



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA



Relatório Final

Trabalho de Conclusão de Curso – EM106

***World Class Manufacturing (WCM) - Aplicação do Pilar  
Logística e Planejamento (LCS) em uma siderúrgica no  
processo de abastecimento de uma aciaria***

Autor: **Juan Victor Teles Pessoa**

Orientador: **Prof. Dr. Jefferson de Souza Pinto**

Campinas, Dezembro de 2022



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA



Relatório Final

Trabalho de Conclusão de Curso – EM106

***World Class Manufacturing (WCM) - Aplicação do Pilar  
Logística e Planejamento (LCS) em uma siderúrgica no  
processo de abastecimento de uma aciaria***

Autor: **Juan Victor Teles Pessoa**

Orientador: **Prof. Dr. Jefferson de Souza Pinto**

Curso: Engenharia Mecânica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP, como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Campinas, 2022

S.P. - Brasil

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, Àquele que me possibilitou tamanha oportunidade e privilégio.

Dedico e agradeço aos meus pais, Flavio Pereira Pessoa e Cassia Dos Anjos Teles, que investiram muito na minha formação e confiaram na minha capacidade.

Dedico também a todos aqueles que me ofereceram alívio nos momentos de fraqueza durante esta jornada. Aqueles que apostaram na minha dedicação e empenho. Cada palavra ou conforto oferecido foram cruciais para que eu pudesse chegar até este momento.

## **Agradecimentos**

Este trabalho não poderia ser realizado sem a ajuda de diversas pessoas às quais presto minha homenagem:

Prof. Dr. Jefferson de Souza Pinto pela atenção e dedicação na revisão e orientação deste trabalho.

Prof. Dr. Rosley Anholon que foi uma inspiração durante a graduação. Um docente ímpar que sempre apoiou e instigou os alunos.

Aos discentes Daniel Antonio Amaro e Flora Antonieta Rosseto pelo companheirismo e amizade que perduraram durante toda graduação e perdurarão por toda vida.

## RESUMO

PESSOA, Juan Victor Teles, *World Class Manufacturing (WCM) - Aplicação do Pilar Logística e Planejamento (LCS) em uma siderúrgica no processo de abastecimento de uma aciaria*, Universidade Estadual de Campinas, Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Mecânica). 2022. Campinas – SP

Excelência Operacional se tornou um dos principais pré-requisitos do desenvolvimento industrial da atualidade. No Brasil, o conceito de indústria 4.0 e a implementação de novas tecnologias dependem previamente de um desenvolvimento em gestão de projetos relacionado a redução de custos e melhoria contínua das empresas. O nível de competitividade no mundo globalizado pós pandemia exige que a performance da produção e a manufatura enxuta, mesmo este sendo um conceito a muito utilizado pela indústria automobilística, ainda se mantenha em evidência e se expanda a mais setores. Com isso, o número de empresas no Brasil que estão implementando a Manufatura de Classe Mundial (do inglês *World Class Manufacturing – WCM*) entre outras metodologias cresce em ritmo acelerado, não se restringindo apenas as linhas brancas de montagem. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma aplicação do Pilar Logística do WCM em uma siderúrgica no interior de São Paulo no processo de abastecimento de fornos e refratários. Neste estudo foi realizado a aplicação de ferramentas de Manufatura Enxuta, a partir de uma coleta de dados e desdobramento de custos conforme a metodologia do WCM.

**Palavras-chave:** Manufatura Enxuta; Manufatura de Classe Mundial; Supply Chain; Logística; Siderurgia.

## ABSTRACT

PESSOA, Juan Victor Teles, *World Class Manufacturing (WCM) - Application of the Logistics and Custom Service Pillar (LCS) in a steel plant in the supply process of a melt shop*, State University of Campinas, Monograph (Mechanical Engineering Course Completion Work). 2022. Campinas, SP, Brazil.

Operational Excellence has become one of the main prerequisites for today's industrial development. In Brazil, the concept of industry 4.0 and the implementation of new technologies depend on a development in project management related to the reduction costs and continuous improvement of companies. The level of competitiveness in the post-pandemic globalized world requires that the performance of production and lean manufacturing, even this concept being widely used by the automobile industry, remains in evidence, and expands to more sectors. With that, the number of companies in Brazil that are implementing the World Class Manufacturing (WCM) among other methodologies is growing at an accelerated pace, not just being restricted to assembly lines. The objective of this work is to present an application of Logistics and Customer Services Pillar of WCM in a steel plant in the interior of São Paulo, Brazil in the process of supplying electric furnaces and refractories. In this study, Lean Manufacturing tools were applied, based on data collection, and cost deployment according to the WCM methodology.

**Keywords:** Lean Manufacturing; World Class Manufacturing; Supply Chain; Logistic; Steel Industry.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Templo do WCM.....	22
Figura 2.2	Atuação dos Pilares LOG e WO nas principais perdas do CD da Fábrica.....	26
Figura 2.3	Campos de Atuação do CD da Fábrica e do CD Logístico.....	27
Figura 2.4	7 Passos de Implementação do Pilar Logística.....	30
Figura 2.5	Estrutura da Matriz A.....	35
Figura 2.6	Matriz B – Perdas Causais e Resultantes.....	36
Figura 2.7	Estrutura da Matriz C.....	36
Figura 2.8	Matrizes do CD Logístico.....	37
Figura 2.9	Abordagem <i>Kaizen</i> .....	39
Figura 2.10	Diferença entre <i>Kaizen</i> e <i>Kairyo</i> .....	39
Figura 2.11	Ícones usados para mapeamento de fluxo de valor.....	46
Figura 2.12	Exemplo de Mapa de Fluxo de Valor.....	47
Figura 2.13	Classificação de Materiais e Lógicas e Abastecimento.....	49
Figura 2.14	Comparação entre o Patrulhamento e o <i>Mizusumashi</i> .....	52
Figura 2.15	Comparação entre o ambiente de funcionamento do Patrulhamento e do <i>Mizusumashi</i> .....	52
Figura 4.1	<i>Radar Chart</i> do time do Pilar LCS.....	61
Figura 4.2	<i>MasterPlan</i> .....	62
Figura 4.3	Cercas eletrônicas da planta.....	66
Figura 4.4	Locações logísticas e Rota Verde.....	66
Figura 4.5	Rotas de Abastecimento da Célula 1.....	68
Figura 4.6	Rotas de Abastecimento Célula 2.....	71
Figura 4.7	Rotas de Abastecimento Atuais Barreira Acústica.....	74
Figura 4.8	Posição do Quadro do Pilar.....	79
Figura 4.9	Layout do Quadro do Pilar.....	80
Figura 4.10	Novas Rotas de Abastecimento Barreira Acústica.....	83

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	As Ferramentas do Lean.....	18
Quadro 2.2	Link entre os Pilares WO e LOG.....	26
Quadro 3.1	Classificação de Pesquisa do Trabalho.....	55
Quadro 4.1	Cronoanálise de Movimentações dos Empilhadeiras.....	73

## SIGLAS E NOMENCLATURAS

<b>WCM</b>	<i>World Class Manufacturing</i> (Manufatura de Classe Mundial)
<b>LCS</b>	<i>Logistic and Customer Service</i> (Logística e Atendimento ao Cliente)
<b>WO</b>	<i>Workplace Organization</i> (Organização do Espaço de Trabalho)
<b>PCP</b>	Planejamento e Controle de Produção
<b>PdU</b>	Ponto de Uso
<b>MMH</b>	<i>Minimum Material Handling</i> (Mínimo Manuseio de Materiais)
<b>FIFO</b>	<i>First In First Out</i> (Primeiro a Chegar, Primeiro a Sair)
<b>KPIs</b>	<i>Key Performance Indicators</i> (Indicadores Chave de Performance)
<b>KAIs</b>	<i>Key Activities Indicators</i> (Indicadores Chave de Atividades)
<b>CD</b>	<i>Cost Deployment</i> (Desdobramento de Custo)
<b>WIP</b>	<i>Work in Progress</i> (Trabalho em Progresso)
<b>FG</b>	<i>Finished Goods</i> (Produto Acabado)
<b>JIS</b>	<i>Just in Sequence</i> (Na sequência certa)
<b>JIT</b>	<i>Just in Time</i> (No tempo certo)
<b>IND</b>	Indireto
<b>PFEP</b>	<i>Plan for Every Part</i> (Plano para Cada Parte)
<b>NVAA</b>	<i>Non Value Added Activities</i> (Atividades que Não Agregam Valor)
<b>VAA</b>	<i>Value Added Activities</i> (Atividades que Agregam Valor)

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1. Contexto e Justificativa.....	12
1.2. Problema de Pesquisa.....	14
1.3. Objetivos.....	14
1.3.1. Objetivo Geral.....	14
1.3.2. Objetivos Específicos.....	14
1.4. Apresentação e Estrutura do Trabalho.....	15
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>16</b>
2.1. <i>Lean Manufacturing</i> .....	16
2.2. <i>World Class Manufacturing (WCM)</i> .....	21
2.3 Pilares do WCM analisados no Trabalho.....	25
2.6 Pilar Logística e Planejamento.....	28
2.4 Indicadores Chave de Desempenho (KPIs) - Logísticos.....	32
2.5 Indicadores Chave de Atividades (KAIs) - Logísticos.....	33
2.7 <i>Cost Deployment</i> Logístico.....	34
2.8 <i>Kaizen</i> e <i>Kairyō</i> .....	38
2.9 Metodologia 5G.....	40
2.12 5S.....	41
2.13 5T.....	43
2.14 <i>Value Stream Map</i> .....	44
2.16 Classificação de Materiais.....	48
2.17 Supermercado/Picking/Kanban.....	50
2.18 <i>Mizusumachi</i> .....	51
2.19 Breve Resumo do Capítulo.....	53
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>54</b>
3.1 Caracterização da Pesquisa.....	54
3.2 Procedimentos.....	55
3.3 Objeto de Estudo.....	57
3.4 Breve Resumo do Capítulo.....	57
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>58</b>
4.1 PASSO 0: Atividades Preliminares.....	58
4.1.1 Definição da Equipe.....	58
4.1.2 Definição do <i>MasterPlan</i> .....	62
4.1.3 KPIs e KAIs.....	63
4.1.4 Escolha da Área Modelo.....	63
4.1.5 Mapeamento do Estado Atual.....	65

4.1.6 <i>Cost Deployment</i> Logístico – Materiais .....	74
4.1.7 <i>Cost Deployment</i> Logístico – <i>Handling</i> .....	76
4.1.8 <i>Cost Deployment</i> Logístico – Transportes.....	77
4.1.9 Quadro do Pilar .....	78
4.2 PASSO 1: Re-engenharia da Linha.....	80
4.2.1 Mapeamento do Estado Futuro.....	81
4.2.2 Aplicação do 5S.....	83
4.2.3 Aplicação do 5T .....	84
4.3 PASSO 2: Redefinição da Logística Interna.....	86
4.3.1 <i>Picking Areas</i> .....	86
4.3.2 Implementação de Sistema <i>Call Off</i> .....	87
4.3.3 <i>Mizusumashi</i> .....	88
4.4 Breve Resumo do Capítulo.....	89
<b>5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>89</b>
5.1 Conclusões .....	90
5.2 Considerações Finais.....	92
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE A – Matriz A (CD Logístico de Materiais) .....</b>	<b>97</b>
<b>APÊNDICE B – Matriz B (CD Logístico de Materiais) .....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICE C – Matriz A (CD Logístico de Handling) .....</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICE D – Matriz B (CD Logístico de Handling).....</b>	<b>100</b>
<b>APÊNDICE D – Matriz A (CD Logístico de Transportes).....</b>	<b>101</b>
<b>APÊNDICE E – Matriz B (CD Logístico de Transportes) .....</b>	<b>102</b>

# 1. INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objetivo apresentar o problema de pesquisa bem como o contexto, a justificativa, os objetivos e a organização geral dos capítulos deste trabalho.

