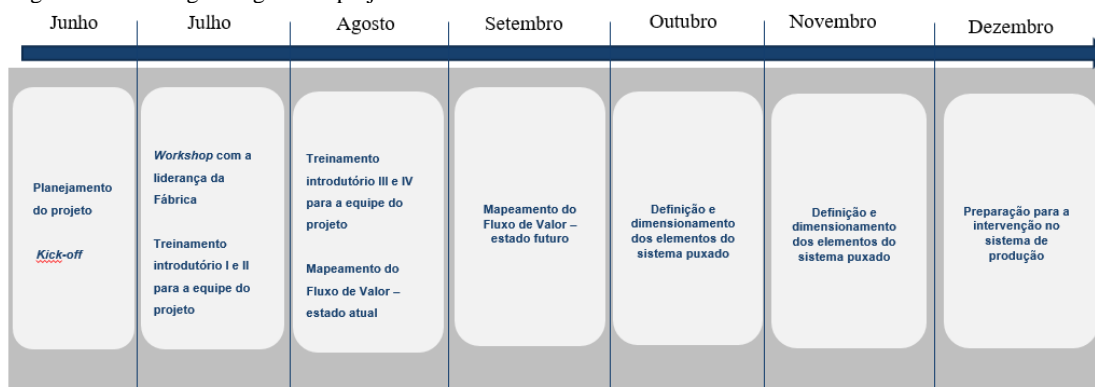
A reunião de *kick-off* contou com a presença de todo o comitê diretivo, comitê executivo e membros do time do projeto. Foi apresentada a jornada de transformação enxuta da empresa e suas etapas de estabilidade, fluxo, puxada e integração. Para sinalizar que o passo seguinte à jornada de transformação enxuta é a etapa de puxada, foram apresentados o escopo do projeto, a equipe de projeto, os membros do comitê diretivo e do comitê executivo, conforme apresentado no item 3.4 deste trabalho, cronograma e fases, conforme figuras 28 e 29 e, por fim, os benefícios dessa etapa para a empresa.

Figura 28 – Fases do projeto



Fonte: Consultoria contratada pela empresa foco

Figura 29 – Cronograma geral do projeto



Fonte: Elaboração própria

Os benefícios esperados e apresentados na reunião de *kick-off* foram:

- Otimização de estoques e locais de armazenagem;

- Redução do tempo de ciclo;
- Aumento de flexibilidade no atendimento da demanda e consequente redução do *back order*.

- Redução de desperdícios no fluxo de valor atual;
- Redução de replanejamentos;
- Maior protagonismo dos operadores;
- Maior agilidade na detecção de problemas de qualidade;
- Maior organização dos ambientes.

4.1.1.2 Treinamentos, transferência de conhecimento e engajamento

Segundo o referencial teórico, a falta de plano do treinamento amplo tem sido uma das principais barreiras na implementação eficaz das práticas de ME e de sistemas de produção puxada. Consciente disso, essa etapa do projeto foi muito bem planejada e houve diversas discussões sobre os temas, o conteúdo, os exercícios práticos, a carga horária e os participantes. Foi utilizada a análise do resultado do primeiro questionário, detalhado no item 3.6.2.2, cujo objetivo era identificar quem já havia participado de algum treinamento de práticas de ME, em especial, da prática do sistema puxado, medir o nível de conhecimento e, com isso, desenhar o programa de treinamentos.

O programa de treinamentos foi dividido em cinco partes com o intuito de ajustar a carga horária para o formato digital e permitir, também, que os participantes se dedicassem totalmente às atividades de treinamento, evitando interrupções devido às suas atividades diárias no chão de fábrica e em *home-office*. São elas:

- *Workshop* com a liderança;
- Treinamento parte I;
- Treinamento parte II;
- Treinamento parte III;
- Treinamento parte IV.

Os treinamentos conceituais foram realizados para toda a equipe de projeto, conforme apresentado no item 3.4 e tiveram a seguinte divisão e conteúdo:

1. Treinamento parte I:
 - a. O sistema Toyota de Produção e a Manufatura Enxuta;
 - b. Fluxo de produção Empurrado x Puxado;

- c. Sistema de Produção Puxada e seus elementos;
- d. O que é, e quando usar um supermercado;
- e. Como dimensionar o supermercado;
- f. Exercício prático: dimensionar um supermercado.

2. Treinamento parte II:

- a. Trabalho padronizado;
- b. *Takt Time*;
- c. Fluxo contínuo e estabilidade;
- d. *Kanban*;
- e. Cartões, quadro e ciclo *Kanban*;
- f. Dimensionamento do *Kanban*;
- g. Exercício prático: dimensionar as faixas do *Kanban* e o número de cartões por faixa.

3. Treinamento parte III:

- a. *Kanban* de fornecedores;
- b. *Kanban* de produção;
- c. *Kanban* de produto acabado;
- d. Produção em lotes x fluxo contínuo;
- e. Tamanho de lote;
- f. Conceito de *lead Time*;
- g. Conceito de *setup*, ou tempo de troca;
- h. SMED;
- i. *Heijunka*, ou nivelamento;
- j. Conceito de Toda Parte Todo (TPT);
- k. Cálculo do *Takt Time*;
- l. Cálculo do *Pitch* de produção;
- m. Cálculo do intervalo *Pitch*;
- n. Programação *Heijunka*;
- o. Exercício prático: dimensionar o nivelamento de uma linha de produção, definindo TPT, *Takt Time*, *Pitch*, intervalo *Pitch*, número de cartões e programação *Heijunka*.

4. Treinamento parte IV:

- a. Conceito de *Pacemaker*, ou processo puxador;
- b. Onde alocar o processo puxador;
- c. Mapa de fluxo de valor;
- d. Como mapear o fluxo atual de valor;
- e. Identificando os desperdícios no fluxo atual de valor;
- f. Proposta de melhoria do estado futuro.

De acordo com Mostafa, Dumrak e Soltan (2013), existem sete fatores que influenciam o sucesso na implementação de práticas de ME, e um deles consiste em que a empresa tenha um plano robusto de comunicação. Baseado nisso, foi desenhado um plano de comunicação que levou em conta cada audiência, o conteúdo da mensagem, o veículo para comunicar, o responsável pelo conteúdo e a frequência das comunicações, conforme apresentado no quadro 9.

Quadro 9 – Plano de comunicação

Audiência	Mensagem – O quê	Veículo - Como	Quem	Frequência
Diretoria / Liderança da fábrica	Status do projeto	Webex (ppt)	Lider do projeto	Reunião Gerencial Mensal
Comitê Diretivo / Time gerencial e de suporte / Time funcional	Atualizações do status do projeto	E-mail	Lider do projeto e equipe comunicação	Toda sexta-feira
Time funcional	Treinamentos / Sessões de Orientação e sensibilização	Webex	Lider do projeto e consultoria	Sob demanda
	Pílulas de Conhecimento sobre conceitos e gerenciamento da mudança	E-mail + infográfico (impressão para quadro das áreas) + vídeos curtos		Toda segunda-feira
Time operacional	Treinamentos / Sessões de Orientação e sensibilização	Webex	Lider do projeto e consultoria	Sob demanda
	Pílulas de Conhecimento sobre conceitos e gerenciamento da mudança	E-mail + infográfico (impressão para quadro das áreas) + vídeos curtos		Toda segunda-feira
Time gerencial e de suporte / Time funcional	Fechamento das fases	Webex	Lider do projeto e consultoria	Ao final de cada fase
	Atividades / pendências implementação	Microsoft Teams / Plataforma Miro		Diária
Todos	Highlights Projeto / Conquistas / Mudanças	Yammer / vídeos	Lider do projeto	Sob demanda

Fonte: Elaborado pelo time de projeto

4.1.2 Design de Implementação

Estágio no qual se utilizou a coleta de dados, por meio do mapeamento do fluxo de valor atual, e discutiu-se o estado futuro, com identificação das práticas e ferramentas da ME, definição dos elementos do Sistema Puxado, como supermercado, *Kanban*, *Takt Time*, *Pitch* e *Heijunka*, e dimensionamento desses elementos.

4.1.2.1 Mapa do estado futuro

As sugestões de melhoria do estado futuro surgiram durante a elaboração do mapa do estado atual e observaram algumas diretrizes da discussão de ações de melhorias e da definição do

plano de trabalho e implementação. São elas:

- Definição do *Takt Time*;
- Identificação do local do processo gargalo;
- Definição quanto à produção, se seria planejada para atendimento de pedidos de clientes ou para reposição de supermercados;
- Identificação de onde seria possível haver fluxo contínuo;
- Definição dos supermercados;
- Definição do tamanho dos supermercados;
- Definição do *pacemaker* ou sistema puxador;
- Definição quanto ao nivelamento do processo puxador;
- Definição de frequência da produção;
- Definição das melhorias necessárias.

Segundo o referencial teórico, o *Takt Time* é definido pela fórmula:

$$\text{Takt} = \frac{\text{tempo de trabalho disponível no período}}{\text{demanda no período}}$$

Foi calculado o *Takt Time*, ou ritmo de produção, para cada produto do portfólio e para todos os processos produtivos por onde esses produtos passam. Conceitualmente, o *Takt Time* é utilizado para sincronizar o ritmo de produção com o ritmo de vendas, e esse valor pode ser interpretado como o tempo máximo de produção de um único produto por todos os recursos do fluxo de valor, a fim de atender toda a demanda do cliente.

Foram calculadas as horas disponíveis para cada processo produtivo, as quais estão relacionadas à jornada de trabalho e aos turnos, medidos em horas úteis.

A tabela 4 apresenta as horas disponíveis em cada processo produtivo.

Tabela 4 – Horas disponíveis em cada processo produtivo

Pesagem	Prep. Materiais	Autoclave	Lavagem Frasco	Estufa	Manipulação
168	399	399	399	399	399
Envase	Liofilização	Recrave	Acondicionamento	Revisão	Embalagem
399	1186,6	399	399	155	168

Fonte: Elaborado pelo time do projeto

Baseado na demanda de cada produto, foi definida a quantidade de lotes de produção necessária para atender essa demanda e as horas necessárias para a produção desses lotes em cada processo produtivo, conforme apresentado na tabela 5.

Tabela 5 –Horas necessárias para atendimento da demanda

	Previsão de Vendas	Tamanho de lote	No. Lotes/mês	Horas necessárias para atendimento da demanda					
				Pesagem	Prep. Materiais	Autoclave	Lavagem Frasco	Estufa	Manipulação
Cito 50mg	14.017	4.901	2,9	20,0	6,01	7,44	6,435	14,30	10,01
Doxo 50 mg	11.500	3.400	3,4	23,7	10,15	21,99	5,276	16,91	11,84
Peme 100 mg	615	2.995	0,2	1,4	0,62	1,33	0,503	1,03	0,72
Peme 500 mg	752	2.450	0,3	2,1	0,92	2,00	0,347	1,53	1,07
Oxa 50mg	1.843	4.482	0,4	2,9	1,23	2,67	0,822	2,06	1,44
Oxa 100mg	7.160	2.500	2,9	20,0	8,59	18,62	3,294	14,32	10,02
Daca 200mg	4.840	7.020	0,7	4,8	2,07	6,27	1,799	3,45	2,41
Gen 1000mg	11.535	3.400	3,4	23,7	10,18	22,05	5,293	16,96	11,87
Gen 200mg	4.129	6.500	0,6	4,4	1,91	5,78	1,556	3,18	2,22
Irino 100mg	16.445	9.259	1,8	12,4	3,73	4,62	6,216	8,88	6,22
Irino 40mg	1.746	5.909	0,3	2,1	0,62	0,77	0,659	1,48	1,03
Pac 300 mg	785	1.743	0,5	2,3	0,95	1,17	0,869	2,25	1,58
Pac 100 mg	10.904	5.202	2,1	10,5	4,40	5,45	2,096	10,48	7,34
Vin 1 mg	20.000	10.833	1,8	12,9	3,88	4,80	7,385	9,23	6,46
Bort 3,5mg	1.874	3.214	0,6	4,1	1,75	3,79	1,429	2,92	3,50
Total de horas utilizadas no processo				147,5	56,99	108,74	43,980	108,97	77,74

Cont.

	Previsão de Vendas	Tamanho de lote	No. Lotes/mês	Horas necessárias para atendimento da demanda					
				Envase	Liofilização	Recrave	Acondicionamento	Revisão	Embalagem
Cito 50mg	14.017	4.901	2,9	10,0	0,00	5,43	5,434	14,59	7,72
Doxo 50 mg	11.500	3.400	3,4	8,2	26,00	4,26	4,262	13,53	6,43
Peme 100 mg	615	2.995	0,2	0,3	56,00	0,18	0,179	0,00	0,34
Peme 500 mg	752	2.450	0,3	0,5	68,00	0,28	0,279	0,00	0,42
Oxa 50mg	1.843	4.482	0,4	1,3	70,00	0,68	0,683	0,00	1,07
Oxa 100mg	7.160	2.500	2,9	5,1	72,00	2,86	2,864	0,00	4,15
Daca 200mg	4.840	7.020	0,7	3,0	34,00	1,51	1,510	0,00	2,69
Gen 1000mg	11.535	3.400	3,4	8,2	51,00	4,27	4,275	0,00	6,41
Gen 200mg	4.129	6.500	0,6	2,2	33,00	1,19	1,194	0,00	2,29
Irino 100mg	16.445	9.259	1,8	7,1	0,00	4,28	4,280	10,96	10,89
Irino 40mg	1.746	5.909	0,3	0,7	0,00	0,47	0,473	1,18	1,39
Pac 300 mg	785	1.743	0,5	0,7	0,00	0,59	0,585	1,58	0,44
Pac 100 mg	10.904	5.202	2,1	6,8	0,00	3,35	3,354	20,96	6,06
Vin 1 mg	20.000	10.833	1,8	8,7	0,00	5,54	5,539	36,00	15,69
Bort 3,5mg	1.874	3.214	0,6	1,6	76,00	0,87	0,869	0,00	2,60
Total de horas utilizadas no processo				64,6	486,00	35,78	35,779	137,32	68,60

Fonte: Elaborado pelo time do projeto

Baseado nas informações de horas disponíveis e horas necessárias para atendimento da demanda de cada produto, é possível determinar o *Takt Time* de cada produto em cada um dos processos produtivos. As tabelas 6 e 7 demonstram o exemplo do cálculo do *Takt Time* para os produtos Doxo e Pac utilizados no MFV.