## 1.1. Contexto e Justificativa

A “demanda reprimida” causada pela pandemia de COVID-19 tem exigido velocidade de ação e alta capacidade produtiva das indústrias. O fenômeno gerou atrasos de pedidos e um problema logístico mundial de atendimento ocasionado pela volta abrupta da demanda. Este contexto extraordinário e de difícil previsão se provou um grande teste para empresas, indústrias e até estados de como se preparar para trabalhar na crise, expondo os desafios e novas estratégias necessárias para implementar sistemas de gestão e excelência operacional como o *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta) nas cadeias produtivas (CEKEREVAC, PRIGODA, ZDENEK, 2022, p. 9).

Adaptabilidade e uma abordagem proativa sempre foram aspectos importantes para cenários de crise e instabilidade. A competição acirrada entre empresas nacionais e multinacionais da indústria automobilística impulsionada pela produção em massa e margens mais baixas que outros mercados fizeram com que o setor fosse o protagonista na aplicação de ferramentas *Lean* que utilizassem esses dois conceitos.

O *Lean Manufacturing*, sistema de gestão que busca alcançar a excelência operacional e a redução de desperdícios, foi desenvolvido por Taiichi Ohno, engenheiro da montadora Toyota, sendo difundido como Sistema Toyota de Produção a partir da década de 1960. O surgimento deste sistema em um cenário pós Segunda Guerra Mundial ganhou destaque devido a duas características (Womack, 1992): a detecção de desperdícios e defeitos e a autonomia dos trabalhadores. Isto porque por acompanharem todo o processo, a operação possui a habilidade de identificar desperdícios antes que estes ocorram com uma velocidade de ação maior em comparação com a gerência. Por isso, a transferência máxima de tarefas e responsabilidades para colaboradores de níveis mais baixos, aumentando sua autonomia para decidirem e analisarem os processos, é uma característica poderosa do *Lean*. Esta filosofia garante uma abrangência proativa na produção ao mesmo tempo que provoca rápida adaptabilidade em cenários críticos.

Uma das inovações ligadas a melhoria contínua presente no mercado atual que contribui para o êxito do Sistema Toyota de Produção no que tange este caráter coletivo na resolução de problemas e diminuição de desperdícios é a quebra da hierarquia gerencial e a formação de equipes multifuncionais. No contexto do *Lean Manufacturing* isto é primordial para a aplicação de ferramentas e desenvolvimento de projetos que tornem a organização mais ativa no combate a perdas (DA SILVA, 2021, p. 18).

Sendo um dos principais fatores do *Lean*, este também é seu principal desafio. O modelo de gestão baseado na cultura japonesa tem um forte caráter introspectivo e confia aos colaboradores a tarefa de realizar a melhoria da empresa, contando com a tendência dos indivíduos de se identificarem com o grupo e atividade a qual pertencem. A cooperação, adaptação e devoção são aspectos que divergem do imediatismo e independência presentes na cultura tradicional fordista do ocidente (DE CARLO, SIMIOLI, 2018, p. 14).

Pensando em uma abordagem mais orgânica, em 1986, Richard J. Schonberger apresentou em seu livro um novo modelo de gestão *Lean*, adaptado ao contexto ocidental, em parte como resposta as conquistas do modelo implementado no Japão e sua difícil implementação no Ocidente. Este modelo é o chamado Manufatura de Classe Mundial ou *World Class Manufacturing*, que foi amplamente popularizado pelo Prof. Dr. Hajime Yamashina e seu sucesso de implementação na Fiat & Chrysler em 2005.

A ideia-chave por trás da adoção do WCM se dá pela busca da competitividade por parte das empresas, elaborando um status global de excelência a ser almejado e disputado. A avaliação e o alcance dos níveis de desempenho para padrões de classe mundial são cuidadosamente documentados graças a um complexo sistema de auditorias. (MIDOR, 2012, p. 42-47) Este sistema garante o benchmarking contínuo de todas as empresas que adotam o modelo do WCM e uma maior velocidade no feedback aos trabalhadores sobre a eficácia das ações propostas.

Com um modelo de organização dinâmica os colaboradores possuem um conjunto de regras, requisitos e motivações que os obrigam a colocar de lado interesses pessoais e perseguirem os interesses da empresa. Uma das vantagens deste modelo é que diferente do *Lean*, que não possui uma metodologia de implementação bem definida, o WCM elenca uma série de etapas de implementação que caracterizam seus *pilares técnicos e gerenciais*, não possuindo apenas uma participação proativa e preventiva por parte dos colaboradores, mas uma implementação proativa e preventiva também.

Cada pilar é interdependente e possui um conjunto de métodos de melhoria e sistemas de gerenciamento para erradicar um grupo de perdas específicas da empresa. As atividades previstas são divididas em sete etapas que devem ser executadas de acordo com um *MasterPlan* construído através de um desdobramento e detalhamento de ações executado por um grupo multi-funcional. (PELA, 2006, p. 18)

Em um contexto crítico para a Logística mundial com a elevada produção causada pela demanda reprimida, este trabalho se propõe a estudar a implementação do Pilar Logística e Planejamento do WCM em uma siderúrgica brasileira e seus desafios diante de uma cultura ocidental e a aplicação em um segmento de transformação.

## **1.2. Problema de Pesquisa**

A proposta de problema pesquisa para o trabalho é: Como aplicar a metodologia do *World Class Manufacturing* (WCM) para diminuição de perdas logísticas em uma aciaria no processo de abastecimento de fornos a arco e refratários de panelas?

## **1.3. Objetivos**

Os objetivos do presente trabalho estão descritos conforme escopo nas subseções 1.3.1 e 1.3.2.

### **1.3.1. Objetivo Geral**

Desenvolver um estudo da aplicação do WCM para diminuição das atividades que não agregam valor e reduzir custos logísticos com impacto positivo na produção de uma siderúrgica.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

Como um desdobramento do objetivo geral, os objetivos específicos são:

- a) Levantar na literatura as ferramentas e conceitos chaves para implementação do WCM como mapeamento de fluxo de valor, fluxos logísticos de abastecimento, metodologias para organização e limpeza de estoque, desdobramento de custos, re-engenharia de linha entre outros;
- b) Identificar as principais perdas logísticas relacionadas ao processo de troca de refratários em panelas e abastecimento de ferro-ligas em fornos;
- c) Elaborar um plano de ação relacionado aos Passos 0, 1 e 2 do Pilar Logística do WCM;
- d) Relacionar o plano de ação (item c) com as perdas logísticas levantadas (item b) para comparativo entre perdas que estão sendo atacadas com os projetos levantados e perdas inerentes ao processo.

#### **1.4. Apresentação e Estrutura do Trabalho**

O trabalho está estruturado em cinco capítulos, os quais estão organizados conforme abaixo.

**Capítulo 1:** Introdução – Apresenta a contextualização do trabalho, problema de pesquisa, objetivos e estrutura da dissertação;

**Capítulo 2:** Fundamentação Teórica – Apresenta os conceitos para fundamentação teórica e desenvolvimento do estudo das rotas de abastecimento dos fornos de uma Aciaria.

**Capítulo 3:** Metodologia – Destina-se a apresentar a classificação da pesquisa, o método para aquisição de dados e os procedimentos utilizados, modelando a solução para o problema de pesquisa do trabalho;

**Capítulo 4:** Resultados e Discussão – Neste capítulo é apresentada a implementação dos Passos 0, 1 e 2 do Pilar Logística do WCM em uma indústria siderúrgica. E ainda, os dados coletados das análises, discussões e resultados de acordo a literatura levantada;

**Capítulo 5:** Conclusões e Considerações Finais – São apresentadas neste capítulo as considerações finais do trabalho, de acordo com o problema de pesquisa e as conclusões perante os objetivos inicialmente propostos.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo se destina a apresentar toda a base teórica necessária para a compreensão e fundamentação do trabalho a ser desenvolvido.

### 2.1. *Lean Manufacturing*

A filosofia do *Lean Manufacturing* foi desenvolvida no Japão logo após o fim da Segunda Guerra Mundial, muito embora o termo *lean* tivesse sido definido apenas nos anos 80 em um projeto de pesquisa do *Massachusetts Institute of Technology* sobre a indústria automobilística mundial. A ideia era mapear as melhores práticas do setor por meio de entrevistas com empregados, sindicalistas e funcionários do governo. O estudo apresentou evidências da superioridade da Toyota, que havia desenvolvido um novo sistema de gestão, quando se tratava do desenvolvimento de produtos e relacionamento com clientes e fornecedores. A manufatura enxuta, ou *Lean Manufacturing*, foi o termo então usado para definir este novo sistema de produção mais eficiente, ágil, flexível e inovador do que a produção em massa (HINO, 2009). A assimilação com o termo Sistema Toyota de Produção (TPS) se dá justamente pelo sucesso da montadora em todos os princípios que tange a Manufatura Enxuta.

No sistema de produção em massa, amplamente difundido na América nesta época, a grande quantidade de peças produzidas, aliada à repetitividade e padronização do processo produtivo, foram a chave para reduzir drasticamente os custos de produção, e lançar no mercado um produto com preços acessíveis à grande maioria da população (ALIZON, SHOOTER, SIMPSON, 2009, p. 588-605). No Japão a situação era totalmente diferente: como forma de ajudar a reconstruir sua economia, após a Segunda Guerra Mundial o governo japonês fechou suas fronteiras às importações e destinou grande parte de sua renda ao setor industrial. Esta decisão foi fundamental para seu crescimento econômico nos anos seguintes, permitindo que o país dedicasse a maior parte de seus recursos às atividades manufatureiras (OHNO, 1978), neste contexto surge o Sistema Toyota de Produção. A filosofia da Toyota estava em oposição direta à da Ford. De fato, sua ideia geral era que em um período de rápido crescimento, como o que vivia a América, um sistema produtivo baseado na quantidade poderia ser justificado, mas em um período

de crescimento lento, como o que o Japão vivia, era prudente concentrar-se mais profundamente nos aspectos de qualidade com baixo desperdício.

Para aplicar tal sistema, o único caminho era uma eliminação profunda e sistemática de todos os desperdícios dos vários processos de fabricação. Só assim seria possível, segundo Taiichi Ohno (fundador do modelo TPS), direcionar todos os recursos das empresas para a criação de produtos de qualidade a custos razoáveis. Durante os anos seguintes, a Toyota conseguiu demonstrar o acerto de tal escolha, tornando-se em pouco tempo uma das principais indústrias automotivas em escala nacional e recebendo interesse e atenção do setor industrial de todo o país. (OHNO, 1978)

“Lean” então virou o conceito utilizado na redução ou eliminação de desperdícios e na maximização das atividades que agregam valor ao produto ou ao cliente (*Value Added Activities* – VAA). Para a indústria, isso pode envolver atacar qualquer um dos tipos de desperdício a seguir (ABDULLAH, 2003, p. 8):

- a) Por Material: Causada pelo excesso de matérias-primas e sucata;
- b) Por Estoque: Não mantendo o fluxo constante de produtos para o cliente final e com isso tendo material ocioso;
- c) Por Superprodução: Não produzindo na quantidade exata que os clientes precisam e quando precisam;
- d) Por Mão de Obra: Movimentações excessivas causadas pelo excesso ou falta de mão-de-obra;
- e) Por Complexidade: Praticando soluções complicadas e complexas para problemas e gerando desperdícios de difícil gerenciamento;
- f) Por Energia: Causada pelo excesso de energia devido a utilização de equipamentos e pessoas com baixa produtividade;
- g) Por Espaço: Causado por um mal arranjo espacial entre equipamentos, pessoas e estações de trabalho;
- h) Por Defeitos: Problemas de qualidade dos produtos acabados;
- i) Por Transporte: Possuindo um excesso de transporte de materiais e informações;
- j) Por Tempo: Causado por configurações longas e atrasos de tempo por falta de disponibilidade de máquina;
- k) Por Movimento Desnecessário: Conceito de mínimo manuseio de materiais e itens perdidos com frequência;

Uma vez identificada as principais perdas e fontes de desperdícios de uma empresa, as ferramentas e técnicas do *Lean*, muitas delas desenvolvidas pela própria Toyota, orientarão a mesma em ações corretivas e assertivas. O Quadro 2.1 apresenta uma síntese de 28 ferramentas e técnicas do *Lean*, com uma breve explicação de cada uma delas, e suas respectivas referências.

Quadro 2.1: As Ferramentas da Manufatura Enxuta.

Ferramentas	Descrição	Referência sobre conceituação e aplicação
Kaizen	É uma palavra japonesa que significa a melhoria contínua de um fluxo completo de valor (sistema) ou de um processo individual, por meio da busca da inovação e evolução, com objetivo de se agregar mais valor para o cliente e eliminar as atividades que não são consideradas desperdícios.	IMAI (1992), ROTHER e SHOOK (1999), BRUNET e NEW (2003), MARCHWINSKI e SHOOK (2007), MURATA e KATAYAMA (2010), GARCIA, RIVERA e INIESTA (2013)
Just In Time (JIT)	O JIT é um sistema de produção que produz e entrega produtos na quantidade e no tempo necessário. Ele é um dos pilares do Sistema de Produção Toyota. O JIT é auxiliado pelo Heijunka e é formado por três elementos operacionais: o sistema puxado (Kanban), o <i>Takt Time</i> e o Fluxo Contínuo.	GHINATO (1995), SEELUANGSAWATE BOHEZ (2004), LIKER (2005), MARCHWINSKI E SHOOK (2007), AL-TAHAT, ALREFAIE, ALDWAIRI (2012), PISUCHPEN (2012), TAYAL (2012)
Kanban	O Kanban é um cartão que autoriza e dá instruções para a produção ou para a retirada de itens em um sistema puxado. É um método de controle de produção do sistema JIT, que autoriza a produzir somente o necessário, e quando o cliente solicita (puxa), desta forma elimina-se a produção em excesso e o ressurgimento do material ocorre de acordo com a necessidade do cliente.	SHINGO (1996), HUANG e KUSIAK (1996), SMALLEY (2004), MARCHWINSKI e SHOOK (2007), OHNO (1997), LIKER (2005), MOURA (1989), ALI, SANTINI e RAHMAN (2012), GALLO, REVETRIA e ROMANO (2012), MATZKA, DI MASCOLO e FURMANS (2012)
5S	O 5S é um programa que possui cinco elementos que descrevem práticas para melhorar o ambiente de trabalho, sendo eles: 1. Seiri (separação e descarte); 2. Seiton, (organização); 3. Seiso (limpeza); 4. Seiketsu (padronização); 5. Shitsuke (disciplina).	LIKER (2005) e MARCHWINSKI E SHOOK (2007), CHENE MENG (2008), ACHARYA (2011), MALBOEUF (2011), DEROS, JUN e RAHMAN (2012)
Value Stream Mapping (VSM)	Value Stream Mapping (VSM), na tradução em português Mapeamento do Fluxo de Valor, é uma ferramenta simples que auxilia a enxergar e compreender todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, necessárias para atender aos clientes, desde o pedido até a entrega. Por meio desse mapeamento é possível identificar as perdas potenciais do processo (atividades que não agregam valor) e direcionar ações de melhoria para eliminá-las e aumentar as atividades que agregam valor.	ROTHER e SHOOK (1999), MARCHWINSKI e SHOOK (2007), ESFANDYARI ET AL. (2011), SINGH, GARG e SHARMA (2011), BHAMU, KUMAR e SANGWAN (2012), JIMÉNEZ ET AL. (2012)

Fluxo Contínuo	Produzir e movimentar um item por vez (One Piece Flow) ao longo de uma série de etapas de processamento, continuamente e sem espera. Assim, em cada etapa se realiza apenas o que é exigido pela etapa seguinte. Com esta técnica é reduzida a quantidade de material em processamento (WIP – <i>Work In Process</i> ) e a quantidade de materiais não conforme, uma vez que os defeitos são detectados antes de serem transferidos para a etapa do processo seguinte. Com o fluxo contínuo evita-se produzir grandes lotes com risco de serem defeituosos.	ROTHER e HARRIS (2002), HARRIS, HARRIS e WILSON (2004), SMALLEY (2004), MARCHWINSKI e SHOOK (2007), ÁLVAREZ ET AL. (2009), GARZAREYES ET AL. (2012), TAYAL (2012)
Heijunka	<i>Heijunka</i> é uma ferramenta de nivelamento do mix e da quantidade a ser produzida durante um dado período. Isso permite que a produção atenda a demanda do cliente, evitando o excesso de estoque, reduzindo custos, mão de obra e <i>lead time</i> de produção em todo o fluxo de valor.	HORN e COOK (1997), COLEMAN E VAGHEFI (1994), ROTHER e SHOOK (1999), LIKER (2005), MARCHWINSKI E SHOOK (2007), SMALLEY (2004), MATZKA, DI MASCOLO E FURMANS (2012)
Total Productive Maintenance (TPM)	<i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) na tradução em português Manutenção Produtiva Total é um método que utiliza uma série de técnicas para garantir que todas as máquinas do processo de produção estejam sempre aptas a realizar suas tarefas. Esta técnica tem por objetivo maximizar a eficiência dos equipamentos através de manutenções autônomas, preditivas e preventivas. Este conceito está fundamentado na melhoria do uso de técnicas de manutenção aumentando a confiabilidade dos equipamentos e reduzindo os tempos de paradas por quebras ou mau funcionamento.	NAKAJIMA (1989), SHIROSE (1996), AHUJA E KHAMBA (2008A), AHUJA e KHAMBA (2008B), OHUNAKIN e LERAMO (2012), SINGH e AHUJA (2012)
Troca Rápida de Ferramenta	<i>Single Minute Exchange of Die</i> (SMED) é uma técnica para redução do tempo de preparação ( <i>setup</i> ) de uma máquina. O <i>setup</i> é considerado o tempo gasto para preparar um processo desde a última peça boa do produto anterior até a primeira peça boa do produto seguinte. Esta técnica consiste buscar uma redução dos tempos de troca para um único dígito, ou menos de 10 minutos, separando seus tempos em internos e externos, eliminando os tempos externos e reduzindo os internos.	SHINGO (1996), MCINTOSH ET AL. (2000), SHINGO (2000), SUGAI, MCINTOSH e NOVASKI (2007), PETER (2010), SINGH E KHANDUJA (2010), ULUTAS (2011)
Takt Time	É o tempo disponível para a produção dividido pela demanda do cliente. O tempo takt é quem dita o ritmo de produção de uma linha; é a batida do coração de um sistema LP. O objetivo do tempo takt é alinhar a produção à demanda, com precisão, fornecendo um ritmo ao sistema de produção.	ROTHER e SHOOK (1999), ALVAREZ e ANTUNES JR (2001), LIKER (2005), MAHAPATRA e MOHANTY (2007), MARCHWINSKI e SHOOK (2007), SHEWCHUK (2008), DUANMU e TAAFFE (2012)
Trabalho Padronizado	É a prática de estabelecer os procedimentos para o trabalho de cada um dos operadores em um processo de produção. Para definir este procedimento é necessário considerar os seguintes elementos da produção enxuta: o tempo takt; a sequência exata de trabalho de cada operador; e o estoque padrão.	OHNO (1997), MARCHWINSKI, LIKER (2005) e SHOOK (2007), MARIZ ET AL. (2012)

Layout Celular	O layout celular é uma forma de arranjo para alinhar fisicamente os processos na sequência que produzirá o que for solicitado pelo cliente no menor período de tempo, eliminando departamentos e criando células de trabalho agrupadas por produtos e não por processo.	LIKER (2005), MARCHWINSKI e SHOOK (2007), PATTANAIAK e SHARMA (2009), SAURIN, MARODIN, RIBEIRO (2011), BHASIN (2012), DEIF (2012)
<i>Jidoka</i> (Automação)	<i>Jidoka</i> é um dos pilares do Sistema Toyota de Produção. Ele é conhecido também como automação com um toque humano. Seu conceito consiste em capacitar as máquinas e os operadores na habilidade de detectar quando uma anomalia ocorreu e interromper imediatamente o trabalho, evitando assim a geração de não conformidades no processo. Deste modo a qualidade do produto torna-se robusta em cada etapa do processo, separando o homem das máquinas para um trabalho mais eficiente.	OHNO (1997), LIKER (2005), DANOVARO, JANES e SUCCI (2008), BARUA ET AL. (2010)
<i>Andon</i>	O <i>Andon</i> é um painel que permite o gerenciamento visual, mostrando o estado das operações em uma área e sinaliza quando qualquer anomalia acontece. O painel pode ser acionado por qualquer membro de uma linha de produção e, ao perceber este sinal, todos devem se envolver para solucionar o problema o mais rápido possível.	LIKER E LAMB (2002), LI e BLUMENFELD (2005). TINHAM (2005), ARCHWINSKI e SHOOK (2007), ACHARYA (2011)
<i>Poka Yoke</i>	É um sistema prova de defeitos, com inspeção 100% através de controle físico ou mecânico. Os dispositivos ajudam os operadores a evitar erros em seu trabalho, tais como escolha de peça errada, montagem incorreta de uma peça, fabricação invertida, esquecimento de um componente etc.	GHINATO (1995), SHINGO (1986), SHINGO (1996), TOMMELEIN (2008), MIRALLES ET AL. (2011), SAURIN, RIBEIRO E VIDOR (2012)
5 Por Quês	É uma técnica para identificação da causa raiz de um problema. Consiste em se perguntar "por quê?" repetidamente sempre que se encontrar um problema, identificando a relação da causa e efeito até chegar à causa raiz do problema.	MARCHWINSKI e SHOOK (2007), SOBEKE e SMALLEY (2010)
A3	É um relatório em tamanho de um formato de papel A3, para identificação e análise de problemas, bem como plano de ação para sua tratativa. É uma ferramenta simples e de fácil utilização, fundamentada no ciclo PDCA ( <i>Plan, Do, Check and Action</i> ) não se limitando apenas à resolução de problemas da produção	SOBEKE e SMALLEY (2010), ANDERSON, MORGAN e WILLIAMS (2011), GNANAGURU ET AL. (2011), GHOSH (2012)

Contabilidade <i>Lean</i>	A contabilidade <i>Lean</i> tem como objetivo suportar a empresa como uma estratégia de negócio. Esta técnica é usada para migrar do modelo de contabilidade tradicional para um sistema que motiva a busca por práticas do pensamento enxuto. A contabilidade <i>Lean</i> visa fornecer informações adequadas para o controle e tomada de decisão e prover uma melhor compreensão do valor do cliente e os impactos financeiros das melhorias alcançadas	GRASSO (2006) HUNTZINGER (2007), KENNEDY e WIDENER (2008), MERWE (2008), MASKELL, BAGGALEY e GRASSO (2011), AHAKCHI ET AL. (2012), CHIARINI (2012).
---------------------------	---	--

Fonte: SOUZA (2021, p. 28-30).

## 2.2. World Class Manufacturing (WCM)

O WCM é um conjunto de políticas, conceitos, ferramentas e princípios baseados no *Lean* para a gestão de processos operacionais de uma empresa. Segundo Yamashina (2007), baseia-se em quatro conceitos: *Total Productive Maintenance* (TPM), *Just in Time* (JIT), *Total Quality Control* (TQC) e *Total Industrial Engineering* (TIE) e tem por base a auditoria e o ranqueamento das empresas que melhor implementam este sistema, contribuindo para o reconhecimento de mercado e vantagem competitiva.