Tabela 6 – Exemplo de cálculo de *Takt Time* para o produto PAC 100mg

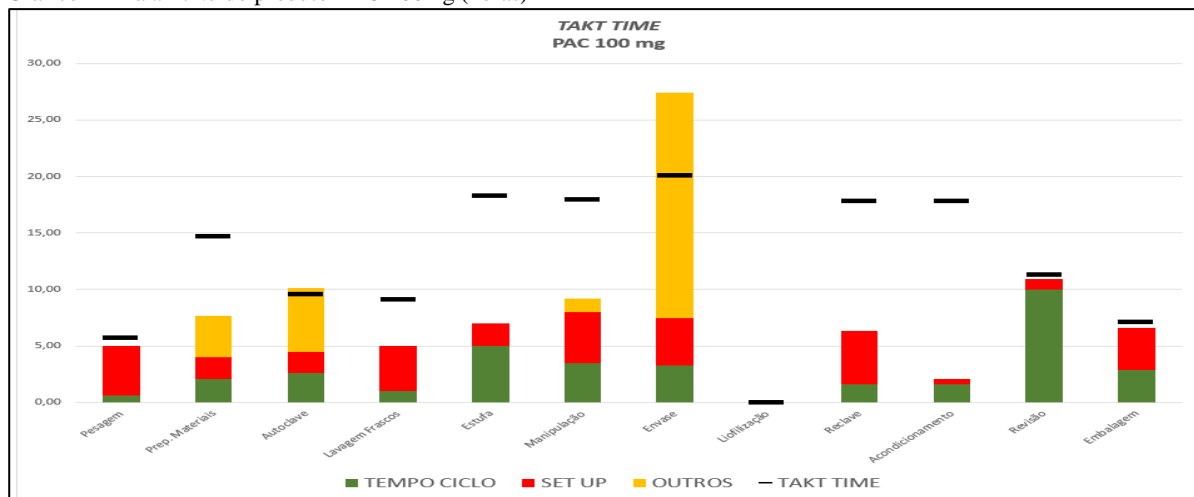
Produto PAC 100 mg	Pesagem	Prep. Materiais	Autoclave	Lavagem Frascos	Estufa	Manipulação	Envase	Liofilização	Reclave	Acondicionamento	Revisão	Embalagem
% do total de horas utilizado pelo produto	7%	8%	5%	5%	10%	9%	11%	0%	9%	9%	15%	9%
Horas totais disponíveis	168	399	399	399	399	399	399	0	399	399	155	168
Horas necessárias para atendimento da demanda	11,94	30,82	20,00	19,02	38,37	37,65	42,09	0,00	37,40	37,40	23,66	14,84
TAKT TIME (Tempo Disponível para este produto / Horas necessárias para atender a demanda)	5,70	14,70	9,54	9,07	18,31	17,96	20,08	0,00	17,84	17,84	11,29	7,08
Tempo de ciclo	0,65	2,10	2,60	1,00	5,00	3,50	3,25	0,00	1,60	1,60	10,00	2,89
Set Up	4,35	1,90	1,90	4,00	2,00	4,50	4,25	0,00	4,75	0,50	0,90	3,75
Outros (sanitização da área, utilização para preparação de material de limpeza na área .. Etc)		3,69	5,60			1,20	19,91					

Fonte: Elaborado pelo time do projeto

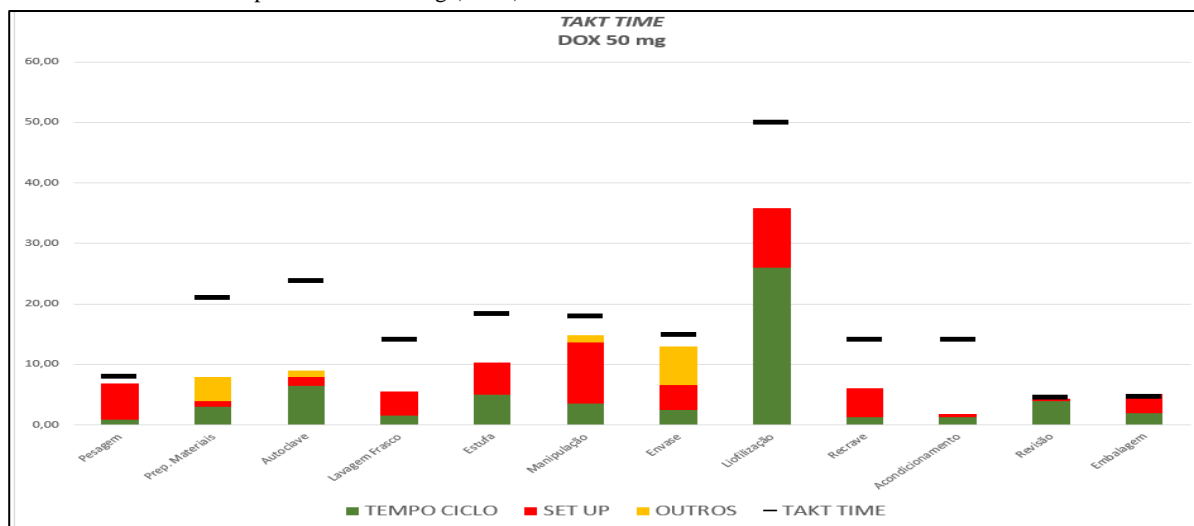
Tabela 7 – Exemplo de cálculo de *Takt Time* para o produto DOX 50mg

Produto DOX 50 mg	Pesagem	Prep. Materiais	Autoclave	Lavagem Frascos	Estufa	Manipulação	Envase	Liofilização	Reclave	Acondicionamento	Revisão	Embalagem
% do total de horas utilizado pelo produto	16%	18%	20%	12%	16%	15%	13%	14%	12%	12%	10%	9%
Horas totais disponíveis	168	399	399	399	399	399	399	1.187	399	399	155	168
Horas necessárias para atendimento da demanda	26,97	71,04	80,67	47,87	61,92	60,76	50,36	169,11	47,53	47,53	15,27	15,74
TAKT TIME (Tempo Disponível para este produto / Horas necessárias para atender a demanda)	7,97	21,00	23,85	14,15	18,31	17,96	14,89	50,00	14,05	14,05	4,51	4,65
Tempo de ciclo	0,90	3,00	6,50	1,56	5,00	3,50	2,41	26,00	1,26	1,26	4,00	1,90
Set Up	5,93	1,00	1,41	4,00	5,36	10,15	4,25	9,90	4,75	0,50	0,34	3,28
Outros (sanitização da área, utilização para preparação de material de limpeza na área .. Etc)		3,90	1,13			1,20	6,27					

Fonte: Elaborado pelo time do projeto

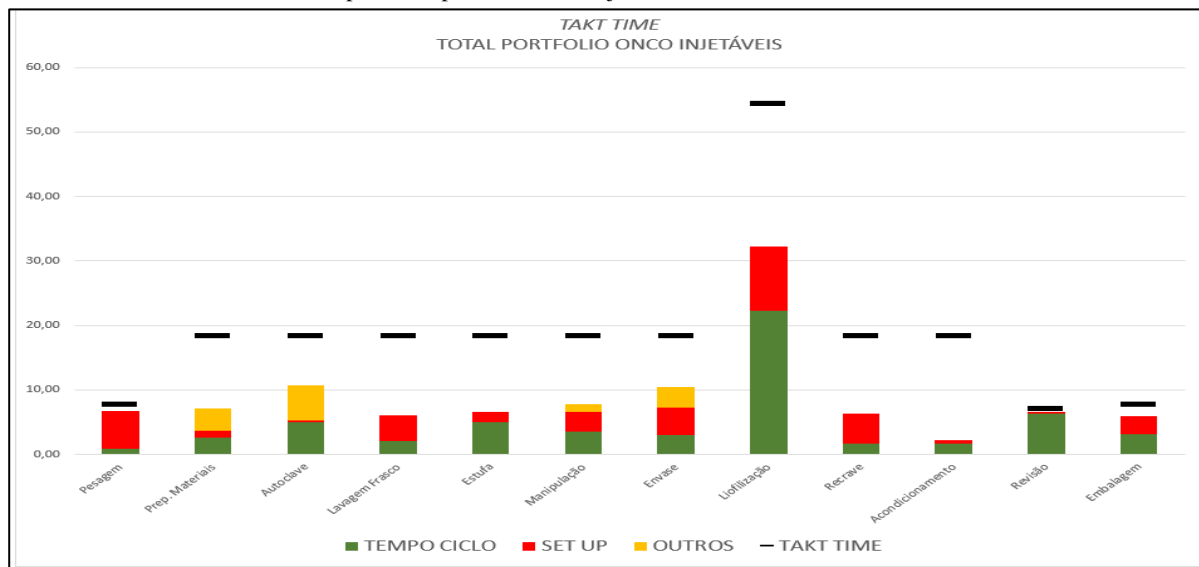
Gráfico 1 – *Takt Time* do produto PAC 100mg (horas)

Fonte: Elaborado pelo time do projeto

Gráfico 2 – *Takt Time* do produto DOX 50mg (horas)

Fonte: Elaborado pelo time do projeto

Da mesma forma que foi calculado o *Takt Time* para os produtos DOX 50mg e PAC 100mg, foi feito para todos os produtos oncológicos injetáveis. O resultado do *Takt Time* para todo o portfólio é apresentado no gráfico 3.

Gráfico 3 – *Takt Time* consolidado para todo portfólio Onco injetáveis

Fonte: Elaborado pelo time do projeto

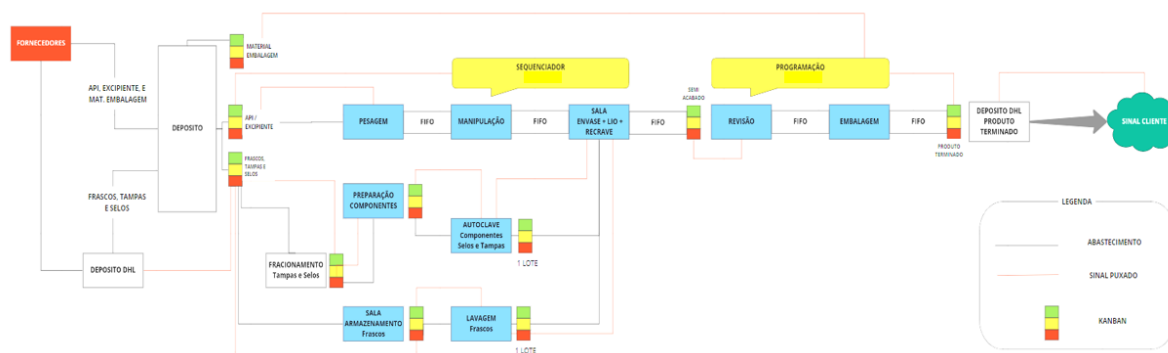
Nos gráficos 1, 2 e 3 é possível identificar que o processo de revisão é o processo gargalo, pois o *Takt Time* está bem próximo da soma do tempo de ciclo e do tempo de *setup*. Quando o tempo de ciclo é maior do que o *Takt Time*, a empresa não consegue atender à demanda do cliente. Já quando o tempo de ciclo é menor do que o *Takt Time*, pode ocorrer excesso de produção, pois é possível produzir mais do que a demanda.

Também foi possível identificar os processos que apresentam tempo de *setup* e outros tempos maiores do que o tempo de ciclo, ou seja, têm tempo de atividades maior e que não agregam valor, portanto, podem ser considerados como desperdícios. Embora muitas atividades de *setup* e limpeza sejam itens de boas práticas de fabricação da indústria farmacêutica e mandatórios por regulamentações da agência reguladora do setor, Anvisa, isso não inviabiliza a realização de diagnósticos para redução desses desperdícios e, consequentemente, desses tempos.

Quanto ao *Pacemaker*, ou sistema puxador, segundo Smalley (2004) é geralmente programado em apenas um ponto, ou seja, apenas um processo recebe a programação da produção vinda do setor de planejamento. Em um Sistema Puxado de Reposição, o *Pacemaker* geralmente é o último recurso do fluxo de valor, enquanto no Sistema Puxado Sequencial, o *Pacemaker* geralmente é o primeiro recurso. Ficou decidido que o processo de revisão seria o *Pacemaker*, conforme figura 30. A escolha do processo de revisão como *Pacemaker* está relacionada ao fato desse processo ser, atualmente, o gargalo. Como a função do *Pacemaker* é ritmar o sistema, qualquer outro processo definido como *Pacemaker* poderia impor um ritmo que não seria suportado pelo processo de revisão.

Uma vez definido o *Pacemaker*, é necessário definir também a sequência ótima de produção a ser utilizada no processo de programação, conforme apresentado na tabela 8. A definição da sequência ótima levou em consideração três variáveis: número de lotes necessários para atendimento da demanda, tamanho de frasco e dimensionamento do cartucho. O objetivo era obter uma sequência que gerasse o maior número de horas disponíveis para produção e, portanto, que minimizasse o número de horas utilizadas em *setup* e limpeza.

Figura 30 – Fluxo do processo produtivo com supermercados, *Pacemaker* e FIFO



Fonte: Elaborado pelo time de projeto

Tabela 8 – Sequenciamento ótimo no processo de revisão

Cartucho	Formato 1	Formato 1	Formato 1	Formato 1	Formato 1	Formato 1	Formato 1	Formato 1	Formato 1	Formato 1	Formato 2	Formato 2	Formato 2	Formato 2	Formato 3
Frasco	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 4	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 5	Tipo 5
	Gen 1000MG	Doxo 50MG	Cisp 50MG	Oxa 100MG	Peme 500MG	Pac 300MG	Pac 100MG	Daca 200MG	Oxa 50MG	Bort 3,5MG	Gen 200MG	Peme 100MG	Irino 100MG	Irino 40MG	Vin 1MG
# lotes	3,4	3,4	2,9	2,9	0,3	0,5	2,1	0,7	0,4	0,6	0,6	0,2	1,8	0,3	1,8

Fonte: Elaborado pelo time de projeto

Outra definição importante num sistema de produção puxada é a frequência de produção. Quanto menor o intervalo em que todos os produtos são produzidos em um processo, mais nivelada é a produção.

A definição da frequência influencia diretamente o total de horas disponíveis, pois quanto menor a frequência, maior o número de trocas de produtos e, consequentemente, o tempo de *setup*. Para a definição da frequência foram utilizados:

- Demanda em unidades de cada produto;
- Tempo de *setup* para cada produto;
- Número de *setups* baseado na frequência definida;
- Número de turnos e de operadores na revisão;
- Horas úteis por turno;
- Unidades revisadas por hora para cada produto (nominal);
- Eficiência da linha;

Com as variáveis acima, foram definidos:

- Horas de produção disponíveis;
- Horas de produção necessárias para atendimento da demanda;
- Porcentagem de ocupação da linha;
- Horas ociosas após atendimento da demanda;
- Horas extras necessárias para atendimento da demanda;

Na simulação apresentada na tabela 9, podemos ver que a menor frequência possível no processo de revisão é de trinta dias, resultando em uma utilização de 99,7% da capacidade produtiva. Qualquer frequência menor do que isso gera a necessidade de aumento de capacidade. Portanto, a empresa deve avaliar futuramente o *trade-off* entre o custo de aumento de capacidade e a redução da frequência com consequente redução de estoque.

Tabela 9 – Simulação e definição da frequência de produção no processo de revisão

CÁLCULO DA FREQUÊNCIA COM MELHOR SEQUÊNCIA DA REVISÃO				CÁLCULO DA FREQUÊNCIA																		
IMPUTAR O TEMPO DE FREQUENCIA PROPOSTO EM DIAS:																						
30				Frascos		Tipo 1	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 4	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 5	Tipo 5	
				Cartuchos		Formato 1	Formato 1	Formato 1	Formato 1	Formato 1	Formato 1	Formato 1	Formato 1	Formato 1	Formato 1	Formato 1	Formato 2	Formato 2	Formato 2	Formato 2	Formato 2	
				UND.	TOTAIS	Gen 1000MG	Doxo 50MG	Cisp 50MG	Oxa 100MG	Peme 500MG	Pac 300MG	Pac 100MG	Daca 200MG	Oxa 50MG	Bort 3,5MG	Gen 200MG	Peme 100MG	Irino 100MG	Irino 40MG	Vin 1MG		
EVENTOS - PREVISÃO MENSAL				0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
DEMANDA MEDIA MENSAL				0	93.464	12.473	14.625	7.500	21.000	774	811	5.543	4.397	1.905	1.910	4.129	648	1.710	7.039	9.000		
DEMANDA MEDIA MENSAL - EVENTOS				0	93.464	12.473	14.625	7.500	21.000	774	811	5.543	4.397	1.905	1.910	4.129	648	1.710	7.039	9.000		
TEMPO DE SET-UP				Hs	10,6	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,90	0,90	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	
NUMERO DE SET-UPS POR MÊS						0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	
TEMPO TOTAL DE SET-UP POR MÊS				Hs	7,4	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,63	0,63	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	
UNIDADE/HORA NOMINAL				0		777,75	786,00	887,25	740,67	600,00	371,43	480,00	793,82	761,51	714,74	791,88	735,80	1.377,80	1.275,00	484,67		
EFICIENCIA - DESCONTANDO O SET-UP				%		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
UNIDADE/HORA EFETIVA				0		777,75	786,00	887,25	740,67	600,00	371,43	480,00	793,82	761,51	714,74	791,88	735,80	1.377,80	1.275,00	484,67		
HORAS DE PRODUÇÃO POR MÊS				Hs	128,6	16,04	18,61	8,45	28,35	1,29	2,18	11,55	5,54	2,50	2,67	5,21	0,88	1,24	5,52	18,57		
HORAS DE PRODUÇÃO + TEMPO TOTAL DE SET-UP				Hs	136,1	16,51	19,08	8,93	28,83	1,77	2,81	12,18	6,02	2,98	3,15	5,69	1,36	1,72	6,00	19,05		
MÊS				Hs	0,00																	
TOTAL DE HORAS NECESSARIAS POR MÊS				Hs	136,1																	
DIAS DE PRODUÇÃO POR MÊS				Dias	21																	
TURNOS POR DIA				Turnos	1																	
HORAS POR TURNO				Hs	6,50																	
TOTAL DE HORAS DISPONIVEIS POR MÊS				Hs	137																	
UTILIZACAO				%	99,7%																	
HORAS OCIOSAS POR MÊS				Hs	0,44																	
HORAS EXTRAS NECESSARIAS POR MÊS				Hs	0,00																	

Fonte: Elaborado pelo time de projeto

De forma geral, os produtos terão uma frequência de produção de trinta dias, porém, os produtos que têm tamanho de lote mínimo de produção maior do que a demanda, terão frequências de produção maiores, como sessenta, e noventa dias. A tabela 10 apresenta os produtos e suas frequências, onde: produtos com frequência de trinta dias estão em verde, de sessenta dias, em amarelo e, de noventa dias, em vermelho.