O *Total Productive Maintenance* ou Manutenção Produtiva Total é uma ferramenta abrangente que envolve todos os setores da organização tendo suas origens no *Total Quality Maintenance* (TQM). Entre os principais conceitos, destaca-se o compromisso voltado para o resultado. Sua excelência está em atingir a máxima eficiência do sistema de produção, maximizando o ciclo total de vida útil dos equipamentos, aproveitando todos os recursos existentes em busca da perda zero. Este modelo afeta todos os funcionários e departamentos da empresa e atua como gestão de produtividade e performance (TAKAHASHI, OSADA, 2010, p. 4-5). “O primeiro passo para a Manufatura de Classe Mundial é implementar o TPM com sucesso e criar uma organização muito ativa. Quando o TPM se tornar uma prática comum na produção diária, pode-se dizer que a empresa acaba de iniciar uma jornada para a Manufatura de Classe Mundial” (YAMASHINA, 2000, p. 142).

Este nível de comprometimento que circunda toda a organização está compreendido no funcionamento do WCM. Este sistema de gestão é estruturado em 10 principais áreas integradas da produção, conhecidos como pilares técnicos. Abaixo deles estão os 10 pilares gerenciais que são em suma ações internas que precisam ser realizadas para que

todos possam entender que a implementação do modelo é um compromisso de todos (FARIA, VIEIRA, PERRETI, 2012; PARREIRA, 2014)

A Figura 2.1 com a estrutura dos 10 pilares técnicos é o que o Yamashina chamou de Templo do WCM.

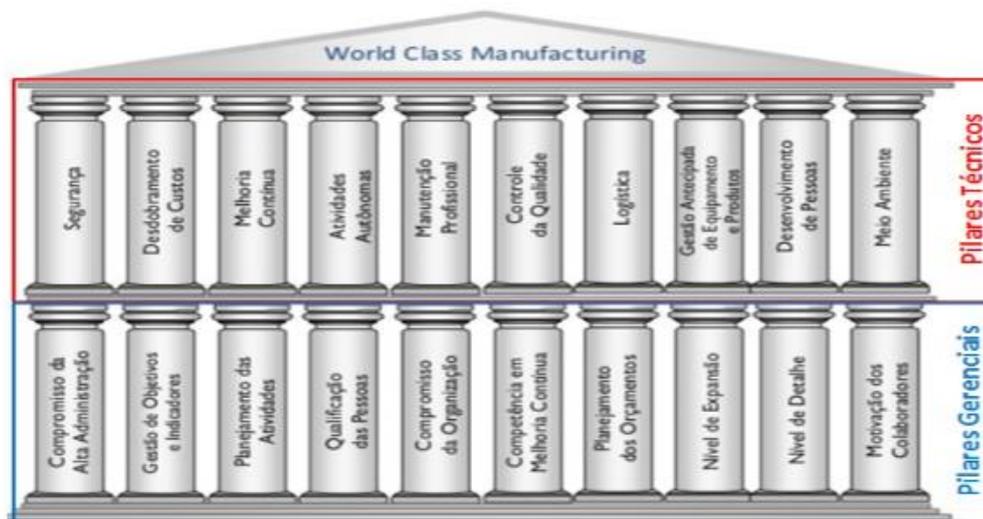


Figura 2.1: Templo do WCM.

Fonte: SANDER (2021).

A definição de WCM proposta por Yamashina é um modelo de negócios que combina pesquisa aplicada, engenharia de produção e a capacidade de executar melhorias (PALUCHA, 2012, p. 228). Nesse sentido, o modelo WCM prevê um aumento dos pilares técnicos e gerenciais que integram as funções do negócio de forma sistemática com base no nicho e interesses da empresa que está implementando. A ascensão simultânea dos pilares é um pré-requisito essencial para o sucesso integrado. Os níveis de implementação dos pilares técnicos são indiretamente afetados pelos níveis de implementação dos pilares gerenciais. Com isso, o "World Class Manufacturing House" faz com que todos os pilares precisem ser desenvolvidos em paralelo para atingir o padrão de excelência.

Os 10 pilares técnicos são:

- a) Segurança (SAF – *Safety*): baseia-se na melhoria constante do ambiente de trabalho e na eliminação das condições que podem gerar incidentes e lesões devido a situações de risco e de comportamento perigoso (GAJDZIK, 2013, p. 1-2). Possui forte relação com o Pilar AA.
- b) Desdobramento de Custos (CD – *Cost Deployment*): tem como objetivo fomentar a consciência dos custos com um método científico e sistemático de redução de

- perdas elaborado pela produção e controladoria. Propicia a descoberta e classificação das perdas introduzindo uma estreita correlação entre perdas causais, resultantes, locais e processos (MILOVANOVIC e DJORDJEVIC, 2010).
- c) Melhoria Focada (FI - *Focused Improvement*): baseia-se em uma abordagem que incorpora constantemente métodos de resolução de problemas que devem ser aplicados para otimizar o ambiente de trabalho e resolver ou avaliar todos os problemas e oportunidades da maneira mais otimizada (MORGAN, 1997). Possui forte relação com o Pilar de CD uma vez que se utiliza do desdobramento de custos para realizar suas ações e forte relação com o Pilar PD no desenvolvimento de treinamentos e capacitações relacionados a metodologias de resolução de problemas.
  - d) Atividades Autônomas (AA – *Autonomous Activities*): as operações autônomas visam a operação do modelo WCM para dependência da máquina do operador. No Pilar AA, os estudos são realizados em duas fases: Manutenção Autônoma / AM e Organização do Posto de Trabalho / WO (MURINO, NAVIGLIO, ROMANO, GUERRA, REVETRIA, MOSCA e CASSETTARI, 2012). Este pilar visa proporcionar um ambiente de trabalho onde os colaboradores mantenham o posto e as máquinas funcionando regularmente através de uma rotina de limpeza e manutenção diária, incentivando o senso de pertencimento e responsabilidade. Possui forte relação com o Pilar SAF na segurança do ambiente e forte relação com o Pilar Logística uma vez que este atua sobre todo posto de trabalho com abastecimento e movimentação.
  - e) Manutenção (PM - *Professional Maintenance*): é responsável por todos os tipos de manutenção eletrônica e mecânica devido às exigências industriais. No modelo de fabricação de classe mundial, o pilar "Manutenção Profissional" (PM) trabalha na redução de falhas de máquinas, análise de padrões e aumento da eficácia do equipamento e do manutentor (BÖRJESSON, 2011).
  - f) Controle da Qualidade (QC – *Quality Control*): é responsável pela realização de estudos de qualidade. Concentra-se em determinar as condições do processo, manter as condições predeterminadas e garantir a conformidade da produção (SZEWIECZEK, ROSZAK e HELIZANOWICZ, 2008).
  - g) Logística e Planejamento (LCS – *Logistics and Customer Service*): atua sobre uma ampla gama de áreas da empresa, desde o fornecimento de matérias-primas até layouts de armazéns na fábrica, movimentações das áreas de produção, nivelamento de produção, estoques de materiais semi-acabados e transporte de

produtos acabados para cliente. Tem como foco a satisfação do cliente com mínimo manuseio de materiais, tornando a produção compatível com as demandas do mercado. A base para o pilar é o transporte do produto correto, no tempo certo e na quantidade certa (DUDEK, 2013, p. 3).

- h) Gestão Preventiva de Equipamentos (EEM - *Early Equipment/Product Management*): tem por objetivo atingir custos reduzidos do ciclo de vida dos equipamentos através de equipamentos confiáveis, de fácil manutenção, acessíveis, de fácil inspeção e limpeza, de baixo barulho/ruído com ciclos de Manutenção Preventiva definidos na fase de projeto. O EEM se concentra na melhoria do processo de design do produto (MISHRA, ANAND e KODALI, 2006).
- i) Desenvolvimento de Pessoas (PD - *People Development*): O pilar de desenvolvimento dos colaboradores é realizado com o apoio da gestão de recursos humanos no modelo WCM. Baseia-se no desenvolvimento de competências e identificação dos motivos que levam o colaborador a cometer erros e possíveis acidentes (SZWEJCZEWSKI e JONES, 2012).
- j) Meio Ambiente (ENV - *Environment*): relacionado a todo o sistema produtivo através de uma visão orientada para a conscientização e a gestão dos aspectos e impactos ambientais relativos às atividades realizadas. O princípio em que está baseado o Pilar de Meio Ambiente é o de melhoramento contínuo do desempenho ambiental no setor produtivo.

Cada um dos pilares técnicos se divide em 7 passos de implementação e possuem um conjunto de diretrizes. O nível de escala e rigor de implementação de cada pilar é estimado durante as auditorias (internas e externas). Com base nisso, cada pilar técnico recebe pontos que, em suma, representam o nível total de implementação do WCM em uma empresa (para melhor visualização do nível de implementação, são concedidas medalhas de ouro, prata e bronze). As faixas de pontuação para medalhas são estipuladas e dependem da preferência da empresa. A criação de sistemas individuais para cada empresa que se baseiam no WCM depende da determinação e escolha dos 10 pilares entre as metodologias disponíveis de forma a incluir na avaliação em auditoria todas as áreas definidas. Os pilares de gestão complementam os pilares técnicos, sem a sua introdução a implementação destes últimos não seria possível.

Os pilares de gestão, que são mais um conjunto de orientações, incluem: envolvimento da gerência no processo de mudança, metas claramente definidas (KPIs),

criação do plano geral de realização do projeto, atribuição de recursos humanos, envolvimento de todo o pessoal, organização orientada para a melhoria, definição de prazos e orçamento, determinação de um certo nível de desenvolvimento que é desejado alcançar, determinação do nível de rigor (detalhe) e motivação dos trabalhadores da produção (DUDEK, 2013, p.3).

A implementação dos pilares de gestão é realizada sempre que um determinado pilar técnico é implementado. Isso significa que à medida que são introduzidos os passos subsequentes dos pilares técnicos, os pilares de gestão vão sendo implementados dinamicamente. Ao avaliar as pontuações de pilares técnicos específicos, o nível de implementação dos pilares de gestão é levado em consideração (DUDEK, 2013, p. 3).

O modelo de Manufatura de Classe Mundial é aplicável a todas as instituições e organizações ativas. As contribuições que oferece são resultado de uma atuação dinâmica, integrada e ampla visando alcançar consistentemente a melhoria contínua, sendo seu trunfo a capacidade de se adaptar aos diferentes tipos de negócios com uma visão ocidental do sistema *Lean*. O robusto sistema de auditoria que abrange os requisitos e passos de cada Pilar garantem a necessidade do crescimento interdependente. O que reforça que sua implementação estruturada é um dos seus principais diferenciais em relação ao *Lean Manufacturing*.

### **2.3 Pilares do WCM analisados no Trabalho**

Serão abordados neste trabalho os conceitos e definições do Pilar Logística e Planejamento (LCS) e os conceitos básicos do Pilar WO, CD e FI que estão diretamente ligados as ações do Pilar LCS.

O Pilar WO engloba conceitos relacionados a organização do posto de trabalho com o objetivo de garantir ergonomia, segurança, maior produtividade e qualidade do processo. Seu link com o Pilar Logística se dá pelo escopo de ação dos pilares. Enquanto o Pilar WO olha o posto de trabalho, o Pilar Logística olha as interfaces entre os postos de trabalho.

No Quadro 2.2 é possível conferir o escopo de atuação e colaboração dos dois pilares:

Quadro 2.2: *Link* entre os Pilares WO e LCS.

Atividades	WO	LOG
Definição da Área Modelo (baseado no Cost Deployment, objetivos e necessidades da planta, skills da equipe e problemas atuais da empresa)	R	R
Evento Kaizen para limpeza da área (junto com FI)	R	S
Classificação de materiais e itens utilizados por WO	S	R
Definição dos requerimentos em termos de handling e abastecimento (princípio de garantia de Golden Zone)	R	S
Análise das requisições e determinação da melhor solução para entrega de material na estação de trabalho	S	R
Solução de abastecimento da linha	S	R

R: Responsável  
S: Suporte

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Outra diferença entre os pilares é na atuação das principais perdas relacionadas ao custo de transformação que são evidenciadas no Desdobramento de Custos da Fábrica. A Figura 2.2 ilustra quais perdas cada pilar ataca na estratificação das perdas.