Tabela 10 – Frequência de produção no processo de revisão

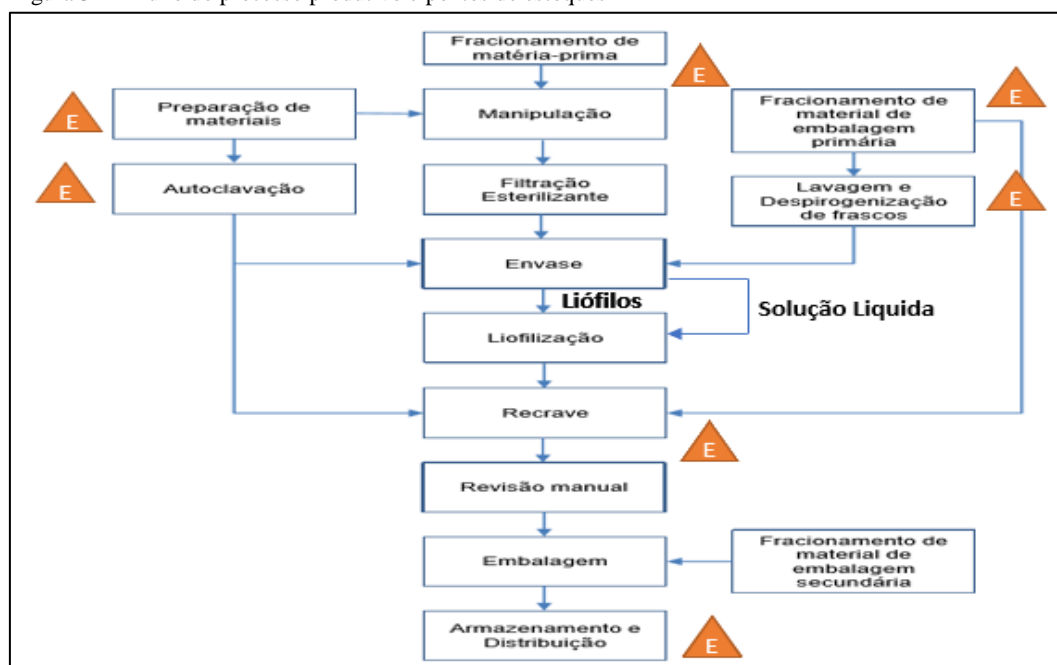
Produto	Gen 1000MG	Doxo 50MG	Oxa 100MG	Cisp 50MG	Peme 500MG	Pac 300MG	Pac 100MG	Daca 200MG	Oxa 50MG	Bort 3,5MG	Gen 200MG	Peme 100MG	Irino 100MG	Irino 40MG	Vin 1MG
Lote mínimo	3.111	3.144	2.222	4.525	1.800	1.300	4.800	6.549	4.036	2.716	6.050	2.590	5.100	8.501	9.451
Frequência	30	30	30	30	90	60	30	60	90	60	60	90	90	30	30

Fonte: Elaborado pelo time de projeto

De acordo com Rother e Shook (2012), o conceito de supermercado em um sistema puxado é aplicado quando for impossível que os itens estejam em um fluxo contínuo. Nesses casos, a produção deve ser programada para repor um supermercado, e não para atender diariamente um

pedido de vendas. Conforme identificado no MFV, não há fluxo contínuo entre os processos de pesagem e manipulação e o envase (recrave e revisão manual), portanto, é necessário um estoque regulador e, consequentemente, supermercados, conforme a figura 31.

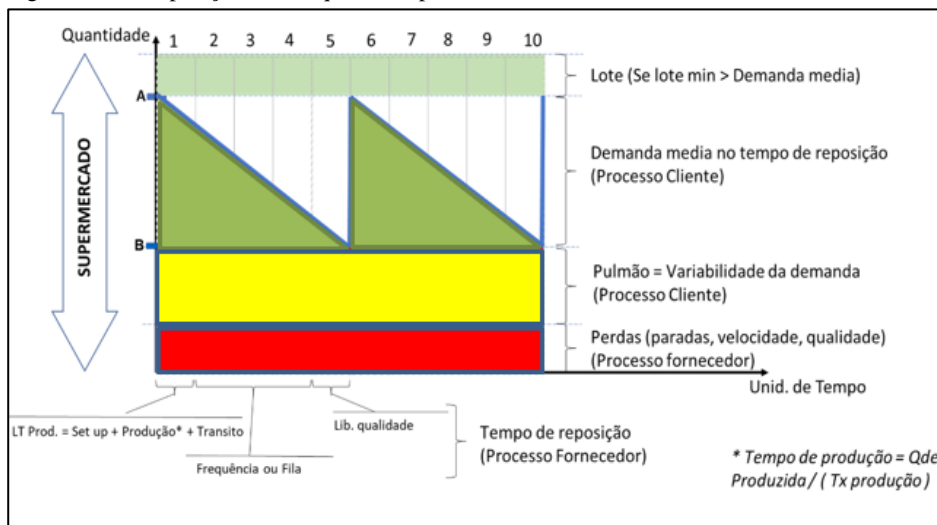
Figura 31 – Fluxo do processo produtivo e pontos de estoques



Fonte: Elaborado pelo time de projeto

Uma vez definido o local de cada supermercado, é necessário dimensionar o tamanho de cada um dos supermercados. Conforme apresentado no referencial teórico, o dimensionamento do sistema puxado deve contemplar a construção de um estoque de supermercado composto por três partes: estoque de ciclo, estoque pulmão e estoque de segurança, conforme apresentado na figura 32.

Figura 32 – Composição do estoque dos supermercados



Fonte: Elaborado pelo time de projeto

Conforme demonstra a tabela 11, para o cálculo do supermercado de produto acabado, foram utilizados:

- O lote mínimo de cada produto;
- A frequência de reposição;
- O tempo em que o produto fica na fila da sequência ótima aguardando sua produção;
- O tempo de produção, incluindo movimentações, limpeza, *setup* e *close down*

(fechamento do processo e documentações);

- O tempo de análise e a liberação de qualidade;
- As variações máximas do tempo de produção;
- A demanda e os eventos;
- O fator de nível de serviço, considerando um atendimento de 95%;

Com as variáveis acima, definiu-se:

- Variância da demanda;
- Desvio padrão da demanda;
- Estoque gerado por lote mínimo maior que a demanda;
- Estoque de Ciclo;
- Estoque Pulmão;
- Estoque de Segurança;
- Tamanho do supermercado.

Tabela 11 – Cálculo do estoque do supermercado de produto terminado

CALCULO DO SUPERMERCADO PRODUTO TERMINADO																	
Melhor sequência			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		Total	Gen 1000MG	Doxo 50MG	Oxa 100MG	Cisp 50MG	Peme 500MG	Pac 300MG	Pac 100MG	Daca 200MG	Oxa 50MG	Bort 3,5MG	Gen 200MG	Peme 100MG	Irino 100MG	Irino 40MG	Vin 1MG
Produto			3.111	3.144	2.222	4.525	1.800	1.300	4.800	6.549	4.036	2.716	6.050	2.590	5.100	8.501	9.451
Lote mínimo	Unid		30	30	30	30	90	60	30	60	90	60	60	90	90	30	30
Frequência	Dias		30	30	30	30	90	60	30	60	90	60	60	90	90	30	30
Demanda média mensal	Unid		12.473	14.625	7.500	9.415	774	811	5.543	4.397	1.905	1.910	4.129	648	1.710	16.630	8.164
Demanda média diária	Unid		580	680	349	438	36	38	258	205	89	89	192	30	80	773	380
Variação mensal	Unid		12.739.756	11.025.986	6.883.676	40.877.486	50.944	446.413	10.638.853	2.081.739	723.646	216.900	1.206.696	52.196	203.546	18.696.923	99.296.279
Variação diária	Unid		592.547	512.837	320.171	1.901.278	2.369	20.763	494.830	96.825	33.658	10.088	56.125	2.428	9.467	869.624	4.618.432
Desvio padrão da demanda no período de reposição	Unid		5.164	4.857	3.879	9.553	499	1.248	5.024	2.695	1.880	870	2.052	505	997	7.102	16.507
Estoque gerado pelo lote mínimo (maior que demanda na frequência)	Unid		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estoque de ciclo (demanda na frequência)	Unid		17.404	20.407	10.465	13.137	3.241	2.264	7.734	12.272	7.976	5.330	11.523	2.711	7.160	23.204	11.391
Estoque de ciclo (demanda no período de produção)	Unid		8.702	10.883	5.930	7.882	540	566	5.414	3.068	1.329	1.333	2.881	452	1.193	21.657	11.011
Estoque mínimo	Unid		8.506	7.999	6.389	15.734	822	2.055	8.274	4.438	3.096	1.433	3.371	832	1.642	11.697	27.187
Estoque de segurança	Unid		590	680	349	438	36	38	258	205	89	89	192	30	80	773	380
Tamanho do supermercado	Unid		35.190	39.970	23.132	37.191	4.639	4.923	21.679	19.982	12.490	8.184	17.975	4.025	10.074	57.332	49.969

Fonte: Elaborado pelo time de projeto

Segundo Werkema (2012), a decisão mais importante no dimensionamento do *Kanban* é a definição do tamanho do lote padrão, ou seja, a quantidade de itens que cada cartão irá representar. Na manufatura enxuta, a abordagem utilizada não é a do lote econômico, mas sim, do menor lote. A redução do tamanho do lote é dependente da variável *setup*, ou seja, trocas mais rápidas viabilizam a produção de lotes menores. Na indústria farmacêutica, o lote utilizado no dimensionamento do *Kanban* deve ser o mesmo lote de produção validado e registrado.

Sendo assim, utilizando-se o lote mínimo e o estoque calculado, apresentado na tabela 11, foi dimensionado o *Kanban* de produto terminado, conforme apresentado na tabela 12.

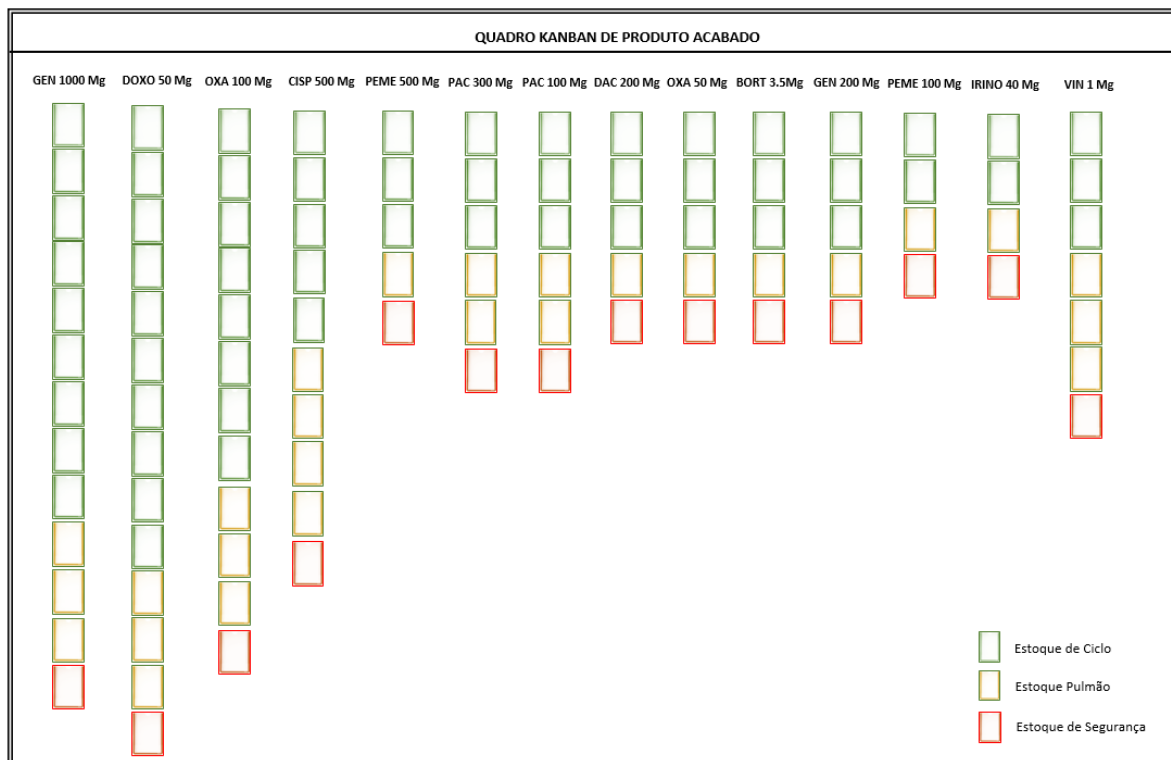
Tabela 12 – Cálculo da quantidade de cartões de *Kanban* de produto terminado

Produto	Gen 1000MG	Doxo 50MG	Oxa 100MG	Cisp 50MG	Peme 500MG	Pac 300MG	Pac 100MG	Daca 200MG	Oxa 50MG	Bort 3,5MG	Gen 200MG	Peme 100MG	Irino 100MG	Irino 40MG	Vin 1MG
Cartões faixa verde	9	10	8	5	3	3	3	3	3	3	3	2	2	6	3
Cartões faixa amarela	3	3	3	4	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	3
Cartões faixa vermelha	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Número de cartões KANBAN	13	14	12	10	5	6	6	5	5	5	5	4	4	9	7

Fonte: Elaborado pelo time de projeto

O mesmo método de cálculo foi usado para definir os dez supermercados e *Kanbans* de semiacabados e de materiais demonstrados na figura 30.

Com o dimensionamento dos *Kanbans*, foi possível definir o tamanho dos quadros *Kanban* e dos modelos de cartões, conforme o modelo apresentado nas figuras 33 e 34.

Figura 33 – Modelo do quadro *Kanban*

Fonte: Elaborado pelo time de projeto

Figura 34 – Modelo do cartão *Kanban*

Fonte: Elaborado pelo time de projeto

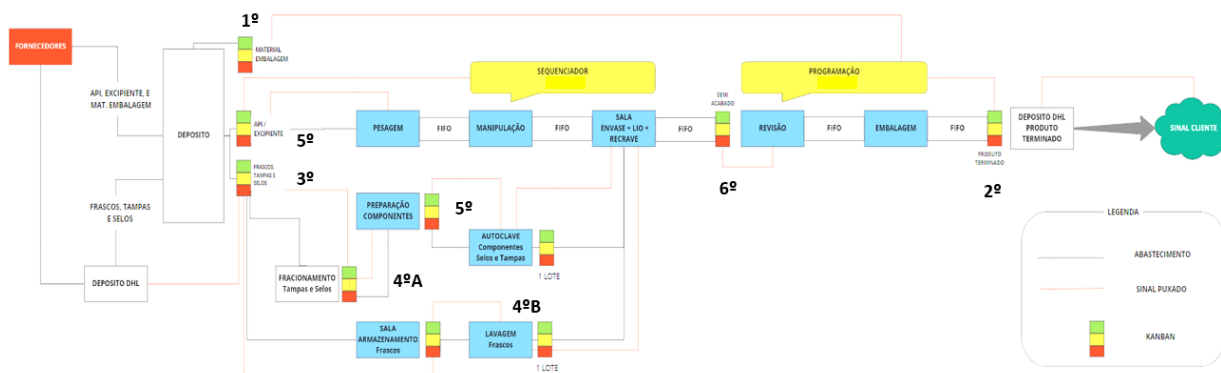
Após definição e dimensionamento dos elementos do sistema de produção puxada, detalhada neste capítulo, foi discutida e definida a lógica da intervenção e *startup* do sistema da produção. A mudança acontece de forma gradual para não haver interrupção da produção, nem riscos de atrasos ou ruptura. No caso da empresa foco, haverá produções em andamento no momento do *startup*, que deverão ser mantidas, bem como uma programação de produção baseada no sistema de produção empurrada. O início da intervenção se dará pelo abastecimento dos *Kanbans* com materiais para atender essa programação existente.