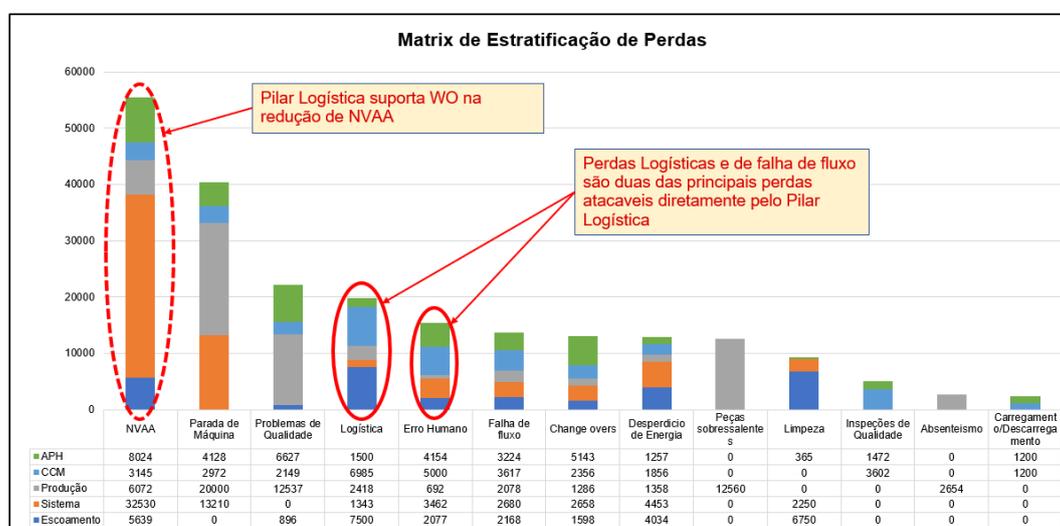


Figura 2.2: Atuação dos Pilares LOG e WO nas principais perdas do CD da Fábrica

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O Passo 0 do Pilar Logística, conforme descrito por DUDEK (2013, p. 5), engloba um *Cost Deployment* (CD) logístico da planta. “O CD de fábrica dedica-se às quatro principais fontes de custos nas empresas (máquinas, mão de obra, material e energia) que estão no custo de transformação das organizações. Já o CD de logística dedica-se aos custos logísticos que estão inseridos no custo de transformação e aos custos logísticos que estão fora do custo de transformação. Custos com mão de obra de logística, área para estoque de materiais e de equipamentos logísticos para movimentação de materiais

pertencem ao custo de transformação. Já outros custos, como custo de capital devido a manter estoque e custo de transporte, não fazem parte do custo de transformação, mas são custos de logística e, portanto, têm que ser incluídos no *Cost Deployment* de logística” (QUEIROZ, p. 59). As perdas desdobradas neste CD se dividem em três macro categorias: Perdas por Estoque, *Handling* (Movimentação Interna da Planta) e Transporte de Abastecimento de matéria prima e Escoamento de Produto Acabado (*Outbound* e *Inbound*). A Figura 2.3 ilustra a diferença de escopo dos dois CD’s.



Figura 2.3: Campos de Atuação do CD da Fábrica e do CD Logístico

Fonte: QUEIROZ (2022, p. 59).

Nesta etapa, é exigido apoio do Pilar CD e Controladoria para o desdobramento das perdas relacionadas aos custos da logística que não entram nos custos de transformação. Os custos que não fazem parte dos custos de transformação são aqueles relacionados a Mão de Obra, aluguel de equipamentos, aluguel de galpões para armazenamento, fretes com a matéria prima, entre outros custos que não são contabilizados na valorização do produto. Após a realização do CD Logístico, é elaborado um Pareto com as principais perdas, similar a Figura 2.2, onde, de acordo com uma matriz SWOT ou estratégia da empresa, as perdas de maior relevância são atacadas seguindo os conceitos e metodologias do Pilar FI, relacionados a Melhoria Focada e resolução de problemas.

O Pilar FI é o pilar que fornece aos demais pilares ferramentas e métodos de resolução de problemas. Com base na estratificação das perdas, realizada na construção do CD, são levantados projetos independentes que utilizam o ciclo PDCA, Metodologia 5G, 5W1H, Ishikawa entre outras ferramentas para a redução de uma perda específica dentro do grupo.

A integração entre os Pilares LCS, WO, CD e FI é um dos requisitos de auditoria para a obtenção da pontuação do Pilar LCS de acordo com a cartilha do WCM. A implementação e avanço conjunto dos pilares é o que traz robustez e dinamismo ao sistema de gestão integrada.

## 2.6 Pilar Logística e Planejamento

O Pilar Logística é um dos pilares técnicos mais importantes na organização WCM. O escopo de ação do pilar inclui três áreas básicas das quais as perdas são sistematicamente reduzidas, conforme descrito por DUDEK (2013, p. 3-4):

- a) Logística de suprimentos, que trata da organização do fluxo de informações (ERP) e dos fornecedores de matéria prima e componentes, buscando rotas e meios de transporte cada vez mais rentáveis juntamente com a gestão otimizada de materiais e armazéns;
- b) Logística de produção (PCP) que trata do planejamento e controle do fluxo de produção, cooperação com o sistema de produção para satisfazer as necessidades dos clientes externos e internos. Essas ações são realizadas com base no fluxo produtivo, que é capaz de produzir pequenos lotes, ampliando assim a faixa de produção (mix de produtos), encurtando o tempo de *setup*, em processos de alta qualidade com equipamentos de produção suportados pelos Pilares AM e PM, com fornecimento de materiais e com forte motivação dos trabalhadores e baixo fator de absenteísmo (Pilar PD).
- c) Logística de distribuição, que trata da destinação dos centros de distribuição do produto acabado, disposição da rede de vendas, métodos de escolha do transporte, análise da demanda do mercado e elaboração do plano de vendas de curto prazo e gestão e controle dos suprimentos. A logística de distribuição é um campo de organização do Pilar Logística no WCM apenas quando não há um pilar separado de atendimento ao cliente (CS) ou quando é combinado com a logística (LCS).

O Pilar Logística foi concebido de forma a cumprir três tarefas básicas (DUDEK, 2013, p. 3-4):

- a) Sincronizar produção e vendas. A sincronização total da produção e das vendas depende da produção dos próprios produtos que o cliente espera dentro

de um determinado período (fornecendo-os a tempo e em montantes solicitados). Liberar essa tarefa requer minimizar o número de componentes e semi-produtos que compõem o armazenamento do armazém e aumentar sua rotação na linha fornecedor-cliente.

- b) Introduzir continuidade ao fluxo para reduzir o custo com estoque e armazém. A introdução da continuidade de fluxo permite minimizar a superprodução e, como, resultado, o armazenamento e melhora da eficiência do capital investido. Infelizmente, a introdução de continuidade de fluxo em muitos casos resulta em maior tempo de processo de produção devido a necessidade de realocar fileiras inteiras de operações concomitantes.
- c) Reduzir a reposição de materiais, armazenamento e áreas de armazenamento.

A logística em sistemas WCM, cumprindo suas tarefas básicas, visa na maioria das vezes: aumentar a satisfação do cliente reduzindo os prazos de fornecimento, aumentar a produtividade e eficácia dos postos de trabalho e minimizar o custo de transporte de materiais e uso do espaço (DUDEK, 2013, p. 3-4).

O processo de implementação do Pilar Logística se resume a identificação e, em seguida, a estimativa de custos (usando o Pilar CD) de 21 perdas logísticas divididas em 3 campos (Figura 2.3). No geral as perdas estão relacionadas com: Mão-de-Obra, derivadas do excesso de trabalho disponível e não utilizado ou com baixa eficiência; Espaço, causadas por excesso de espaço utilizado para material obsoleto ou sem uso e má distribuição dos estoques; Equipamento, decorrentes de excesso de equipamento, baixa eficiência e subutilização dos recursos disponíveis.



Figura 2.3: 21 Perdas Logísticas do WCM

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A implementação do Pilar Logística é realizada pela introdução gradual e constante de etapas. Estes são os chamados 7 Passos de Implementação, conforme Figura 2.4.

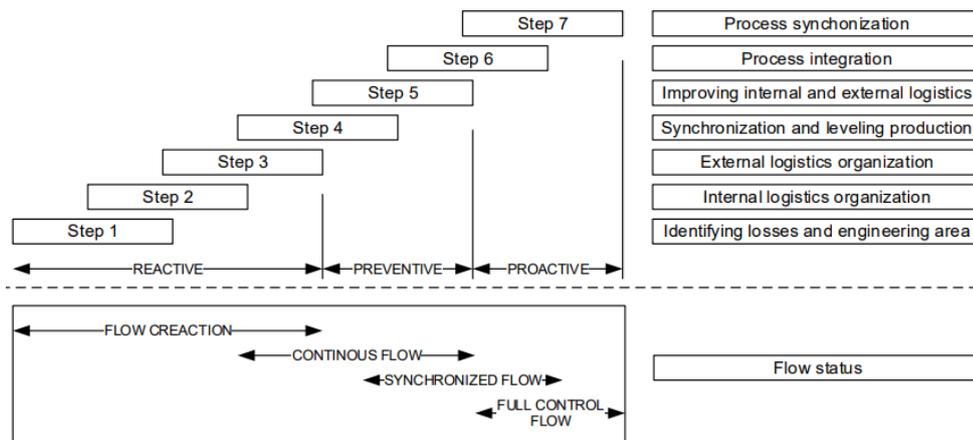


Figura 2.4 : 7 Passos de Implementação do Pilar Logística

Fonte: DUDEK (2013, p. 5).

Dudek (2013, p. 5-6) descreve o escopo de cada passo como:

Passo 0 - Organização do Pilar : Este passo visa organizar a equipe, selecionar a área modelo, estratificar as atividades e metas e a partir do desdobramento das ações elaborar um MasterPlan, isto é, um cronograma com os prazos de execução e expansão pela planta. Além disso, são definidos os KPIs e KAIs que serão apresentados para gestão e auditorias. Neste passo, é realizado um desdobramento dos custos logísticos (*Cost Deployment Logístico*) onde é identificado as principais perdas da planta e os focos de atuação do pilar. Conforme Yamashina (2010) as principais ferramentas deste passo são: *Radar Chart*, *CD da Fábrica*, *CD Logístico*, *Value Stream Map* e um Quadro do Pilar que é posicionado na primeira área de atuação chamada área modelo.

Passo 1 - Re-engenharia da Linha : Nesta etapa são identificadas e compreendidas as necessidades dos clientes internos para redução de estoque e *lead time*. O objetivo principal é transferir as perdas e desperdícios da produção para a logística. Conforme Yamashina (2010) as principais ferramentas deste passo são: 5S e 5T, Classificação de Materiais, *Value Stream Map* e análise de NVAA.

Passo 2 - Redefinir Logística Interna : Neste passo são analisados e corrigidos os principais problemas da logística interna, de modo a reduzir os buffers intermediários (entre máquinas e células etc.) e atividades sem valor agregado. Segundo Yamashina (2010) as principais ferramentas desse passo são: Diagrama de Espaguete,

Supermercado/Picking/Kitting/Sequence, Mizusumashi, OPL/SOP/Poka Yoke e Gestão Visual.

Passo 3 - Redefinir Logística Externa : Após a redefinição da logística interna são analisados e corrigidos as principais perdas da organização da logística externa, principalmente melhorando a relação com fornecedores e sistemas de transporte (carreta, container, trem etc), a fim de minimizar perdas, melhorar a eficácia dos recursos e implementar fluxos de produção controlados entre fornecedores e clientes. Segundo Yamashina (2010), as principais ferramentas desse passo são: Milk Run, Kanban com fornecedores, Quadro de Controle de Recebimento e Gestão de Container.