Conforme ilustra a figura 35, primeiramente, o *Kanban* de materiais de embalagem

secundários deve ser formado para abastecer a linha de embalagem dos semiacabados já fabricados e, em seguida, o produto já embalado abastecerá o *Kanban* de produto terminado. O terceiro *Kanban* é o de materiais de embalagem primária, como frascos, tampas e selos, que abastece o processo de fracionamento de tampas e selos, bem como o processo de lavagem de frascos, formando, em seguida, o *Kanban* de componentes. Após serem autoclavados, os componentes abastecem o processo de envase. Por fim, é formado o *Kanban* de matéria-prima que abastece o processo de pesagem, segue o FIFO e percorre todo processo de manipulação, envase e reclave, abastecendo, assim, o *Kanban* de produto semiacabado para revisão.

Paralelamente à formação dos *kanbans*, acontece a programação do *Pacemaker* no processo de revisão e o sequenciamento no processo de manipulação, completando a intervenção e a implementação do sistema de produção puxada.

Figura 35 – Lógica de formação dos *Kanbans*



Fonte: Elaborado pelo time de projeto

5 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

Neste capítulo apresenta-se a análise dos dados coletados por meio do mapeamento do fluxo de valor, do *workshop* com a liderança da fábrica e das pesquisas através dos questionários, que foram importantes para a definição do time do projeto, do programa de treinamento, da estratégia de comunicação, da governança do projeto e das ações para o gerenciamento da mudança.

Também são apresentados os resultados da aplicação dos constructos encontrados e descritos no referencial teórico.

5.1 Análise dos dados do *workshop* com a liderança

A primeira análise de dados importante diz respeito aos resultados obtidos com o *workshop* de conscientização da liderança. Após a apresentação dos conceitos de ME e dos elementos do sistema puxado, das possíveis barreiras e do papel da liderança em projetos como esse, foi aplicado um exercício prático para discussão, em grupo, sobre o que se poderia fazer para que a implementação fosse eficaz, sobre qual seria o compromisso da liderança e o que fariam de diferente a partir do *workshop*?

O resultado do exercício prático trouxe algumas considerações importantes:

- Todas as áreas precisam estar engajadas na implementação do sistema puxado;
- Os líderes precisam estar abertos para a mudança cultural;
- A liderança precisa dar o exemplo em suas palavras e ações;
- Deve-se promover o engajamento das equipes do chão de fábrica ministrando conhecimento;
- É preciso investir bastante tempo em comunicação;
- Organização e disciplina são fundamentais para o sucesso do projeto;
- Deve-se esclarecer e evidenciar as prioridades do projeto e, nelas, focar a carga de trabalho;
- É necessário cuidado para não associar o projeto ao aumento de produtividade e, portanto, ao corte de pessoal.

Quanto ao compromisso da liderança, foi consenso que ela deve:

- Acreditar nos benefícios do sistema puxado e ser embaixadora do projeto;
- Dedicar-se a explicar à equipe o que é e para que serve o sistema puxado;

- Conforme o conhecimento sobre os conceitos do sistema puxado aumenta, assegurar o compartilhamento, também, com as equipes do chão de fábrica, em linguagem apropriada;
- Escutar mais as pessoas sobre as dúvidas e dificuldades do projeto e endereçar soluções;
- Comunicar-se também de forma visual, e não apenas verbal, usando os canais de comunicação da empresa, como reuniões de diálogo diário de segurança (DDS), quadros de aviso e mídia social da empresa;
- Fazer uma boa gestão do tempo, estabelecendo as prioridades da equipe e viabilizando a participação e o engajamento com o projeto;
- Impedir que as demais atividades da equipe comprometam o projeto, ou que o projeto comprometa as demais atividades da fábrica, buscando, portanto, equilíbrio na carga de trabalho;

E, por fim, quanto ao questionamento do que fariam de diferente a partir do *workshop*, as respostas foram:

- Lembrar que imprevistos e erros ocorrerão, e lidar bem com isso;
- Vender para as equipes que o projeto de produção puxada é parte de uma jornada que já começou com os projetos anteriores (estabilidade e fluxo);
- Vender para as equipes onde se quer chegar com o projeto de produção puxada;
- Impedir que os novos indicadores obstruam os indicadores já existentes, e vice-versa: trabalhar com indicadores sinérgicos;
- Lembrar que todos estão aprendendo juntos e evitar transferir ansiedade para as equipes.

5.2 Análise dos dados do questionário 1

Uma segunda análise, que foi fundamental para se desenhar o programa de treinamentos e identificar os especialistas internos responsáveis por aplicar os conceitos do sistema puxado, bem como dimensionar seus elementos, teve os dados coletado por meio do questionário 1, resultando no seguinte:

- Vinte pessoas foram convidadas a responder o questionário, como demonstrado no quadro 7, e dezessete participantes, ou 85%, responderam e retornaram o questionário;
- Sete participantes, ou 41%, nunca haviam participado de um treinamento de ME;
- Dos que participaram de algum treinamento de ME, apenas um participante declarou ter recebido treinamento sobre os conceitos do sistema puxado, quatro participantes tinham certificações *green* e *yellow belt*, e os demais haviam participado de treinamentos de melhoria

contínua ou prática *kaizen*;

- Na questão que tratava da especificação do treinamento, embora apenas um participante tenha declarado ter participado de um treinamento sobre os conceitos do sistema puxado, quando a mesma pergunta foi abertamente dirigida a todos os participantes, cinco deles afirmaram ter participado;

- Quatro participantes declararam que tinham nível de conhecimento básico sobre práticas e ferramentas da ME, cinco declararam nível intermediário e, apenas um declarou ter nível de conhecimento avançado;

- Do total de participantes, oito, ou 47%, haviam participado em alguma das duas fases da transformação de ME da empresa. Três participantes responderam que gostaram mais da fase de Fluxo e um dos participantes gostou mais da fase de Estabilidade. Os demais gostaram da mudança de cultura que as fases trouxeram e da oportunidade de melhoria e eliminação de desperdícios identificadas durante as implementações das fases;

- Na questão sobre sugestões de melhoria nos processos das duas fases já implementadas, cinco participantes responderam que não tinham sugestão de melhoria e quatro não responderam. Os demais responderam que era preciso aumentar a padronização dos trabalhos, melhorar a dinâmica das reuniões dos centros de trabalho, a total incorporação da cultura da ME por parte da empresa, pois ainda não estava totalizada, corrigir os *gaps* das duas fases antes de avançar para a terceira, que é o sistema puxado, e que as equipes não ficassem muito presas aos manuais corporativos, mas que fossem feitos ajustes necessários de acordo com a necessidade local;

- Todos os participantes declararam acreditar que a implementação do sistema puxado ajudará a empresa a atingir seus objetivos e desafios;

- Ao serem questionados quanto ao motivo dessa crença, mencionaram o aumento de agilidade, redução de desperdícios, redução de estoques, melhoria do nível de serviço, aumento de produtividade, aumento do fluxo nos processos produtivos, maior integração e união das áreas e aumento de competitividade;

- Quanto às suas preocupações acerca da implementação do sistema puxado, os participantes citaram questões relativas à carga de trabalho, outras prioridades que concorrem com o projeto, a pandemia da COVID-19, cultura e formas de pensamentos existentes hoje na gestão e no chão de fábrica, resiliência em caso de dificuldades e tendência a voltar a fazer as coisas da forma antiga, engajamento de todos, *gaps* das fases anteriores que possam impactar no sistema puxado;

- Por fim, abriu-se espaço para algum comentário adicional e a contribuição foi que deveriam ser aproveitados os diagnósticos de desperdício e melhoria contínua já em andamento na empresa, que deveriam também ser acompanhados de perto pelos líderes, fornecendo-se *feedback* para que o time de projeto possa realizar os ajustes necessários para uma implementação eficaz, que participar do projeto estava sendo uma ótima experiência e que todos estavam engajados.

A leitura dessa análise mostra que o time envolvido no projeto detém conhecimento superficial das práticas e ferramentas de ME, embora 47% já tivesse participado de uma ou das duas fases de transformação de ME da empresa. Apenas um participante afirmou ter sido treinado em conceitos do sistema puxado. Portanto, fica claro que ter um programa de treinamento robusto e abrangente é fundamental para a preparação da equipe do projeto.

Outro ponto relevante é que há uma grande preocupação quanto à carga de trabalho atual e às prioridades da empresa, bem como com os impactos do distanciamento social imposto pela pandemia da COVID-19. Por outro lado, todos os participantes acreditam nos benefícios da implementação do sistema puxado e parecem estar motivados e engajados.

5.3 Análise dos dados do Mapeamento do Fluxo de Valor

A análise dos dados coletados com o mapeamento do fluxo de valor (MFV) atual foi a base para toda a discussão do estado futuro com a identificação dos desperdícios, oportunidades de melhorias e definição dos elementos do sistema puxado, como supermercado, frequência de produção, *Kanban*, *Takt Time*, *Pitch* e *Heijunka* e dimensionamento desses elementos.

Por meio da análise dos dados do MFV dos produtos Doxo e Pac, apresentada na figura 27, identificou-se:

- Elevado tempo de conversão do último lote de matéria-prima em produto acabado disponível para atendimento da demanda, 501 e 438 dias respectivamente, mas com *lead time* de processo de apenas 23 e 43 horas. Os elevados níveis de estoque de matéria-prima, estoque intermediário e estoque de produto acabado são as principais causas desse prolongado tempo de conversão e que, segundo a literatura, corresponde a desperdícios.

- Plano de produção complexo, manual e com mudanças constantes na programação do chão de fábrica geram alta carga de trabalho dos planejadores e supervisores de produção, bem como pouca flexibilidade para mudanças de prioridades;

- Elevado estoque de matéria-prima devido à definição de um tamanho maior de lote de

compra, visando otimizar o custo logístico e de análise de qualidade;

- Alguns materiais são analisados por terceiros, em outros locais, e apresentam alto *lead time* de análise, contribuindo para o aumento de estoque desses materiais;
- Operadores compartilhados em vários processos, como de lavagem de frascos, preparação das salas de envase e pesagem de materiais, podem impedir o fluxo contínuo;
- *Layout* da área de pesagem, lavagem de frascos e preparação de envase não são adequados e geram muitas movimentações de materiais;
- Capacidades da autoclave e da estufa são menores do que o tamanho do lote de fabricação e, portanto, são necessárias diversas cargas de materiais para atender a produção;
- O *lead time* de CIP (*clean in place*, ou limpeza em circuito fechado, em equipamentos de esterilização) e SIP (*sterilization-in-place*, ou esterilização no local) são maiores do que o tempo de produção, criando a cultura de produções em campanhas, muitas vezes, maior do que a demanda de mercado;
- O elevado tempo de resfriamento dos tanques de estocagem no envase afeta o tempo de troca, ou *setup*, para a produção de um novo produto;
- O processo de revisão é manual e é o gargalo do processo produtivo;
- Baixa acurácia da previsão de vendas;

A análise confirmou a necessidade de implementação de um sistema puxado de produção, tendo em vista o alto nível de estoque, a baixa acurácia da previsão de vendas, um plano de produção complexo manual e com mudanças constantes na programação do chão de fábrica, a cultura de produção em campanhas devido ao alto *lead time* de *setup*, limpeza e esterilização e pouca flexibilidade para mudanças de prioridades. Também foi possível identificar gargalos, problemas de *layout* e atividades de análise de qualidade em terceiros que impedem o fluxo contínuo na produção.

5.4 Análise dos dados do questionário 2

Por fim, a análise do questionário 2, cujo objetivo era assegurar que a equipe que executaria a intervenção dominava os conceitos e métodos de cálculo dos elementos do sistema puxado, bem como identificar o melhor momento para essa execução, apresentou o seguinte resultado:

- Doze pessoas foram convidadas a responder o questionário, como demonstrado no quadro 8, e nove participantes, ou 75%, responderam e retornaram o questionário;
- A totalidade dos respondentes participou de algum treinamento, descrito no item

4.2.1.2;

- Oito respondentes participaram do programa completo e apenas um respondente participou unicamente do *workshop* com a liderança.
- Nove respondentes, ou 100%, entenderam os conceitos e métodos de cálculos do *Takt Time*, supermercado e sequência ótima;
- Quanto aos conceitos de frequência de produção e de *Kanban*, cada um teve um respondente afirmando que entendeu o conceito, porém não entendeu o método de cálculo;
- Dois respondentes entenderam o conceito do *Pacemaker*, ou sistema puxador, porém não entenderam o método de cálculo;
- Sete respondentes, ou 78%, entenderam todos os conceitos e métodos de cálculos dos elementos do sistema puxado;
- Apenas um respondente afirmou que nenhum conceito ou método de cálculo precisaria ser reforçado antes da implementação, três respondentes disseram que o conceito e o método de cálculo de supermercado precisariam ser reforçados, e dois entenderam que o conceito e o método de cálculo da sequência ótima de produção deveriam ser reforçados;
- Quanto aos conceitos de *Pacemaker*, Frequência e *Kanban*, cada um teve um respondente afirmando que o conceito e o método de cálculo deveriam ser reforçados antes da implementação;
- Os respondentes relacionaram os seguintes benefícios da implementação do sistema puxado:
 - a) Otimização, redução e controle de estoque;
 - b) Maior flexibilidade no atendimento da demanda;
 - c) Redução de complexidade no chão de fábrica;
 - d) Redução de custos operacionais;
 - e) Redução de desperdícios;
 - f) Redução de *lead time*;
 - g) Redução de replanejamento de produção;
 - h) Melhoria no fluxo de caixa da empresa;
 - i) Maior protagonismo da equipe de produção.
- Quanto a barreiras e cuidados na implementação do sistema puxado, os respondentes relacionaram:
 - a) Não seguir a sequência ótima de produção;
 - b) Ter excessivas interrupções no fluxo de produção;

- c) Falta de domínio dos conceitos e ferramentas pelos futuros gestores do sistema de produção puxada;
- d) Pressão da alta gerência por resultados de absorção;
- e) Restrições na produção, como pesagem, sala de envase, liofilizador, recrave e revisão podem dificultar a implementação se não forem resolvidas antes da implementação;
- f) Implementação com todo o time em *home office*, de forma remota, sendo que o ideal seria ter todos juntos na fábrica durante a implementação;
- g) Gestores sem o entendimento conceitual correto e despreparados para a tomada de decisão frente à alteração significativa de demanda ou ocorrências durante a produção;
- h) Não acompanhar de perto o período de adaptação e mudança de cultura;
- Foram citados os seguintes fatores de sucesso para uma implementação exitosa:
 - a) Domínio dos conceitos pelos gestores do sistema de produção puxada;
 - b) Boa comunicação com o chão de fábrica;
 - c) Persistência no sistema puxado até que se atinja uma boa maturidade e domínio do processo;
 - d) Revisão do planejamento como um todo e avaliação dos pontos esquecidos;
 - e) Realização de cronometragem dos processos visando validar os tempos utilizados nos métodos de cálculos;
 - f) Bom planejamento dos recursos e ações, além da realização da implementação com todos presentes na fábrica;
 - g) Entendimento dos conceitos de produção puxada, bom dimensionamento dos supermercados e definição dos *kanbans*, além do bom treinamento e capacitação dos gestores do sistema puxado para orientar a operação;
 - h) Governança bem definida, com seus papéis e responsabilidades, para assegurar tomadas de decisão conforme a estratégia do negócio;
 - i) Revisões dos elementos do sistema puxado em uma frequência apropriada;
 - j) Realização de testes-piloto nas áreas antes do início oficial do processo para que o conhecimento seja difundido nas áreas;
 - k) Comprometimento, engajamento, união, disposição para mudar e envolvimento do time operacional.
- Por fim, quanto ao melhor momento para implementar o sistema puxado, levando em

conta a parada de final de ano e as férias coletivas, sete respondentes, ou 78%, afirmaram que o melhor momento seria no retorno da parada e férias coletivas.

A leitura da análise mostra que será necessário um reforço dos conceitos e métodos de cálculos antes da implementação, visando seu domínio. Esse reforço é um dos fatores de sucesso identificados na pesquisa.

Outro ponto relevante é a preocupação de se implementar o sistema puxado de forma virtual e sem a presença de todo o grupo na fábrica. Dadas as perspectivas de uma segunda onda da COVID-19 nos próximos meses, não será possível outra forma de implementação do sistema puxado que não a virtual, para não pôr em risco os colaboradores essenciais que estão trabalhando *in loco*, com protocolos rígidos de controle da COVID-19.

Por fim, a maior parte do time de projeto entende que o melhor momento para implementar o sistema puxado seria após a parada de final do ano e retorno das férias coletivas.

5.5 Resultados

Um dos principais focos desta pesquisa-ação está relacionado com as barreiras e os fatores de sucesso em implementações de práticas da ME, tal qual o sistema puxado. A implementação das práticas da ME promete benefícios significativos em termos de redução de desperdícios e aumento de produtividade, porém, sua implementação não é uma tarefa fácil. A maioria das empresas falha ao tentar adotar o conceito da ME em sua organização e por isso é importante entender quais as barreiras e o motivo da alta taxa de falha para, assim, planejar ações que transpassem essas barreiras e viabilizem uma implementação exitosa (RATHJE; BOYLE; DEFLORIN, 2009).

Esse tema esteve presente em todas as discussões do time de projeto e foi fortemente avaliado durante a fase de planejamento do projeto. Um *workshop* com a liderança e a aplicação de dois questionários foram planejados com o intuito de captar dados para análise e definição de ações sugeridas no referencial teórico (RATHJE; BOYLE; DEFLORIN, 2009; DORA et al., 2013; MOSTAFA; DUMRAK; SOLTAN, 2013; HALLING; WIJK, 2013) como fatores de sucesso em implementações de práticas de ME.

Portanto, foram analisados os fatores de sucesso descritos no referencial teórico sumarizado no quadro 1, assim como as práticas da empresa identificadas durante o projeto. O resultado da análise é apresentado no quadro 10.

Quadro 10 – Fatores de sucesso identificados no projeto (continua)

Fator de sucesso pesquisado	Identificado na pesquisa	Prática	Referencial Teórico
Engajamento e comprometimento da organização.	Sim	Empresa iniciou um processo de transformação em 2013 com o envolvimento de todas as áreas da fábrica e com suporte de áreas corporativas. Após <i>Kick-off</i> do projeto, foi realizado um <i>workshop</i> com toda a liderança da fábrica para obter-se o comprometimento e engajamento de toda a liderança.	RATHJE; BOYLE; DEFLOIRIN (2009); DORA et al. (2013)
Empoderamento e autonomia dos colaboradores.	Sim	Os operadores foram treinados e empoderados para tomar as decisões diárias no chão de fábrica e, assim, manterem o funcionamento do <i>Kanban</i> , do <i>Heijunka</i> , do FIFO e do abastecimento dos supermercados.	
Transparência das informações.	Sim	Além dos quadros SQIEP-5S de gestão visual já existente do programa de Transformação Enxuta das fases de estabilidade e fluxo, foram acrescentados os quadros <i>Kanban</i> e <i>Heijunka</i> durante a implementação do sistema puxado.	
Publicação das evidências dos resultados das primeiras práticas implementadas.	Sim	A empresa já havia implementado as fases de estabilidade e fluxo, sendo que todos os indicadores de performance, com suas respectivas melhorias após a implementação das práticas da ME, eram mensalmente publicados.	
Início das mudanças por meio de um processo ou área-piloto.	Sim	A primeira área a implementar o sistema puxado será a de produtos oncológicos injetáveis. As áreas de produção de Aerossol Nasal e hormônios estavam no plano de implementação futura.	
Iniciativas que sustentem as práticas de ME implementadas.	Sim	A empresa tem um processo de certificação de suas fábricas nas fases estabilidade, fluxo, puxada e integração. Anualmente, as fábricas certificadas devem realizar e submeter sua avaliação de maturidade ao time Global de Excelência Operacional para avaliação e manutenção da certificação. Existem também programas de gestão diária que são essenciais para a rotina dos líderes, tais como, reuniões de Tiers, discussão do quadro SQIEP-5S e <i>Gemba</i> .	
Desenvolver um sistema que monitore e avalie continuamente as práticas de ME implementadas.	Sim	A empresa tem um processo anual de avaliação de maturidade para identificar os possíveis Gaps e oportunidades de melhoria	

Fator de sucesso pesquisado	Identificado na pesquisa	Prática	Referencial Teórico
Foco e pessoas dedicadas ao projeto.	Sim	A empresa possui um departamento de Excelência Operacional e um time denominado OE Core Team composto por colaboradores de qualidade, produção, manutenção e <i>supply chain</i> . A coordenação da área de Excelência Operacional e o OE Core Team se reúnem semanalmente na reunião de liderança dos centros de trabalho e, uma vez por mês, para discussões táticas e estratégicas com foco na Manufatura Enxuta.	MOSTAFA; DUMRAK & SOLTAN (2013); DORA et al. (2013)
Construção de um time de especialistas internos e externos.	Sim	O grupo de especialistas interno pertence ao grupo <i>core</i> , composto por colaboradores de qualidade, produção, manutenção e <i>supply chain</i> . Uma consultoria externa atuou no projeto com o intuito de ministrar os treinamentos e ajudar na governança do projeto.	
Definição de um agente de mudança.	Sim	O agente de mudança definido foi o coordenador da área de Excelência Operacional e também líder do projeto.	
Uso de um roteiro de fácil compreensão.	Sim	Durante o projeto foi seguido o roteiro de quatro estágios proposto pelos autores Mostafa, Dumrak e Soltan (2013), sendo eles: Conceitualização, design de implementação, Implementação e avaliação e <i>rollout</i> .	
Plano robusto de comunicação.	Sim	Apresentado na tabela 5.	
Programa amplo de treinamento	Sim	Apresentado no item 4.2.1.2	
Entendimento e uso correto das ferramentas da ME.	Sim	Por meio dos treinamentos e da aplicação do questionário 2, foi assegurado que as pessoas entenderem e fariam o uso correto das ferramentas da ME e, principalmente, dos elementos do sistema puxado.	
Realização de um mapa de fluxo de valor (MFV).	Sim	Apresentado na figura 27.	
Revisitação das lições aprendidas.	Sim	Uma das práticas implementadas no programa de Transformação Enxuta durante a fase de estabilidade foi a organização de aprendizado. Foi desenvolvido um plano formal de aprendizado, com a opinião dos colaboradores. Esse plano deverá ser seguido anualmente para permitir que assuntos importantes sejam compartilhados em tempo hábil. Os Grupos de Aprendizagem atendem e realizam regularmente uma avaliação das necessidades de aprendizagem com base no desempenho humano e nos resultados.	

Fator de sucesso pesquisado	Identificado na pesquisa	Prática	Referencial Teórico
Uso de métricas para avaliação do uso e funcionamento das práticas.	Sim	O quadro SQIEP-5S é atualizado e apresentado diariamente nas reuniões dos Tiers, ou Centro de trabalhos, e contém os indicadores de Segurança, Qualidade, Inventário, Entrega, Produtividade e 5S. Esses indicadores são atualizados e discutidos durante as reuniões em cada Tier, assim como a causa raiz de desvios de performance e plano de ação para recuperação da performance.	HALLING & WIJK (2013)
Uso de consultores com amplo conhecimento sobre as práticas e ferramentas da ME.	Sim	Para a implementação do sistema puxado, foi contratada uma consultoria especializada em transformação organizacional, excelência operacional e manufatura enxuta.	
Visão comum sobre ME	Sim	A empresa possui um <i>playbook</i> para cada etapa da transformação Enxuta	
Conhecimento de ME por parte dos operadores	Sim	Os operadores participaram do programa de Transformação Enxuta, que se iniciou em 2013. Participaram da implementação das fases de estabilidade e fluxo, assim como da implementação do programa 5S e das reuniões de Tiers, ou Centro de trabalhos.	
Trabalho padronizado.	Sim	Padronização do trabalho é uma das práticas da fase e certificação Fluxo. São requisitos definidos através de um sistema detalhado e documentado em que os operadores são treinados e seguem uma sequência de tarefas repetitivas na área. A sequência definida para o Trabalho Padrão representa a melhor prática a ser seguida pelo operador e contém os tempos padrão para finalização da tarefa.	
Momento organizacional propício para a implementação da prática da ME.	Sim	A empresa atua em um mercado de medicamentos similares no qual os produtos não têm mais proteção por patente e, consequentemente, há um grande número de concorrentes. Esse é um mercado <i>cost driver</i> e, portanto, ganhos de produtividade são fundamentais para manter a empresa competitiva. Sendo assim, o uso de fundamentos e práticas da ME é altamente relevante para a empresa.	
Pessoas com experiência para ensinar e treinar.	Sim	A coordenação da área de Excelência Operacional é também instrutora dos treinamentos de <i>yellow belt</i> , práticas <i>Kaizen</i> e outros temas relacionado com a ME. A empresa também dispõe	

Fator de sucesso pesquisado	Identificado na pesquisa	Prática	Referencial Teórico
		de uma plataforma de aprendizagem robusta onde treinamentos de práticas da ME podem ser ministrados.	
Tamanho e complexidade da organização é favorável para implementações das práticas de ME.	Sim	A empresa possui um portfolio de 37 SKUs. Podemos considerar uma empresa de pequeno tamanho, porém com processos complexos. Também é uma empresa do segmento farmacêutico com robustas regulamentações por parte da ANVISA.	
A cultura atual e possível resistência a mudanças podem influenciar o sucesso da implementação.	Sim	Embora a empresa tenha conhecimento e implementado práticas da ME desde 2013, há um risco acerca da cultura da fábrica com o processo de produção empurrada. Durante a pesquisa, percebeu-se a necessidade de frequentes reforços dos conceitos e <i>modus operandi</i> de um sistema puxado.	
Alinhamento do programa de melhoria contínua com a estratégia do negócio.	Sim	Mercado <i>cost driver</i> e necessidade de aumento constante de produtividade demonstram o alinhamento entre o negócio e as práticas da ME e Excelência Operacional.	
Falta de recursos.	Não	Não há recursos exclusivos para o projeto, porém o cronograma foi adaptado para atender a carga de trabalho disponível pelos participantes do time do projeto.	
Gerentes com o acúmulo de funções estratégicas e táticas.	Sim		
Comprometimento financeiro e humano.	Sim	Projeto apoiado pelo Diretor Industrial e seus pares no corpo Diretivo da empresa.	

Quadro 10 – Fatores de sucesso identificados no projeto (conclusão)

Fonte: Elaboração própria

Foi possível identificar, na empresa estudada, diversas práticas que, no referencial teórico, são apontadas como fatores de sucesso na implementação de práticas de ME. Percebeu-se que muitas das práticas foram iniciadas em 2013 com a aplicação do programa de Transformação Enxuta, destacando a relevância da maturidade quanto às práticas da ME e, até mesmo, a implementação de algumas práticas antes de se avançar para um sistema puxado.

O fato de a empresa ter iniciado há um certo tempo, treinamentos, implementações e certificações de práticas da ME, facilitou o engajamento e o comprometimento da liderança, da equipe de projeto e dos operadores com o projeto de implementação do sistema puxado. Adicionalmente, isso gerou uma visão comum da organização sobre ME que contribuiu para a evolução do projeto. Os fatores de sucesso já implementados também foram reforçados durante

o projeto do sistema puxado através do *workshop* inicial com toda a liderança, relatado no item 5.1.

O trabalho padronizado, que é uma prática requerida para um sistema puxado, pois o *heijunka* não pode ser implementado sem que a fábrica esteja estável e seus processos de trabalho uniformizados, foi implementado pela empresa na etapa de certificação Fluxo, em 2017. Outro fator de sucesso identificado como prática já implementada pela empresa, foi a transparência das informações e as publicações de evidências de resultados de práticas de ME já implementadas.

Um importante fator de sucesso são as iniciativas que sustentam as práticas de ME implementadas. Uma vez que a empresa adota um processo de certificação de suas fábricas nas fases Estabilidade, Fluxo, Puxada e Integração, anualmente as fábricas certificadas devem realizar sua avaliação de maturidade e submetê-la ao time Global de Excelência Operacional para ser avaliada e a certificação mantida. Existem também programas de gestão diária essenciais para a rotina dos líderes, tais como reuniões de *Tiers*, discussão do quadro SQIEP-5S e *Gemba*. Todas essas iniciativas asseguram que as práticas de ME sejam mantidas e seguidas, assim como permitem monitorar e avaliar continuamente essas práticas com o intuito de identificar oportunidades de melhoria.

Todas as práticas implementadas anteriormente pela empresa são fatores de sucesso relevantes para a implementação do sistema puxado. Muitas delas não são implementadas em curto prazo e necessitam amadurecer para, então, se pensar em implementar um sistema puxado.

Outros fatores de sucesso identificados no referencial teórico foram discutidos, planejados e seguidos durante o projeto. Definiu-se iniciar a implementação de um sistema puxado nos processos de produção de medicamentos oncológicos injetáveis como um piloto e, em seguida, expandir para os processos de produção de produtos Aerossol Nasal e, por fim, para os produtos importados e embalados localmente. Foi definido um time de projeto focado e dedicado, composto por especialistas internos e uma consultoria com experiência relevante em projetos de transformação organizacional e excelência operacional. Um fato relevante é que mais de 50% do time de projeto já tinha participado de treinamentos de práticas de ME, mas apenas uma pessoa declarou ter conhecimentos sobre implementação de um sistema puxado.

Durante o projeto, foi seguido o roteiro de fácil compreensão proposto pelos autores Mostafa, Dumrak e Soltan (2013) e descrito no capítulo 4. Também foi elaborado um robusto plano de comunicação apresentado na tabela 5, bem como um amplo programa de treinamento, conforme descrito no item 4.2.1.2. Cabe ressaltar que o programa de treinamento foi definido

após a aplicação do questionário 1, cujo objetivo era identificar quem já havia participado de algum treinamento de práticas da ME, em especial, da prática do sistema puxado, e medir o nível de conhecimento sobre essas práticas.

A realização de um MFV completo foi extremamente relevante, e também um importante fator de sucesso, pois, com ele, foi possível identificar as atividades agregadoras de valor, os desperdícios e as oportunidade de melhoria. O MFV foi considerado neste trabalho como um dos métodos de coleta de dados, contribuindo com uma rica análise sobre oportunidades futuras.

Por fim, foram identificados alguns fatores de sucesso relacionados ao momento atual da empresa, ao mercado em que atua, à cultura para mudanças, ao alinhamento da estratégia de negócios com as práticas de ME e à sua disponibilidade de recursos humanos e financeiros para a implementação do projeto. Conclui-se que a empresa está em um momento propício para esse tipo de proposta.

Uma das principais barreiras que não foi encontrada no referencial teórico, mas que foi identificada em função deste momento de pandemia, é o distanciamento social. Uma barreira amplamente identificada na aplicação dos questionários 1 e 2, nos quais os respondentes manifestaram preocupação em implementar o sistema puxado de forma virtual e sem a presença de todo grupo na fábrica. Dadas as perspectivas de uma segunda onda da COVID-19, não há outra forma de implementação do sistema puxado senão o virtual, pretendendo não pôr em risco os colaboradores essenciais que estão trabalhando na fábrica com protocolos rígidos de controle sanitário.

Devido ao distanciamento social imposto, todo o projeto foi conduzido por meio de encontros virtuais e seguindo regras da empresa para tempo máximo de reunião, intervalos e comportamentos. No formato virtual, o projeto teve um acréscimo de 4 meses em seu cronograma inicial, que considerava o formato presencial. Essa é uma das razões de não ter sido possível relatar, neste trabalho, as ações e acompanhamento do *startup* do sistema puxado nos processos de produção de medicamentos oncológicos injetáveis e nem descrever o processo de *rollout* para os demais processos produtivos.