Passo 4 - Nivelamento de Produção : Após a implementação dos passos reativos, a sincronização do tempo das fases do processo e configurações de produção são realizadas dentro de uma determinada área para eliminar buffers intermediários entre partes específicas do sistema de produção. Está ligado ao nivelamento de produção (*heijunka*), ou seja, a criação de uma programação de forma a fornecer fluxos constantes e equilibrados. É neste passo que ocorre uma forte ação de melhoria na área de Planejamento e Controle de Produção da empresa. *Heijunka* refere-se a três fatores correlacionados que influenciam na continuidade do fluxo: suavização de demanda, nivelamento de carga e balanceamento de máquina. O significado central do nivelamento significa que os fornecedores devem prover exatamente o que os produtores precisam (com qualidade adequada), quanto eles precisam (mesmo que em pequenas quantidades) e quando precisam. O nivelamento de carga depende da produção alternada de diferentes produtos conforme as ordens.

Passo 5 - Redefinir Logística Interna e Externa : Revisitando as implementações dos passos 1 e 2, a organização da logística interna e externa é reajustada às necessidades de padronização do timing do cliente em todas as fases do processo (pedido, produção e distribuição) e preparando-se para organizar constantes fluxos em lotes de produção padronizados em todas as etapas do processo. A padronização do tamanho do lote em fases particulares, o esforço de produção de detalhes na mesma ordem e tempo adequado e sua transformação no momento certo levam à sincronização de todo o sistema.

Passo 6 - Integrar Vendas, Manufatura e Compras : Iniciando os passos proativos, é realizado uma maior integração dos processos que são incluídos em um processo de logística integrada (vendas, distribuição e compras) para criar um fluxo eficaz e totalmente controlado.

Passo 7 - Sincronizar Fluxos : No último passo, é desenvolvido a sincronização total de todos os processos logísticos e de produção – que permitem criar cadeias ágeis de suprimentos, equilibrando no limite da elasticidade e enxugamento do sistema. Um complexo processo totalmente integrado permite a otimização de seus parâmetros de fluxo. Em relação a isso, não há discrepância entre o plano de produção otimizado e seu desempenho, o que significa que no sistema logístico não há armazenamento inútil e os produtos são fornecidos no prazo, de acordo com a necessidade e requisitos do cliente.

Dudek (2013, p. 6) ainda destaca que a implementação bem-sucedida deste pilar se baseia na correta classificação e identificação das 21 perdas logísticas, cuja eliminação é a alicerce para o funcionamento do Pilar. A eficácia dos métodos utilizados depende da sua classificação correta e atribuição a cada categoria. Sendo assim, Dudek (2013, p. 6) conclui que a implementação do Pilar Logística é difícil pois exige um grande trabalho no *mindset* dos colaboradores na identificação de desperdícios. Sem o engajamento total destes, a execução do plano de melhorias levantadas não possui sucesso, uma vez que após a primeira onda de entusiasmo, os colaboradores tendem a voltar ao estado inicial (analogia aos sistemas mecânicos).

O Pilar Logística e Planejamento é um pilar técnico importante do WCM que compreende um conjunto integrado de informações e fluxos físicos de materiais que influenciam na satisfação do cliente, proporcionando o fornecimento de componentes e objetos adequados – produzidos ou planejados – no lugar certo, na hora certa, na quantidade certa e qualidade esperada.

## **2.4 Indicadores Chave de Desempenho (KPIs) - Logísticos**

A medição de desempenho é um princípio fundamental da gestão. Ela é importante porque identifica as lacunas atuais entre o estado presente e o desejado e fornece uma indicação do progresso (THOMAS, WEBER, 2005, p. 3). Um Indicador Chave de Desempenho (KPI) é um número conectado a performance de um processo que está atrelado a estratégia da empresa.

Os KPIs Logísticos estão atrelados as 21 perdas logísticas do WCM. Com o foco em combater perdas relacionadas a estoque, *handling* e transporte, os indicadores são escolhidos no início de implementação do Pilar Logística e servem para medir o desempenho da empresa frente a essas perdas. Alguns exemplos são:

- a) Níveis de inventário (Matéria Prima, Produto Acabado, Produto Semi-Acabado) ;
- b) *Lead Time* (Porta a porta, fornecedor até fábrica, envio ao cliente) ;
- c) Nível de Atendimento ao Cliente ;
- d) Ocupação dos veículos da frota ;

## 2.5 Indicadores Chave de Atividades (KAIs) - Logísticos

Conforme YAMASHINA (2009, p. 19), Indicadores Chave de Atividades representam um indicador útil para medir quanto e como a planta está trabalhando para alcançar os resultados. Alguns exemplos de KAIs são:

- Quantidade de Projetos Logísticos: número de projetos implementados na logística (concluídos ou ainda em progresso – considerando *Quick, Standard, Major e Advanced Kaizen*) ;
- Pessoas envolvidas: número de pessoas envolvidas nos projetos logísticos WCM (expresso em número ou porcentagem) ;
- Itens classificados: número de itens para os quais o método de abastecimento ideal foi definido com base na Classificação de Materiais (pode ser expresso em número ou porcentagem; normalmente é comparado com o número total de itens) ;
- Itens em lógica puxada: número de itens abastecidos em lógica puxada (pode ser expresso em número ou porcentagem; geralmente em comparação com os itens abastecidos por patrulhamento) ;
- SOP / OPL: quantidade de Procedimentos Operacionais Padrão (SOP's) e Lições de Um Ponto (OPL) na logística;

Os KAIs geralmente são expostos em um quadro na área modelo de implementação. Eles representam uma vitrine dos feitos e desenvolvimentos do Pilar e por isso são de suma importância em auditorias. Também são escolhidos no início de implementação, junto dos KPIs.

## 2.7 Cost Deployment Logístico

Segundo Yamashina (2007), o CD pode ser aplicado em diversas atividades de uma organização, como na melhoria contínua, controle de qualidade e desenvolvimento de pessoas, se transformando assim em uma ferramenta específica do WCM. Nesse sentido, o CD de Logística é uma ferramenta utilizada para identificar e reduzir as perdas nos processos logísticos, sendo o direcionador do Pilar Logística e Planejamento e pré-requisito para a realização do Passo 0 descrito na seção 2.6. Sua atuação envolve as cinco principais variáveis de custos logísticos nas empresas, como: operador logístico, equipamentos logísticos, área para estoque, frete e gestão de estoque de materiais.

A aplicação dessa ferramenta é realizada em sete etapas que são identificadas em matrizes, possuindo uma ordem de execução. As matrizes englobam uma correlação entre perdas resultantes (exemplos: peça de reposição, material indireto e excesso de energia) e causais (quebra de máquina) para aumentar a assertividade das ações pós desdobramento de custos e perdas. As matrizes são:

1. Matriz A: Identificação das Perdas. Ramos (2016) afirma que a matriz A é utilizada para localização das fontes de perdas logísticas e o impacto dessas perdas para cada processo. Essa matriz se baseia em 18 perdas logísticas gerais, bem como em três perdas atribuídas ao transporte, totalizando 21 perdas logísticas. Ela ajuda a identificar as principais perdas resultantes cruzando as 21 perdas (linhas) com os processos logísticos (colunas), conforme demonstrado na Figura 2.5.

MACROCATEGORIA	CATEGORIA	PERDA	Processo 1	Processo 2	Processo 3
ESTOQUE	Perda por Estoque	Perda de estoque por excesso Perda de estoque por segurança Perda de estoque mínimo			
	Perda por mão de obra	Perda mão de obra por excesso Perda mão de obra eficiência Perda mão de obra mínima			
	Perda por espaço	Perda espaço por excesso Perda espaço por eficiência Perda espaço mínimo necessário			
MÃO DE OBRA	Perda por mão de obra	Perda mão de obra por excesso Perda mão de obra eficiência Perda mão de obra mínima			
	Perda por espaço	Perda espaço por excesso Perda espaço por eficiência Perda espaço mínimo necessário			
	Perda por equipamento	Perda equipamento por excesso Perda equipamento eficiência Perda equipamento mínimo			
TRANSPORTE	Perda por transporte	Perda transporte por excesso Perda transporte por eficiência Perda transporte mínimo			

Figura 2.5 : Estrutura da Matriz A

Fonte: FIAT GROUP (2010).

Segundo Yamashina (2007b), o passo mais importante na preparação da Matriz A é a definição dos custos logísticos padrão, otimizado e ideal. A definição desses custos deve seguir as seguintes premissas (QUEIROZ, p. 62):

- Custo logístico padrão: custos totais de logística que uma fábrica possui considerando suas configurações atuais (layout, processo, organização, sistema, entre outros);
- Custo logístico otimizado: custos logísticos esperados com base na melhoria de processos;
- Custo logístico ideal: custos logísticos com perdas logísticas mínimas (idealmente 0).

Os custos padrão, otimizado e ideal têm de estar identificados para cada processo, e as perdas por excesso, eficiência e mínima são então calculadas por subtração. Tais custos são demonstrados na Figura 17.

- Matriz B: Distinção entre Perdas Resultantes e Perdas Causais. Nesta matriz é correlacionado as perdas levantadas na Matriz A com as perdas causais e suas inter-relações. Deve ser confeccionada por um time multifuncional que inclui desde o gerente até operadores experientes. A quantificação das relações de causa e efeito entre perdas deve ser uma distribuição fracionária das perdas resultantes para perdas causais (HOEG; KNUTSEN, 2016). Segundo Yamashina (2007b), para construir a matriz B é necessário identificar todas as possíveis perdas causais que estão gerando as perdas resultantes. A matriz B atravessará então as causas (linhas) com as perdas logísticas mais relevantes (definindo um valor limiar) apontadas na matriz A (colunas) conforme Figura 2.6.

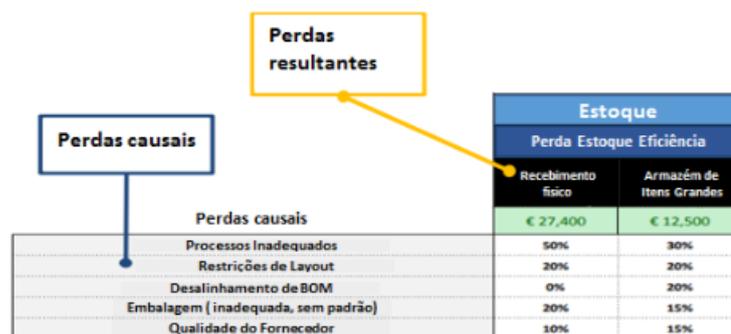


Figura 2.6: Matriz B – Perdas causais e resultantes

Fonte: FIAT GROUP (2011).

3. Matriz C: Valorização das perdas. Essa matriz expressa todas as perdas em termos monetários a fim de permitir a visualização dos custos reais incorridos nessas perdas. Ela apresenta o custo total atribuído a cada perda causal, e deve ser confeccionado pelo time técnico da logística sob supervisão da Controladoria (HOEF, KNUTSEN, 2016). Segundo Yamashina (2007), o propósito da matriz C é destacar as perdas causais e processos, considerando que os maiores montantes de perdas foram identificados nas matrizes A e B. A preparação da Matriz C consiste em reorganizar os dados da Matriz B, agrupando as perdas resultantes por causas raiz e processo e, em seguida, dividindo os valores por tipo de custo, conforme Figura 2.7.