Pode-se concluir que a empresa dispõe dos fatores de sucesso encontrados no referencial teórico e, portanto, acredita-se que ela esteja preparada para prosseguir com a implementação do sistema de produção puxada com boas chances de sucesso. Mesmo assim, será necessário um plano robusto para mitigar o impacto do distanciamento social no *startup* do sistema de produção puxada.

Apesar da empresa dispor de grande parte dos fatores de sucesso encontrados no referencial

teórico, foi observado através da aplicação do questionário 1 que houve uma perda de conhecimento dos fundamentos e práticas da ME devido ao longo período de implementação das 4 fases da Transformação Enxuta. A jornada foi iniciada em 2013 e a empresa não conseguiu iniciar a fase Puxada antes de 2020 devido a diversas mudanças organizacionais e priorização de outros programas e iniciativas.

Essa demora nas implementações das fases gerou uma lacuna de conhecimentos dos fundamentos e práticas da ME em todo o grupo de operações. A pesquisa mostrou que 47% dos participantes do projeto nunca tinham participado de um treinamento de fundamentos e práticas da ME e apenas 41% haviam participado em uma das duas fases da Transformação Enxuta. Portanto, recomenda-se que a empresa acelere a implementação das fases de Puxada e Integração, e caso seja necessário, ter intervalos maiores entre as implementações, a sugestão é a criação de um programa de treinamentos com aplicações recorrentes para que a perda de conhecimentos no grupo de operações seja minimizada e a cultura da ME fortalecida.

Outro tema foco desta pesquisa-ação foi a definição e o dimensionamento dos elementos de um sistema de produção puxada. Seguiu-se os conceitos do referencial teórico e utilizou-se os dados coletados durante o MFV.

Como resultado, foi definido o *Takt Time*, utilizado para sincronizar o ritmo de produção com o ritmo de vendas. Com o *Takt Time* também foi possível identificar o processo gargalo, cujo *Takt Time* é igual ou menor à soma dos tempos de ciclo de produção, *setup* e outros tempos. O processo gargalo é a revisão onde ocorre a inspeção visual dos frascos para identificar desvios de qualidade.

Com o cálculo do *Takt Time*, ficaram evidentes os processos que têm tempo de *setup* e outros tempos maiores do que o tempo do ciclo de produção, ou seja, apresentam um tempo maior de atividades que não agregam valor, portanto, podem ser considerados desperdícios. Porém, uma das razões dessa configuração é que as atividades do *setup*, os processos de limpeza, sanitização e esterilização são itens de boas práticas de fabricação da indústria farmacêutica, portanto, são atividades exclusivas e regulatórias desta indústria.

Outra definição que foi embasada na coleta de dados do MFV é que a produção deve ser programada para repor um supermercado, e não para atender diariamente um pedido de vendas. Isso se dá devido ao fato de não existir um fluxo contínuo entre os processos de pesagem e manipulação, e entre os processos de envase/recrave e revisão. Os processos na indústria farmacêutica têm capacidades diferentes, definidas pelo tamanho de seus equipamentos e através da validação de processos, portanto, é comum essa diferença de capacidades e de tempo

de ciclo de produção gerarem gargalos.

Baseado na coleta de dados do MFV e nos demais cálculos dos elementos do sistema puxado, discutiu-se e avaliou-se qual seria o processo único a receber a programação da produção vinda do setor de planejamento, portanto, considerado o *Pacemaker*, ou sistema puxador. Conforme observado no referencial teórico, em um Sistema Puxado de Reposição, o *Pacemaker* geralmente é o último recurso do fluxo de valor, enquanto no Sistema Puxado Sequencial, geralmente é o primeiro recurso. Foi decidido que o processo de revisão seria o *Pacemaker*, conforme figura 30. A escolha do processo de revisão como *Pacemaker* está relacionada ao fato desse processo ser o gargalo atual, e como a função do *Pacemaker* é dar o ritmo ao sistema, qualquer outro processo que fosse definido como *Pacemaker* poderia impor um ritmo ao sistema que não seria suportado pelo processo de revisão.

Por fim, foram dimensionados o tamanho de cada supermercado e de seus respectivos *Kanbans*. De acordo com o referencial teórico, a decisão mais importante no dimensionamento do *Kanban* é a definição do tamanho do lote padrão, ou seja, a quantidade de itens que cada cartão irá representar. Na manufatura enxuta, a abordagem utilizada não é a do lote econômico, mas sim, do menor lote. A redução do tamanho do lote é dependente da variável *setup*, ou seja, trocas mais rápidas viabilizam a produção de lotes menores. Na indústria farmacêutica, o lote utilizado no dimensionamento do *Kanban* deve ser o mesmo lote de produção validado e registrado, pois isso tem um impacto direto na frequência de produção e no tamanho do estoque.

Conforme destacado nas cores vermelha e amarela, na tabela 13, mais da metade do portfólio da empresa possui lote de produção superior à demanda. Isso impactou a frequência de produção e gerou um estoque maior do que o necessário para atendimento da demanda.

Tabela 13 – Produtos com tamanho de lote maior que a demanda

CALCULO DO SUPERMERCADO PRODUTO TERMINADO														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Gen 1000MG	Doxo 50MG	Oxa 100MG	Cisp 50MG	Peme 500MG	Pac 300MG	Pac 100MG	Daca 200MG	Oxa 50MG	Bort 3,5MG	Gen 200MG	Peme 100MG	Irino 100MG	Irino 40MG	Vin 1MG
3.111	3.144	2.222	4.525	1.800	1.300	4.800	6.549	4.036	2.716	6.050	2.590	5.100	8.501	9.451
30	30	30	30	90	60	30	60	90	60	60	90	90	30	30
12.473	14.625	7.500	9.415	774	811	5.543	4.397	1.905	1.910	4.129	648	1.710	16.630	8.164
35.190	39.970	23.132	37.191	4.639	4.923	21.679	19.982	12.490	8.184	17.975	4.025	10.074	57.332	49.969

Fonte: Elaborado pelo autor

O mesmo efeito relativo a tamanho de lote ocorre com os materiais. O lote mínimo de compra dos fornecedores, ou tamanho de embalagem mínima, são muitas vezes maiores do que o consumo, gerando estoque maior que o necessário. A indústria farmacêutica brasileira depende de insumos importados e, portanto, os prazos de fornecimentos são longos e muitas vezes são utilizados lotes maiores com o objetivo de otimizar custos logísticos e assegurar um

estoque de segurança maior.

Durante a pesquisa-ação foi possível identificar algumas particularidades características da indústria farmacêutica que impactam de certa forma no resultado gerado numa implementação de práticas da ME. O desafio para as empresas farmacêuticas está em determinar como implementar práticas da ME em um ambiente com BPF, que realmente não é receptivo a mudanças e melhorias de curto prazo devido ao longo *lead time* de aprovações regulatórias. O quadro 11 apresenta as particularidades encontradas e a comparação com o referencial teórico.

Quadro 11 – Particularidades da indústria farmacêutica e impactos nas práticas da ME

TÓPICOS	BPF	IMPACTOS	REFERENCIAL	AUTORES
Tempo <i>setup</i>	Atividades de limpeza e sanitização são obrigatórias. Não é possível fazer <i>setup</i> com parte do processo em andamento	Aumento do <i>lead time</i> , geração de gargalos, maior tamanho de lote para compensar esses tempos e aumento de estoque	<i>Lead time</i> de produção curtos e estáveis, pequenos lotes criando <i>one piece flow</i> , fluxo contínuo, <i>setup</i> padronizado e reduzido	Dennis (2015); Rother e Shook (2012); Liker (2007); Monden (2015); Ohno (1997); Rother e Shook (2012); Werkema (2012); Womack e Jones (2003)
Tamanho de lote	Tamanho de lote validado e registrado na Anvisa. Não segue a demanda, mas sim o tamanho dos equipamentos e os processos validados	Impacto na frequência de produção, aumento de estoque e desnivelamento	Pequenos lotes criando <i>one piece flow</i> e <i>every product every interval</i>	
Gargalos e excessos de capacidade	Processos com diferentes capacidades devido ao tamanho de equipamentos e processos validados	Dificultam o fluxo contínuo e geram gargalos ou excessos de capacidade	Máquinas de múltiplas finalidades, fluxo contínuo e <i>layout</i> em células	
<i>Layout</i>	Equipamentos em salas fechadas e isoladas	Aumento de movimentação de materiais, interrupção do fluxo contínuo e formação de estoques intermediários	<i>Layout</i> em células, máquinas de múltiplas finalidades, fluxo contínuo e <i>layout</i> em células	
Tamanho de lote mínimo de compra	Fornecedores localizados longe da fábrica, muitos itens importados, <i>lead times</i> longos e tamanho de lote mínimo de compras maior que consumo	Aumento de estoque de materiais, cadeia com pouca flexibilidade e agilidade	<i>Lead time</i> mais curto possível, eliminar excesso de transporte, proximidade da linha de produção e fornecimento com maior frequência	

Fonte: Elaboração própria

Baseado nos dados do MFV, nas discussões do estado futuro e nas particularidades da indústria encontradas durante o projeto, recomenda-se para a empresa:

- O *startup* do sistema de produção puxada assim que as restrições de distanciamento social impostas pela pandemia forem abrandadas e a equipe de projeto for liberada para estar parcialmente presente na fábrica;

- Medir os resultados dos principais indicadores de performance obtidos com os relatórios, informes financeiros e estatísticas já existentes na governança e gestão de resultados da empresa. Recomenda-se coletar os indicadores em dois momentos: primeiro, em um período anterior à implementação, quando o sistema de produção vigente era o empurrado e, em seguida, após a implementação do sistema puxado. Como visto na literatura, a ME tem como fundamento a eliminação de desperdícios e, conseqüentemente, o aumento da produtividade e da eficiência operacional. Olhando para os 7 desperdícios citados por Ohno (1997), a saber, superprodução, espera, estoque, transporte, processamento, movimentação e defeitos, e relacionando-os com indicadores de desempenho utilizados em cada um dos processos impactados pelos desperdícios, a sugestão é utilizar indicadores como cobertura de estoque e ocupação de armazéns, ciclo de tempo (*plant cycle time*) e *back orders*;

- Avaliar e negociar com seus fornecedores de matéria-prima e materiais de embalagem um tamanho de lote de compra, ou tamanho de embalagem menor;

- Preferir fornecedores de materiais de embalagens mais próximos da fábrica;

- Renegociar com terceiros um menor *lead time* de análise de qualidade, ou avaliar investimentos em novos equipamentos para o controle de qualidade e internalização das análises;

- Avaliar a melhor utilização dos operadores compartilhados nos processos de lavagem de frascos, preparação das salas de envase e pesagem de materiais para viabilizar um fluxo mais contínuo;

- Avaliar o *layout* da área de pesagem, lavagem de frascos e preparação de envase visando a redução de movimentações de materiais;

- Avaliar o investimento em autoclave e estufa maiores, com capacidade de processar o lote de fabricação completo;

- Aumentar a produtividade dos processos de CIP (*clean in place*, ou limpeza em circuito fechado, em equipamentos de esterilização) e SIP (*sterilization-in-place*, ou esterilização no local) para reduzir o *lead time*, que muitas vezes é maior do que o tempo de produção;

- Melhorar o processo de resfriamento dos tanques de estocagem no envase visando acelerar esse processo;

- Eliminar o gargalo da revisão;

- Implementar processo e ferramenta de previsão de vendas visando aumentar a acurácia;
- Adequar o tamanho de lote de alguns produtos para que não seja muito superior à demanda.

Para a implementação das próximas fases, fica a recomendação para que a empresa revise seu programa de treinamento. Vale lembrar que neste projeto a empresa optou por realizar os treinamentos de forma contínua e dividido em cinco partes com o intuito de ajustar a carga horária para o formato *on-line* e permitir, também, que os participantes se dedicassem integralmente às atividades de treinamento. Os treinamentos também foram realizados para toda a equipe de projeto.

A análise da entrevista 2 que tinha como objetivo assegurar que todos os envolvidos no projeto tivessem absorvido os conhecimentos necessários para avançar no *startup* e identificar conceitos que precisariam ser reforçados antes da implementação, demonstrou a necessidade deste reforço para alguns indivíduos do time do projeto. Portanto, fica a sugestão para a empresa intercalar os treinamentos com aplicações práticas, permitindo assim um melhor aproveitamento e uma compreensão plena dos conceitos e métodos de cálculos.

Uma outra sugestão é customizar os treinamentos para cada indivíduo agrupado por função no projeto. Os treinamentos foram ministrados para todo time funcional do projeto e com conteúdo comum, mas apenas algumas pessoas tiveram pleno envolvimento no dimensionamento e cálculo dos elementos do sistema puxado e, portanto, para esse grupo de indivíduos o treinamento deveria ter uma maior profundidade e foco nestes conceitos enquanto para os demais indivíduos do time funcional, de suporte e gerencial, esses conceitos poderiam ter um foco mais raso.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho buscou responder à questão de pesquisa: como implementar um sistema de produção puxada em uma linha de produção de medicamentos oncológicos injetáveis?

O primeiro passo foi analisar a literatura existente buscando conhecimento sobre a filosofia, princípios e práticas da ME e sobre os elementos do sistema de produção puxada. Durante a pesquisa bibliográfica, verificou-se que o referencial teórico dos autores seminais do Sistema Toyota de Produção são melhores do que os artigos de pesquisa pelo fato destes serem fragmentados e focados em apenas algumas práticas ou ferramentas. Já nos livros dos autores seminais, o conteúdo é focado no todo. Também se pesquisou os fatores de sucesso e barreiras relativos à implementação de práticas da ME, bem como particularidades de uma empresa do segmento farmacêutico que tem como obrigatoriedade, seguir as BPF.

O procedimento metodológico aplicado foi a pesquisa-ação, e o pesquisador, que é também funcionário da empresa foco, teve participação interativa na avaliação da aplicabilidade dos conceitos identificados na literatura, dos ajustes necessários para a adequação desses conceitos às características do negócio e da preparação para a implementação do sistema puxado. A coleta de dados foi realizada por meio do MFV, *workshop* com a liderança e aplicação de dois questionários.

Os dados do MFV foram utilizados para identificar oportunidades de melhorias e definir e dimensionar os elementos do sistema de produção puxada. Já os dados coletados no *workshop* com a liderança, foram utilizados no processo de engajamento, comprometimento e identificação de fatores de sucesso e possíveis barreiras. O questionário 1 foi utilizado para identificar as pessoas mais capacitadas para participarem do projeto, para montar o programa de treinamentos e também para identificar fatores de sucesso e possíveis barreiras. O questionário 2 foi utilizado para assegurar que todos os envolvidos no projeto tivessem absorvido os conhecimentos necessários para avançar no *startup*, bem como para identificar conceitos que precisariam de um reforço. Com o questionário 2 também foi possível assegurar que os participantes do projeto tivessem entendido os benefícios do sistema puxado e identificar as possíveis barreiras para o *startup*.

Como pode-se notar, o grande foco estava em identificar os fatores de sucesso e as possíveis barreiras durante todo o projeto. Foram tomadas diversas ações no sentido de se utilizar os fatores de sucessos descritos no referencial teórico, conforme identificado com o *workshop* e a aplicação dos dois questionários. Conforme demonstrado no quadro 10, foram identificados na

empresa estudada muitos fatores de sucesso apontados pela literatura. Algumas práticas já haviam sido implementadas antes do início deste trabalho e são fatores de sucesso relevantes para a implementação do sistema puxado. Muitas delas não são implementadas em curto prazo e necessitam amadurecer para, então, se pensar em implementar um sistema puxado.

Com isso, acredita-se que a empresa está preparada para prosseguir com a implementação de um sistema de produção puxada, com boas chances de sucesso. Porém, será necessário um plano robusto para mitigar o impacto do distanciamento social no *startup* do sistema de produção puxada

Por fim, fazendo uso de um roteiro de fácil compreensão proposto pelos autores Mostafa, Dumrak e Soltan (2013) e descrito no capítulo 4, foram definidos o escopo do projeto, a reunião de *kick-off*, o treinamento conceitual e a transferência de conhecimento para a equipe de implementação. No estágio de design de implementação foram realizados os levantamentos e diagnósticos através do MFV e discussão do estado futuro com a identificação das práticas e ferramentas da ME, definição e dimensionamento dos elementos do sistema puxado, como *Takt Time*, frequência de produção, *Pacemaker*, supermercados, *Kanban*, *Heijunka* e toda dinâmica e governança do sistema de produção puxada.