Causa	Perdas por Processo						
	Perda por Mão de Obra						INVENTORY MA
	Perda Mão de obra excesso		Perda Mão de obra eficiência				Perda Mão de obra mínima
	Horas Extras	Mão de obra em excesso	Reembolsar	Patrulhamento	N/AAA - Espera	Retrabalho	Perda por hora homem mínima necessária
Absenteísmo	\$ 3.000	\$ 7.000					
Embalagem Inadequada			\$ 5.000				
Equipamento Inadequado	\$ 1.000						
Manutenção do Equipamento							
Parâmetro Inadequado do MRP						\$ 3.500	
Viradas de Demanda não programada							
Erros de Engenharia (BOM)							
Performance de Fornecedores							

Figura 2.7: Estrutura da Matriz C

Fonte: EMBRACO (2016).

4. Matriz D: Plano de Ação. Nesta matriz é estabelecido ações corretivas e as ferramentas para evitar perdas por meio de uma Matriz Esforço x Impacto x Custo. Envolve avaliar a ocorrência das perdas causais mais importantes identificadas na Matriz C e levantar projetos.
5. Matriz E: Benefício x Custo. Nesta matriz é realizado o balanço econômico entre o custo de implementação dos projetos levantados e o benefício derivado da redução das perdas, sendo possível optar por qual projeto deverá ser implementado primeiro.
6. Matriz F e G: Gerenciamento das Melhorias. Visa eliminar ou reduzir as perdas em cada área mensurando também a redução financeira em um período.

Em suma, as matrizes e suas ordens de execução podem ser organizadas conforme Figura 2.8.

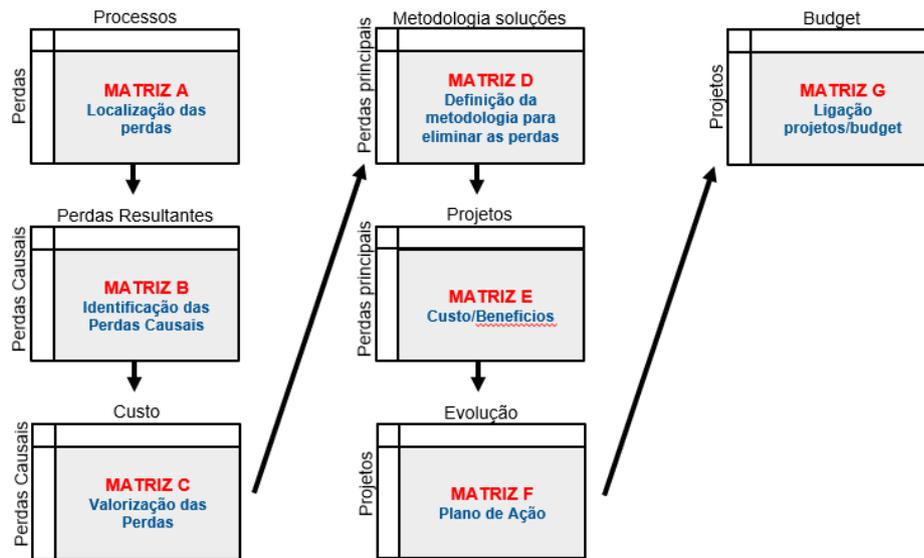


Figura 2.8 : Matrizes do CD Logístico

Fonte: SILVA *et al.* (2013, p. 4).

Com esta estrutura, nota-se que o CD Logístico visa elucidar as principais perdas logísticas, onde ocorrem, em qual processo do fluxo produtivo, qual a causa da perda e quanto ela representa do custo total da logística. Deste modo, a tomada de decisão e gerenciamento de melhorias se tornam mais assertivos e eficazes. Uma limitação da implementação dessa ferramenta é referente aos recursos substanciais para uma coleta de dados rigorosa e estratificada. Sua aplicação bem-sucedida requer a entrada de dados confiáveis e, sendo assim, as organizações necessitam desenvolver rotinas para melhorias e modificações em seus sistemas de coleta de dados (NETLAND; HOEG; KNUTSEN, 2016).

Com o desenvolvimento desta ferramenta são propostos projetos de melhoria focada do tipo *Kaizen* (que seguem o ciclo PDCA) visualizados nas Matrizes D, E e F. Essas melhorias visam: aumentar o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) ou Eficácia Geral do Equipamento, melhorar a qualidade de um produto, reduzir NVAA, entre outros ganhos. São abordagens específicas com um conjunto de ferramentas de resolução de problemas e investigação de causas como: metodologia 5G, 5W1H, análise dos 5 Porquês, coleta de dados, Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa), Histograma, Pareto, Análise de NVAA, Spaghetti Chart entre outros (PELA, 2015). A aplicação dessas ferramentas tem como objetivo reduzir uma perda específica observada na Matriz C

utilizando das informações das Matrizes A e B sobre perdas resultantes e causais nos processos.

## 2.8 Kaizen e Kairyō

Segundo Pela (2015, p. 7), a palavra Kaizen do japonês significa “KAI” (mudança) e “ZEN” (bem-estar), o que em tradução direta seria “mudança para o bem-estar”. Ela é usada para indicar um tipo de abordagem baseada no conceito de melhoria contínua. *Kaizen* são pequenas melhorias que ao serem executadas continuamente no decorrer do tempo atingirão maiores mudanças em todo o tempo e não necessariamente em um período determinado (BROCKA, 1994, p. 12).

O sucesso do método *kaizen* depende do envolvimento de toda a organização, desde os trabalhadores da linha até os gestores. É um método gradual de melhoria (CORRÊA, 2011, p. 223).

A Figura 2.9 ilustra a abordagem *kaizen*.

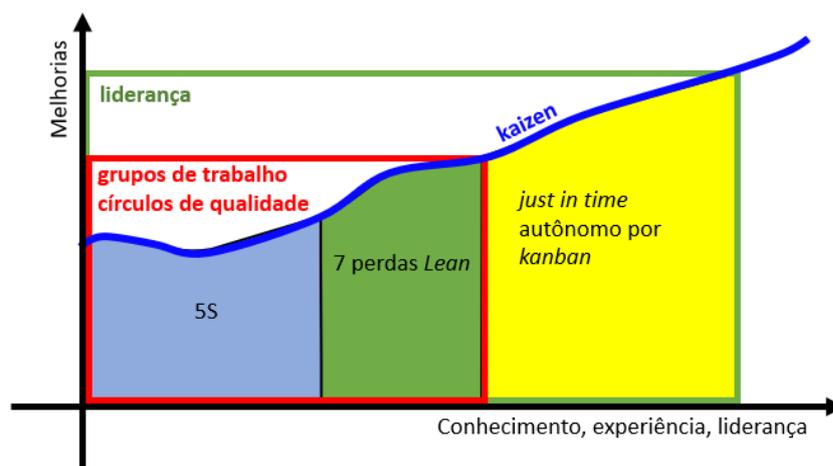


Figura 2.9 : Abordagem *Kaizen*

Fonte: PELA (2015, p. 7).

A abordagem oposta ao *Kaizen* seria o *Kairyō* caracterizada pela reengenharia do processo com grandes investimentos e o envolvimento de poucas pessoas. A Figura 2.10 ilustra a diferença das abordagens e como elas impactam no desenvolvimento de melhorias:

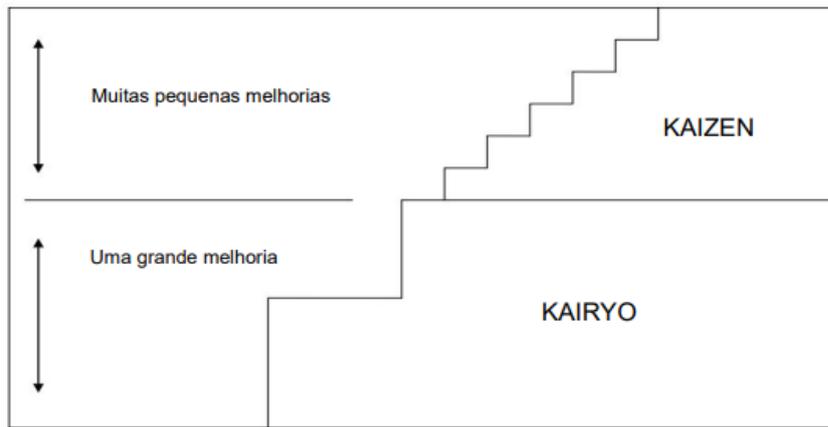


Figura 2.10: Diferença entre *Kaizen* e *Kairyo*

Fonte: PELA (2015, p. 8).

A abordagem *Kairyo* é mais arriscada por não envolver diretamente o chão de fábrica. Isto pode implicar em uma falta de conhecimento aprofundado dos processos o que pode fazer com que as vantagens obtidas desapareçam ao longo do tempo devido a ocorrência de problemas não planejados.

A melhor abordagem é uma combinação das duas, segundo Pela (2015, p. 8). Isto envolve:

- I) Aproveitar o conhecimento dos processos utilizando *Kaizens* levando-os aos seus limites de desempenho;
- II) Implementar o *Kairyo* para superar esses limites e passar para um nível de performance mais alto;
- III) Iniciar novamente no ponto I usando a abordagem Kaizen.

Esta abordagem garante uma melhoria contínua dos processos e um ciclo de projetos e desenvolvimentos.

Após a realização de um *Cost Deployment* para monitoramento dos custos-alvos, desenvolvimento de uma Matriz QA para relacionar parâmetros de qualidade com etapas de produção e utilização da Matriz S para visualização do sistema inicial e final, são desenvolvidos *Kaizens* e *Kairyos* com base na cadência e rigor no combate as perdas desejado pela empresa (VALLE, 2022, p. 17).

Não são exemplos de *Kaizens*: repintar faixas apagadas, fixar componentes soltos, arrumar uma proteção quebrada, trocar um interruptor que está com mau funcionamento, entre outras manutenções e limpezas pontuais. *Kaizens* são classificados em três tipos: *Quick*, *Standard* e *Advanced Kaizen*. A escolha de cada uma das abordagens varia com

base no rigor e complexidade com que se deseja diagnosticar e solucionar um problema (VALLE, 2022, p. 17). Cada tipo de Kaizen possui um conjunto de ferramentas atreladas.

*Quick Kaizen* são destinados a problemas de baixa complexidade, com causa de fácil identificação ou problemas com conhecimento de causa já definido. Configura qualquer alteração na atividade que elimine alguma perda do processo, ou seja, traz melhorias de segurança, qualidade, custo, atendimento e moral (VALLE, 2022, p. 18). Geralmente, um croqui do processo anterior e do novo são suficientes para o desenvolvimento da melhoria. Levam cerca de 2 a 3 semanas de implementação.

*Standard Kaizen* são destinados a melhorias de média complexidade, geralmente problemas com causa desconhecida. São resolvidos por meio de utilização de ferramentas de investigação, análise de causa, teste, simulação entre outros (VALLE, 2022, p. 19). Algumas ferramentas deste tipo de Kaizen são: 5W1H, Análise 4M e 5 Porquês. Levam cerca de 4 a 8 semanas de implementação.

*Advanced Kaizen* são melhorias de alta complexidade. Problemas crônicos que exigem uma investigação profunda de causa e aplicação de metodologias robustas (VALLE, 2022, p. 19). Algumas ferramentas deste tipo de Kaizen são: Metodologia 5G, 5W1H, Análise 4M e 5 Porquês. Levam cerca de 2 a 6 meses de implementação.