A consolidação dessas etapas descreve o processo de preparação para a implementação de um sistema de produção puxada em uma linha de produção de medicamentos oncológicos injetáveis, e cumpriu o objetivo principal da pesquisa.

Também foram atendidos os objetivos secundários deste trabalho, listados a seguir:

- Obter conhecimentos teóricos sobre os elementos do sistema de produção puxada, roteiros de implementação e principais barreiras e fatores de sucesso na implementação desse sistema. O item 2 deste trabalho contém o referencial teórico pesquisado e utilizado no projeto;
- Mapear o fluxo de valor do sistema de produção no seu estado original conforme a lógica empurrada. O MFV completo é apresentado na figura 27;
- Mapear as oportunidades de melhoria do estado futuro. Baseado no MFV e discussões de oportunidades com o grupo do projeto, uma lista de recomendações foi apresentada no capítulo de análises e resultados;
- Definir e dimensionar os elementos do sistema puxado. No capítulo 4 foram apresentados a definição e os detalhes do dimensionamento de cada elemento do sistema de produção puxada.

Conforme apresentado no capítulo 5, a consolidação de fatores de sucesso em implementações de práticas de ME encontrados na literatura e as práticas encontradas na

empresa estudada oferecem conhecimento importante sobre gestão de mudança e preparação para implementação de sistema de produção puxada. As comparações quanto às particularidades das empresas do segmento farmacêutico, que têm como obrigatoriedade seguir as BPF, também trazem conhecimento importante sobre os impactos dessas particularidades nos resultados da implementação de práticas da ME nessa indústria.

6.1 Contribuição do trabalho

Este estudo poderá servir de parâmetro para que se possa compreender os principais conceitos da filosofia da manufatura enxuta e da implementação de um sistema de produção puxada na indústria farmacêutica, possíveis dificuldades e barreiras, bem como o gerenciamento de mudança necessário para que se tenha uma implementação bem-sucedida.

O estudo poderá também servir como modelo de referência para trabalhos futuros sobre sistema de produção puxada, nos âmbitos acadêmico e profissional. No primeiro caso, contribui com o agrupamento dos fatores de sucesso em implementações de práticas de ME e identifica algumas particularidades da indústria farmacêutica que podem impactar nos resultados de implementações de tais práticas. No segundo caso, oferece indicações para implantação de sistemas de produção puxada na indústria farmacêutica.

Como contribuição prática deste trabalho, destaca-se a elaboração de uma lista de recomendações de melhorias para a empresa estudada.

Espera-se que, consideradas suas limitações, este trabalho contribua para os interessados na área de conhecimento com conteúdo relevante e para o dimensionamento de um sistema de produção puxada nas empresas da indústria farmacêutica, para que obtenham os benefícios que oferece.

6.2 Limitação da pesquisa-ação

Devido ao distanciamento social imposto pela pandemia da COVID-19, todo o projeto foi conduzido por meio de encontros virtuais e seguindo as regras da empresa para tempo máximo de reunião, intervalos e comportamentos. O formato virtual acrescentou quatro meses ao cronograma inicial do projeto, que considerava o formato presencial. Essa é uma das razões de não ter sido possível relatar as ações e acompanhamento do *startup* do sistema puxado nos processos de produção de medicamentos oncológicos injetáveis, nem descrever o processo de

rollout para os demais processos produtivos.

As recomendações de melhoria apresentadas foram baseadas nos dados coletados nesse estudo e nas referências obtidas na literatura. Contudo, essas recomendações não foram testadas e, portanto, não existe ainda evidência de sua viabilidade e eficácia.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, E. F. **Instrumento de coleta de dados em pesquisas educacionais**. Disponível em: <<http://www.serprofessoruniversitario.pro.br>>. Acesso em: ago. 2020.
- BHASIN, S. Performance of lean in large organizations. **Journal of Manufacturing Systems**, [s. l.], v. 31, n. 3, p. 349-357, 2012.
- BELEKOUKIAS, I.; GARZA-REYES, J.A.; KUMAR, V. The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organizations. **International Journal of Production Research**, v. 52, n. 18, p. 5346-5366, 2014.
- BICHENO, J. H. M. **The lean toolbox: the essential guide to lean transformation**. Buckingham: PICSIE Books, 2009.
- CARDOSO, E. O dimensionamento de estoque just in time: uma aplicação prática da ferramenta Kanban. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 04, ed. 05, v. 09, p. 66-90, 2019.
- CHOWDARY, B. V.; GEORGE, D. Improvement of manufacturing operations at a pharmaceutical company. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 23, n. 1, p. 56-75, 2012.
- COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Action research for operations management. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.
- DALLASEGA, P. et al. An agile scheduling and control approach in ETO construction supply chains. **Computers in Industry**, [s. l.], v. 112, n.p., 2019.
- DANESE, P.; MANFÈ, V.; ROMANO, P. A systematic literature review on recent lean research: state-of-the-art and future directions. **International Journal of Management Reviews**, v. 20, n. 2, p. 579-605, 2018.
- DORA, M. et al. Operational performance and critical success factors of lean manufacturing in European food processing SMEs. **Trends in Food Science & Technology**, v. 31 n. 2, p. 156-164, 2013.
- DE NEGRI, F.; CAVALCANTI, L. R. **Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes**. Brasília, ABDI: IPEA, 2014.
- DENNIS, P. **Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system**. Crc press, 2015.
- FRIEDLI, T.; GOETZFRIED, M.; BASU, P. Analysis of the implementation of total productive maintenance, total quality management, and just-in-time in pharmaceutical manufacturing. **Journal of Pharmaceutical Innovation**, v. 5, n. 4, p. 181-192, 2010.
- GARZA-REYES, J. A. BETSIS, I. E., KUMAR, V. Lean readiness: the case of the European

pharmaceutical manufacturing industry. **International Journal of Productivity and Performance Management**, 2018.

GREENE, D.; O'ROURKE, A. Lean manufacturing practice in a cGMP environment. **Pharmaceutical Technology Europe**, v. 18, n. 10, 2006.

GRAY, C.; WALLACE, T. **Master it**. Disponível em: <<http://www.grayresearch.com/leanmps.htm>>. Acesso em: ago. 2020.

GROSS, J. M.; MCINNIS, K. R. **Kanban made simple**: demystifying and applying Toyota's legendary manufacturing process. Amacom, New York, NY, 2003.

HALLING, B.; WIJK, K. Experienced barriers to lean in Swedish manufacturing and health care. **International Journal of Lean Thinking**, v. 4, n. 2, 2013.

HÄMÄLÄINEN, H. **Improving Supply Chain Management in pharmaceutical industry: lean or agile?** Dissertação (bacharelado em Gestão Empresarial), Laurea University of Applied Sciences, Vantaa, Finlândia, 2019.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. To pull or not to pull: what is the question? **Manufacturing & Service Operations Management**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 133-148, 2004.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. **Factory Physics**: foundation of manufacturing management. 3rd ed. Irwin, New York, USA: McGraw Hill, 2008.

IQVIA.: **c2019**. Disponível em: <<https://www.iqvia.com/insights/the-iqvia-institute/reports>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

JONES, D., WOMAK, J. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998.

JUNIOR, M. L.; GODINHO FILHO, M. Variations of the Kanban system: literature review and classification. **International Journal of Production Economics**, v. 125, n. 1, p. 13-21, 2010.

KARIM, A.; ARIF-UZ-ZAMAN, K. A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. **Business Process Management Journal**, 2013.

KHLAT, M.; HARB, A. H.; KASSEM, A. Lean manufacturing: implementation and assessment in the Lebanese pharmaceutical industry. **International Journal of Computing and Optimization**, v. 1, n. 2, p. 47-62, 2014.

KRAFCIK, J. F. Triumph of the lean production system. **Sloan Management Review**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 41-52, 1988.

KUO, CHANG CHIH. **Aplicação da metodologia de aprendizagem ativa em treinamento com enfoque no lean thinking**: proposta de um método para o segmento industrial farmacêutico. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Nove de Julho

– Uninove, São Paulo, SP, 2015.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **A brief history of lean**. Disponível em: <<https://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>>. Acesso em: 03 maio 2020.

_____. **Lean Lexicon**: a graphical glossary for lean thinkers. Lean Enterprise Institute, 2008.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Definição de produção puxada e sistemas puxados**. Disponível em: <<https://www.lean.org.br/conceitos/102/definicao-de-producao-puxada-e-sistemas-puxados.aspx>>. Acesso em: 03 maio 2020.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Trad. Ribeiro, L. B., Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIKER, J. K., MEIER, D. **O modelo Toyota**: manual de aplicação. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LODGAARD, E. et al. Barriers to lean implementation: perceptions of top managers, middle managers and workers. **Procedia CIRP**, v. 57, p. 595-600, 2016.

MELLO, C. H. P. et al. Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. **Production**, v. 22, n.1, p. 1-13, 2011.

MIGUEL, P. et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2018.

MOSTAFA, S.; DUMRAK, J.; SOLTAN, H. A framework for lean manufacturing implementation. **Production and Manufacturing Research**, v. 1, n. 1, p. 44-64, 2013.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de produção**: uma abordagem integrada ao just-in-time. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

NAIK, M.R.; KUMAR, E.V.; GOUD, B.U. Electronic Kanban System. **International Journal of Scientific and Research Publications**, 3(3), 1-6, 2013.

NÄSLUND, D.; KALE, R.; PAULRAJ, A. Action research in supply chain management: a framework for relevant and rigorous research. **Journal of Business Logistics**, v. 31, n. 2, p. 331-355, 2010.

NENNI, M. E.; GIUSTINIANO, L.; PIROLO, L. Improvement of manufacturing operations through a lean management approach: a case study in the pharmaceutical industry. **International Journal of Engineering Business Management**, v. 6, p. 24, 2014.

NETLAND, T. H.; SCHLOETZER, J. D.; FERDOWS, K. Implementing corporate lean programs: the effect of management control practices. **Journal of Operations Management**, v. 36, p. 90-102, 2015.

NIIMI, A. **Sobre o nivelamento (heijunka)**. Disponível em: <http://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_109.pdf>. Acesso em: 20 maio 2020.

NISTANE, V. M. Inventory control by Toyota production system Kanban methodology: a case study. **International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research**, 2(1). 1-14, 2013.

OHNO, T. **O sistema de produção Toyota**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PASQUINI, N. C. Planejamento e controle da produção (PCP). **Revista Tec. Fatec AM**. v. 3, n. 2, p. 81-97, 2016.

PATIL, V. R.; VASANTHA KUMAR, S. A. Implementation of replenishment system using Kanban as a tool. **IUP Journal of Operations Management**, v. 17, n. 1, 2018.

POWELL, D.; RIEZEBOS, J.; STRANDHAGEN, J. O. Lean production and ERP systems in small and medium-sized enterprises: ERP support for pull production. **International journal of production research**, v. 51, n. 2, p. 395-409, 2013.

RAHMAN, N. A. A.; SHARIF, S. M.; ESA, M. M. **Lean manufacturing case study with Kanban system implementation**. Procedia Econ, 2014.

RAVICHANDRAN, V.; KUMAR, N.G. Implementation of Kanban system for inventory tracking and establishing pull production. **International Journal of Advance in Production and Mechanical Engineering (IJAPME)**, 1(3), 31-37, 2015.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. 2012. Lean Institute Brasil, São Paulo, SP.

SANTOS, V. G. V. A filosofia Just in Time como otimização do método de produção. **Revista Eletrônica FACE**, Aracruz, 2014.

SANTOS, L. C.; et al. Identificação e avaliação de práticas de produção enxuta em empresas calçadistas do estado da Paraíba. **Revista Produção Online**, v. 17, n. 1, p. 176-199, 2017.

SIECKMANN, F. et al. Implementation of lean production systems in small and medium-sized pharmaceutical enterprises. **Procedia Manufacturing**, v. 21, p. 814-821, 2018.

SHINGO, S.; DILLON, A. P. **A study of the Toyota production system**: from an industrial engineering viewpoint. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1989.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A. **Operations and process management**: principles and practice for strategic impact. Pearson UK, 2018.

SMALLEY, A. **Criando o Sistema Puxado Nivelado**: um guia de aperfeiçoamento de sistemas Lean de produção, voltado para profissionais de planejamento, operações, controle e engenharia. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004.

SMART, N, G. **Lean manufacturing in the pharmaceutical CGMP environment**. Disponível em: <<https://ezinearticles.com/?Lean-Manufacturing-in-the-Pharmaceutical->

CGMP-Environment&id=524542>. Acesso em: 23 jul. 2020.

SCHERRER-RATHJE, M.; BOYLE, T. A.; DEFLOIRIN, P. Lean, take two! Reflections from the second attempt at lean implementation. **Business horizons**, v. 52, n. 1, p. 79-88, 2009.

SHAH, R.; WARD, P. T. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. **Journal of Operations Management**, v. 335, p. 1-21, 2007.

SHARMA, V.; DIXIT, A. R.; QADRI, M. A. Analysis of barriers to lean implementation in machine tool sector. **International Journal of Lean Thinking**, v. 5, n. 1, p. 5-25, 2014.

SERRANO LASA, I.; DE CASTRO, R.; LABURU, C. O. Extent of the use of lean concepts proposed for a value stream mapping application. **Production Planning & Control**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 82-98, 2009.

SUNK, A.; KUHLANG, P.; EDTMAYR, T.; SIHN, W. Developments of traditional value stream mapping to enhance personal and organizational system and methods competencies. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 13, p. 3732-3746, 2017.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4ª ed., Porto Alegre: Bookman Editora, 2010.

YÜKSEL, H.; UZUNOVIC, Z. F. Application of value stream mapping in a manufacturing firm in Bosnia and Herzegovina. **Yonetim ve Ekonomi**, v. 26, n. 1, p. 201-219, 2019.

TRIANA, N. E.; BEATRIX, M. E. Production system improvement through Kanban application in labor intensive company. **Sinergi**, v. 23, n. 1, p. 33-40, 2019.

THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação nas organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.

VIEIRA, I. L. M.; JUNIOR, A. C. P.; TERRA, L. A. A. Desafios do lean seis sigma na indústria de bebidas. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 10, n. 19, p. 35-55, 2018.


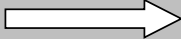









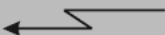



WERKEMA, C. **Lean seis sigma: introdução das ferramentas do lean manufacturing**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation**. Simon & Schuster, New York, NY, USA, 2003.









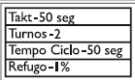




WOODSIDE, A. G.; WILSON, E. J. Case studies research methods for theory building. **Journal of Business and Industrial Marketing**, v. 18, n. 6/7, p. 493-508, 2003.

WU, KAN. **Proactive pull systems with applications**. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3387962>>, Acesso em: 2019.

APÊNDICE A – Simbologia de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV)

Símbolo	O que representa	Comentários
	Movimentação da produção por um sistema empurrado	Identifica o movimento dos materiais empurrados para a fabricação
	Movimentação da produção acabada para o cliente	Identifica o movimento dos materiais empurrados para a fabricação
	Estoque	Quantidade e tempo de estoque
	Supermercado	Os processos seguintes vão até o processo anterior e retiram o que precisam quando precisam. O lado aberto deve ficar virado para o processo fornecedor
	Estoque Pulmão ou de segurança	Deve ser registrado o estoque pulmão ou de segurança
	Retirada	Representa movimento de materiais que são puxados pelos clientes (processo seguinte ou supermercado)
	Transporte Rodoviário	Anotar a frequência e a quantidade de envio
	Transporte Aéreo	Anotar a frequência e a quantidade de envio
	Transporte Ferroviário	Anotar a frequência e a quantidade de envio
	Transporte Marítimo ou Fluvial	Anotar a frequência e a quantidade de envio
	Fluxo sequencial primeiro a entrar, primeiro a sair	Dispositivo para limitar a quantidade de material entre processos e garantir o fluxo. A quantidade máxima deve ser informada
	Fluxo de informação Eletrônica	Exemplos : Troca eletrônica - EDI, E-mails
	Fluxo de informação Manual	Exemplos : Programação de produção, Programação de expedição, Pedido diário
	Kanban de produção	Cartão ou dispositivo que informa a um processo o que e quanto deve ser produzido e dá autorização para isso. A linha tracejada indica o fluxo Kanban
	Informação	Descreve o conteúdo do fluxo de informações

Cont.

Símbolo	O que representa	Comentários
	Kanban de sinalização	Instrução de produção sinalizando que a fabricação de um lote deve ser iniciada em um processo
	Kanban de retirada	Cartão ou dispositivo que informa ao operador de materiais o que e quanto deve ser retirado e dá autorização para isso
	Lotes de Kanbans	Kanban chegando em lotes
	Posto de Kanban	Informa o local onde o Kanban é recolhido e mantido
	Bola para puxada sequenciada	Indica que o processo fornecedor produz um volume predeterminado diretamente a partir do pedido do processo do cliente
	Nivelamento de carga	Indica o nivelamento do volume e do mix de produção por um período de tempo
	Fontes externas	Ícone usado para indicar clientes, fornecedores e processos de produção externos
	Programação vá ver	Indica ajustes na programação a partir da verificação dos níveis de estoque
	Caixa de dados	Ícone usado para registrar informações relevantes de processos, departamentos, clientes, etc. Deve ser representado logo abaixo da caixa de processo
	Processo	Todos os processos devem ser representados. Também utilizado para departamento
	Necessidade de Kaizen	Destaca melhores críticas em processos específicos. Pode ser utilizado em workshops Kaizen
	Cross-Dock	Indica que os materiais não são colocados em armazém e sim movimentados dos caminhões que chegam até as linhas de espera para caminhões que saem
	Depósito	Indica que os materiais são colocados em armazém e mais tarde serão movimentados para expedição
	Operador	Representa um operador

APÊNDICE B – Práticas da Manufatura Enxuta

Prática	Definição
Sistema Puxado	Conjunto de procedimentos que proporcionam a redução de estoques intermediários ao produzir somente a quantidade necessária e no momento necessário, a partir do acionamento da produção pelos estágios subsequentes do processo produtivo.
Células de Manufatura	Tipo de layout produtivo que procura agrupar em um mesmo espaço todos os recursos necessários para a produção de uma única família de peças ou produtos.
Equipes Multifuncionais	Grupos de trabalhadores que são capazes de realizar diferentes tarefas, conferindo flexibilidade ao sistema para manter estável o fluxo de produção.
Autonomia (jidoka)	Autonomia dada ao operador ou à máquina para detectar problemas ou parar a produção na ocorrência de qualquer anormalidade no processo.
Operações padronizadas	Estabelecimento de procedimentos precisos para a execução de tarefas, com documentação e exposição nas estações de trabalho, de modo a fornecer condições para um fluxo de produção estável.
Gerenciamento visual	Utilização de dispositivos visuais instalados amplamente no ambiente de trabalho para transmitir informações sobre métodos, padrões e desempenho do processo.
Controle de qualidade zero defeito	Conjunto de métodos para prevenir e eliminar defeitos por meio da identificação e controle das causas.
Melhoria Continua	Metodologia de gestão da manutenção que reúne um conjunto de procedimentos baseados em manutenção autônoma e planejada para evitar interrupções inesperadas ocasionadas por quebras ou defeitos nas máquinas.
Troca rápida de ferramentas	Metodologia para simplificação, eliminação e melhoria de atividades com o objetivo de reduzir o tempo de setup das máquinas.
Integração de cadeia de fornecedores	Procedimentos para a o compartilhamento de informações e coordenação conjunta para o fornecimento just-in-time de materiais.

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2017, p. 5)

APÊNDICE C – Principais ferramentas da manufatura enxuta

Ferramentas	Definição
5S	São cinco sentidos que promovem uma atitude fundamental para otimizar e organizar as atividades e estabelecendo a disciplina. Os cinco “S” são: Seiri (organização); Seiton (ordem); Seiso (limpeza); Seiketsu (padronização) e Shitsuke (disciplina).
Poka Yoke	São ferramentas visuais e físicas, que previnem a ocorrência de falhas ou reduzem o índice de defeitos, melhorando a qualidade.
Kanban	É uma ferramenta do Just-in-Time, é um cartão que indica e controla a quantidade da produção, regulando os níveis de estoque, buscando sempre manter o mínimo possível de estoque sem comprometer a produção.
Manutenção Preventiva Total (TPM)	É um tipo de manutenção preventiva mais ampla, que busca envolver a participação de todos os colaboradores da organização e seu objetivo é otimizar o desempenho, a confiabilidade e a produtividade do equipamento. Na TPM a responsabilidade da manutenção passa para a operação.
Heijunka	É nivelar a sequência de produção, por meio do sequenciamento dos pedidos em um padrão repetitivo e eliminação das variações cotidianas nos pedidos totais, de modo a corresponder à demanda de longo prazo
Mapeamento do fluxo de valor (MFV)	É uma ferramenta que consiste em ver os processos que agregam valor, identificar as fontes de desperdícios, criar um fluxo de valor e fazer com que flua desde os fornecedores até os clientes finais.
Trabalho padronizado	É a melhor maneira de se realizar determinado conteúdo de trabalho em um dado momento e garantir para que a tarefa sempre seja feita da mesma maneira, por meio do melhor ajuste dos recursos.
Troca rápida de ferramentas (SMED)	O setup é o tempo necessário para preparar uma máquina para a troca da peça ou produto, e se ele for demorado leva a produção de grandes lotes. Então a utilização do SMED possibilita redução do tempo de troca de ferramentas, por meio da análise e melhoria das atividades internas e externas e torna possível a produção de pequenos lotes
Gestão visual	Um sistema de sinais visuais, que podem ser indicadores do desempenho, ferramentas, peças e atividades de produção que transmitem informações sobre o estado e comportamento desejados no local de trabalho, para que todos os envolvidos possam entender de imediato as condições do sistema.

Fonte: Adaptado de Vieira, Junior e Terra, (2018, p. 5).

APÊNDICE D – Ferramenta MIRO e reuniões virtuais de trabalho

The image displays a Miro virtual meeting interface. The top section shows a collaborative workspace with a central diagram titled "AMGEN - VSM FASE 1". This diagram is a complex flowchart or process map with various colored boxes and connecting lines. To the left of the main diagram are several smaller, partially visible diagrams and a list of items. To the right are more diagrams, including a large one with a red header and a table-like structure. The bottom section of the interface is a video conference grid. It contains 16 video feeds arranged in a 4x4 grid. The first three rows show participants in various settings, some wearing masks. The bottom row features three participants with circular avatars and labels: "DR" (purple), a person with a green background, and "KS" (orange). The interface includes standard web browser controls at the top and a toolbar with various icons for navigation and collaboration.

APÊNDICE E – Fotos dos principais processos de fabricação de produtos oncológicos injetáveis

Processo de fracionamento de materiais



Sala de pesagem para material não citotóxico



Isolador para pesagem de material citotóxico

Processo de manipulação



Processo de envase



Processo de recrave



Processo de inspeção visual



Processo de embalagem



Área de armazenagem de materiais fracionados



Área de armazenagem de produtos em processo



APÊNDICE F – Levantamento prévio de dados para o MFV

Produto : Doxo

Dados / Processos	Pesagem	Prep. Materiais	Autoclave	Lavagem Frasco	Estufa	Manipulação
Tempo total (horas)	172	516	516	516	516	516
Tempo de uso disponível (horas)	168	399	399	399	399	399
% de disponibilidade	30%	77%	77%	77%	77%	77%
Tamanho do lote	3400 frascos	3400 frascos	3400 frascos	3400 frascos	3400 frascos	34 litros
Turnos de trabalho	1	3	3	3	3	3
Número de pessoas	2	1	0,5	0,5	0,5	2
Tempo ciclo (horas)	0,90	3,00	6,50	1,56	5,00	3,50
Tempo limpeza (horas)	5,93	3,90	1,13			1,20
Tempo de set-up (horas)	5,93	1,00	1,41	4,00	5,36	10,15

Dados / Processos	Envase	Liofilização	Recrave	Acondicionamento	Revisão	Embalagem
Tempo total (horas)	516	1548	516	516	172	172
Tempo de uso disponível (horas)	399	1186,6	399	399	155	168
% de disponibilidade	77%	77%	77%	77%	90%	98%
Tamanho do lote	3400 frascos	3400 frascos	3400 frascos	3400 frascos	3400 frascos	3400 frascos
Turnos de trabalho	3	3	3	3	1	1
Número de pessoas	2	2	2	1	4	8
Tempo ciclo (horas)	2,41	26,00	1,26	1,26	4,00	1,90
Tempo limpeza (horas)	6,27		4,75	0,50	0,34	3,28
Tempo de set-up (horas)	4,25	9,90	4,75	0,50	0,34	3,28

Produto : Pac

Dados / Processos	Pesagem	Prep. Materiais	Autoclave	Lavagem Frasco	Estufa	Manipulação
Tempo total (horas)	172	516	516	516	516	516
Tempo de uso disponível (horas)	168	399	399	399	399	399
% de disponibilidade	30%	77%	77%	77%	77%	77%
Tamanho do lote	5202 frascos	5202 frascos	5202 frascos	5202 frascos	5202 frascos	90 litros
Turnos de trabalho	1	3	3	3	3	3
Número de pessoas	2	1	0,5	0,5	0,5	2
Tempo ciclo (horas)	0,65	2,1	2,6	1	5	3,5
Tempo limpeza (horas)		3,69	5,60			1,20
Tempo de set-up (horas)	4,35	1,9	1,9	4	2	4,5

Dados / Processos	Envase	Liofilização	Recrave	Acondicionamento	Revisão	Embalagem
Tempo total (horas)	516	1548	516	516	172	172
Tempo de uso disponível (horas)	399	1186,6	399	399	155	168
% de disponibilidade	77%	77%	77%	77%	90%	98%
Tamanho do lote	5202 frascos	5202 frascos	5202 frascos	5202 frascos	5202 frascos	5202 frascos
Turnos de trabalho	3	3	3	3	1	1
Número de pessoas	2	2	2	1	4	8
Tempo ciclo (horas)	3,25	0	1,6	1,6	10	2,89
Tempo limpeza (horas)	19,91					
Tempo de set-up (horas)	4,25	0	4,75	0,5	0,9	3,75

APÊNDICE G – Primeiro questionário

1) Você já participou de algum treinamento de Lean?

☐ Sim ☐ Não

Se marcou “Sim”, especifique qual(is) foi(ram) o(s) treinamento(s):

2) Você já participou de algum treinamento de sistemas puxados?

☐ Sim ☐ Não

Se marcou “Sim”, especifique qual(is) foi(ram) o(s) treinamento(s):

3) Qual seu nível de conhecimento de Lean?

☐ Não conheço.

☐ Conheço o básico (8 desperdícios, mapa de fluxo de valor, 5S, eventos kaizen, etc.), mas não me sinto à vontade pra implantar esse conhecimento básico.

☐ Conheço o básico (8 desperdícios, mapa de fluxo de valor, 5S, eventos kaizen, etc.) e me sinto à vontade pra implantar esse conhecimento básico.

☐ Tenho conhecimento intermediário (kanban, heijunka, jidoka, etc.), mas não me sinto à vontade pra implantar esse conhecimento intermediário.

☐ Tenho conhecimento intermediário (kanban, heijunka, jidoka, etc.) e me sinto à vontade pra implantar esse conhecimento intermediário.

☐ Tenho conhecimento avançado (gerenciamento de inventários, integração da cadeia logística interna e externa, *milk run*, etc.), mas não me sinto à vontade pra implantar esse conhecimento avançado.

☐ Tenho conhecimento avançado (gerenciamento de inventários, integração da cadeia logística interna e externa, *milk run*, etc.), e me sinto à vontade pra implantar esse conhecimento avançado.

4) O que você mais gostou da jornada Lean até o momento? (Etapa/Certificação 1 = Estabilidade; Etapa/Certificação 2 = Fluxo Contínuo)

5) Você tem alguma sugestão na jornada Lean até o momento? (Etapa/Certificação 1 = Estabilidade; Etapa/Certificação 2 = Fluxo Contínuo)

6) Você acredita que a implantação da Etapa/Certificação 3 = Sistema Puxado vai ajudar o Bergamo/Amgen a atingir seus objetivos?

() Sim () Não

Por quê?

7) Você tem alguma preocupação com a implantação da Etapa/Certificação 3 = Sistemas Puxados?

8) Espaço livre para outros comentários, sugestões, etc.

APÊNDICE H – Segundo questionário

Nosso projeto de Sistema Puxado de produção se iniciou no final do mês de junho e agora estamos próximos da conclusão da primeira fase, com a implementação na área de produção de injetáveis e embalagem desses produtos.

Gostaríamos de, mais uma vez, ouvir sua opinião e contribuição que são muito importantes para o sucesso da implementação do projeto. Críticas são também muito bem-vindas para direcionar nossos próximos passos rumo à produção puxada.

1) Você participou de algum dos treinamentos de Sistema Puxado oferecidos pelo projeto?

☐ Sim ☐ Não

Se marcou “Sim”, especifique qual(is) foi(ram) o(s) treinamento(s):

☐ Sistema Puxado – Workshop com a liderança

☐ Treinamento Introdutório – Sistema Puxado e Nivelamento (time de projeto)

☐ Projeto Produção Puxada – Sensibilização Sistema Puxado e Nivelamento (áreas)

2) Qual o seu nível de conhecimento sobre o conceito e método de cálculo do *takt time*?

☐ Não entendi o conceito e nem o método de cálculo

☐ Entendi o conceito, mas não entendi o método de cálculo

☐ Não entendi o conceito, mas entendi o método de cálculo

☐ Entendi o conceito e o método de cálculo

3) Qual o seu nível de conhecimento sobre o conceito e método de cálculo da frequência de reposição?

☐ Não entendi o conceito e nem o método de cálculo

☐ Entendi o conceito, mas não entendi o método de cálculo

☐ Não entendi o conceito, mas entendi o método de cálculo

☐ Entendi o conceito e o método de cálculo

4) Qual o seu nível de conhecimento sobre o conceito e método de cálculo dos supermercados?

☐ Não entendi o conceito e nem o método de cálculo

☐ Entendi o conceito, mas não entendi o método de cálculo

☐ Não entendi o conceito, mas entendi o método de cálculo

☐ Entendi o conceito e o método de cálculo

5) Qual o seu nível de conhecimento sobre o conceito e método de cálculo dos *Kanbans*?

- ☐ () Não entendi o conceito e nem o método de cálculo
- ☐ () Entendi o conceito, mas não entendi o método de cálculo
- ☐ () Não entendi o conceito, mas entendi o método de cálculo
- ☐ () Entendi o conceito e o método de cálculo

6) Qual o seu nível de conhecimento sobre o conceito e método de definição do sistema puxador?

- ☐ () Não entendi o conceito e nem o método de definição
- ☐ () Entendi o conceito, mas não entendi o método de definição
- ☐ () Não entendi o conceito, mas entendi o método de definição
- ☐ () Entendi o conceito e o método de definição

7) Qual o seu nível de conhecimento sobre o conceito e método de definição da sequência ótima de produção?

- ☐ () Não entendi o conceito e nem o método de definição
- ☐ () Entendi o conceito, mas não entendi o método de definição
- ☐ () Não entendi o conceito, mas entendi o método de definição
- ☐ () Entendi o conceito e o método de definição

8) Qual conceito e método de cálculo ou definição você entende que precisaria ser reforçado antes da implementação?

- ☐ () *Takt Time*
- ☐ () Frequência de reposição
- ☐ () Supermercados
- ☐ () *Kanban*
- ☐ () Sistema puxador
- ☐ () Sequência ótima de produção
- ☐ () Nenhum

9) Você identifica benefícios com a implementação do sistema puxado? Se sim, quais são os principais benefícios?

10) Você identifica alguma barreira ou cuidado que precisamos ter na implementação do sistema puxado? Se sim, quais são as principais barreiras ou preocupações?

11) Você identifica algum fator de sucesso para termos uma implementação bem-sucedida? Se sim, quais são os principais fatores de sucesso?

12) Na sua opinião, quando seria o melhor momento para implementarmos o sistema puxado? Antes do *shutdown* e férias do final do ano, ou no retorno?