## **2.9 Metodologia 5G**

A metodologia 5G é uma ferramenta para análise e investigação de problemas muito útil na elaboração de *Kaizens*. De acordo com Queiroz e Oliveira (2018), os princípios do 5G são utilizados para identificar as causas raízes de um problema e eliminá-los com profundidade. Os princípios se desdobram em:

- a) *Gemba*: consiste em ir ao local onde as coisas acontecem (setor causador). Deve-se anotar o turno, data e horário observado. Nesta etapa é verificada as condições de trabalho e utilizado os sentidos. A consistência do material, temperatura, vibrações, movimentos, coloração, posição, ruídos presentes, cheiro de óleo queimado, entre outras sensações durante a visita a área devem ser anotadas. É importante também o relato do operador, sempre assimilando fatos e relatos;

- b) *Genbutsu*: nesta etapa são examinados os objetos envolvidos no problema (produto, máquina, ferramenta). É realizado a comparação do processo OK com NOK (deve-se identificar dimensões, posições, variações). Para projetos de qualidade, deve-se verificar os defeitos avaliados na peça com detalhes. Para projetos de NVAA e *setup*, deve-se verificar os dispositivos utilizados nas atividades (ferramentais, transportadores, dispositivos fixadores, etc.). Para projetos de manutenção, o componente/equipamento em sua condição atual;
- c) *Genjitsu*: é quando são checados os fatos do problema. Aqui são estratificados os registros operacionais e conferido toda a documentação técnica, utilizando do: Procedimento Operacional Padrão, *Machine Ledger*, Calendário AM, Caderno, Plano de Controle, entre outros. As variações entre os documentos operacionais e o procedimento executado são identificados (deve-se conversar com o operador/manutentor/engenheiro e anotar o que mudou no período analisado). É importante verificar um histórico de ocorrências e analisar dados coletados pela máquina do processo.
- d) *Genri*: é realizado dos princípios de funcionamento dos processos e seu conhecimento. Comparação com desenhos e normas (entenda o princípio de funcionamento e analise o impacto das variações – deve-se evitar hipóteses de causa). Fazer referências a literaturas, sobre o contexto (Artigos científicos, Livros, Publicações, *Benchmarking*, etc.).
- e) *Gensoku*: Avaliação de procedimentos padrão. Deve-se avaliar se existe um padrão para a atividade e se ele está sendo seguido. Além disso, deve-se analisar se a anomalia está sendo reproduzida pelo próprio padrão estabelecido e se melhorias podem ser realizadas no padrão atual.

O 5G serve para se chegar às conclusões e causas que contribuem para a elaboração de um Kaizen robusto por meio de observações diretas das condições atuais em que o trabalho está sendo executado.

## 2.12 5S

No geral, a aplicação da metodologia 5G pode revelar problemas de padronização de processos e organização do espaço de trabalho que acarretam em perdas de

produtividade. Uma das ferramentas mais importantes para resolução deste problema é a aplicação de um 5S.

O 5S, que teve sua origem na década de 1950, combina cinco práticas com o objetivo de organizar, padronizar o posto de trabalho e, acima de tudo, a manutenção das condições operacionais (FRANÇA, 2013). É uma abordagem que foca na relação entre o operador e sua estação de trabalho. O método envolve dar aos operadores um senso de propriedade de sua própria estação de trabalho, desta forma todos se sentem pessoalmente responsáveis pela manutenção da mesma (PELA, 2015, p. 13). A utilização desta ferramenta é parte da implementação do Passo 1 do Pilar Logística (seção 2.6) e diz respeito a organização dos armazéns e estoques.

A sigla “5S” resulta de cinco palavras japonesas descritas conforme abaixo quando adaptadas no Brasil:

- 1) *SEIRI* (senso de utilização): Este senso consiste em diferenciar os itens úteis dos inúteis, ou seja, em um posto de trabalho deve ser eliminado o que não é necessário. Uma ferramenta característica deste senso são as *TAGs*. Durante a análise da estação de trabalho, os próprios operadores organizam os itens e fixam *tags* no que eles acreditam serem dispensáveis ou melhoráveis.
- 2) *SEITON* (senso de organização): Consiste em definir os locais adequados para armazenar os objetos conforme seu nível de utilização. Os utensílios e instrumentos mais utilizados devem ser identificados e guardados de forma organizada em locais próximos ao posto de trabalho, isto minimiza a perda de tempo na procura diária dessas peças;
- 3) *SEISO* (senso de limpeza): Consiste em manter o ambiente de trabalho limpo e arrumado, ou seja, sem nenhum lixo ou sujeira na área de trabalho. O posto de trabalho deve possuir condições favoráveis para operação;

Os três primeiros sentidos são acolhidos positivamente pelos operadores e não atendem resistência em ser implementados pela primeira vez. As dificuldades manifestam-se na forma de executá-los sistematicamente, e é por isso que existem os dois últimos S (PELA, 2015, p. 14):

- 1) *SEIKETSU* (senso de padronização): Nesta etapa deve-se realizar de forma diária as atividades que buscam manter a limpeza e higiene do local de trabalho. É importante nesta fase avaliar os resultados conquistados e identificar os pontos que podem ser melhorados. O *seiketsu* também recebe o nome de senso de

saúde/asseio, pois sua manutenção estabelece um ambiente saudável nas relações interpessoais. Um ambiente limpo torna-se mais agradável e robusto para execução das atividades laborais;

- 4) *SHITSUKE* (senso de disciplina): A disciplina busca desenvolver o hábito de cada funcionário em manter os padrões alcançados, adotando as regras, normas e procedimentos. Este senso resume a prática dos bons hábitos, nesta etapa é primordial a união de todos da empresa visando a melhoria contínua. Natali (1995) e Ribeiro (1994) relatam que o compromisso pessoal com o cumprimento dos padrões éticos, morais e técnicos, definidos pelo programa 5S, define a última etapa desse programa.

A implantação do 5S não está baseada somente no estudo da teoria e dos conceitos, mas principalmente na mudança de atitudes, comportamentos e pensamentos. Para Pela (2015) o 5S exige um envolvimento de um maior número de pessoas, bem como um sistema de auditoria periódica destinada a verificar o cumprimento das ações.

## 2.13 5T

A metodologia 5T nada mais é que um desdobramento do senso *SEITON* (organização). No que tange a organização logística relacionada a gestão de estoques e espaços de armazenamento, esta execução aprofundada do *seiton* para padronização de rotas, locais, etiquetas, quantidades e cores possui forte relação com a eficiência dos *warehouses*. Por este motivo, a execução de um 5S e 5T são pré-requisitos do Passo 1 (Re-engenharia da Linha) do Pilar Logística do WCM (seção 2.6).

Conforme Cyrino (2020), as cinco palavras japonesas do 5T representam:

- a) *Tei-ji* (Rota fixa): Definição dos fluxos de produtos, informações, equipamentos e pessoas. É destinado a criação de um percurso logístico com a finalidade de otimizar o abastecimento.
- b) *Tei-ichi* (Local fixo): Definição da correta localização para cada material. “Um lugar para cada coisa e cada coisa em seu lugar”. Definição das corretas locações para cada coisa de modo fácil, veloz e seguro.
- c) *Tei-hyouji* (Display padronizado): Mostruário padronizado (Fácil de procurar). Com a finalidade de gerir cada artigo veloz e facilmente.

- d) *Tei-ryou* (Quantidade fixa): Com a finalidade de controlar a quantidade de cada item em slots predefinidos do estoque.
- e) *Tei-shoku* (Cores padronizados): Com a finalidade de prevenir erros, devem-se usar cores.

A aplicação de um 5T não se trata apenas de um estudo dos percursos logísticos, mas de uma gestão visual eficiente que auxilie tanto os operadores logísticos quanto os operadores da produção no chão de fábrica a entender os fluxos de abastecimento durante o fluxo produtivo. Seu sucesso exige também o desenho do fluxo de valor da planta ou execução de um *Value Stream Map* que evidencie a cadeia de suprimentos, informações e operações da fábrica.

## **2.14 Value Stream Map**

Um Fluxo de Valor ou *Value Stream* é uma coleção de todas as ações que agregam valor ao produto, bem como as que não agregam valor, mas são inerentes ao processo ao longo do fluxo produtivo, desde a matéria-prima até o cliente final (ROTHER e SHOOK, 1999). Essas ações são aquelas na cadeia de suprimentos, incluindo fluxo de informações e material, que são o núcleo de qualquer operação. O mapeamento de fluxo de valor ou *Value Stream Mapping*, portanto, é uma ferramenta de melhoria para auxiliar a visualização de todo o processo produtivo.

O objetivo é identificar todos os tipos de desperdícios no fluxo de valor e tomar medidas para tentar eliminá-los (ROTHER e SHOOK, 1999). Assumir o ponto de vista do fluxo de valor significa trabalhar em um quadro geral e não em processos individuais, e melhorar todo o fluxo e não apenas otimizar partes dele. Dessa forma, é possível criar uma linguagem comum para o processo de produção facilitando assim decisões mais ponderadas para melhorar o fluxo de valor (MCDONALD, VAN AKEN e RENTES, 2002). Embora pesquisadores e profissionais tenham desenvolvido uma série de ferramentas para investigar empresas individuais e cadeias de suprimentos, a maioria dessas ferramentas falha em vincular e visualizar a natureza do fluxo de materiais e informações em uma empresa.

O mapeamento de fluxo de valor pode servir como um bom ponto de partida para qualquer empresa que queira ser enxuta. Rother e Shook (1999) resumem outros benefícios do mapeamento de fluxo de valor da seguinte forma:

- Ajuda você a visualizar mais do que apenas o nível de um processo (por exemplo, montagem, soldagem) na produção. É possível visualizar o todo.
- O mapeamento ajuda você não apenas a ver seu desperdício, mas também sua origem no fluxo de valor.
- Fornece uma linguagem comum para falar sobre processos de fabricação.
- Ele une conceitos e técnicas enxutas, que ajudam a evitar perdas.
- Forma a base para um plano de implementação ao ajudá-lo a projetar como todo o fluxo produtivo ocorre porta a porta.

O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta de lápis e papel e é criado usando um conjunto predefinido de ícones (Figura 2.11).



Figura 2.11: Ícones usados para mapeamento de fluxo de valor

Fonte: ROTHER e SHOOK (1999, p. 121).

O primeiro passo no mapeamento do fluxo de valor é escolher uma família de produtos como alvo para melhoria. Isto porque os clientes se preocupam apenas com seus produtos e não com toda matéria prima utilizada na transformação do mesmo. Desenhar todo o fluxo de materiais (matéria prima até o produto final) de uma empresa seria muito complexo. A identificação de uma família de produtos pode ser feita usando a matriz de produtos e processos para classificar etapas de processos semelhantes para produtos diferentes ou escolhendo produtos que representam o maior volume de produção. (ABDULLAH, 2003, p. 41)

Depois de escolher uma família de produtos, o próximo passo é desenhar um mapa do estado atual de como as coisas estão sendo feitas. Isso é realizado através de uma caminhada ao longo dos processos de produção.

O desenho do fluxo de material no mapa do estado atual deve sempre começar pelo processo que está mais ligado aos clientes, que na maioria das vezes é o departamento de expedição e, em seguida, trabalhando um caminho até os processos *upstream* (fluxo acima). O fluxo de material é desenhado na parte inferior do mapa. Em cada processo, todas as informações críticas incluindo *lead time*, tempo de ciclo, tempo de *setup*, níveis de estoque etc. são documentados. Os níveis de estoque no mapa devem corresponder aos níveis no momento do mapeamento e não uma média. Isto porque é importante usar número reais em vez de médias históricas fornecidas pela empresa. (ABDULLAH, 2003, p. 43)

O segundo aspecto do mapa do estado atual é o fluxo de informações que indica como cada processo deve ser feito. O fluxo de informações é desenhado na parte superior do mapa, da direita para a esquerda e está conectado ao fluxo de material previamente desenhado. Após a conclusão do mapa, uma linha do tempo é desenhada abaixo das caixas de processo para indicar o *lead time* de produção, que é o tempo que um determinado produto gasta no chão de fábrica desde a sua chegada até a sua conclusão. Este é o chamado *Value-Added Time* ou Tempo de Valor Agregado. O final desta linha deve representar a soma dos tempos de processamento de todos os processos mapeados. O *Non Value-Added Time* ou Tempo de Valor Não-Agregado ao produto final também é contabilizado e representado na linha do tempo entre as caixas de processos (ABDULLAH, 2003, p. 42). Dessa forma, a linha do tempo é desenhada com vales e morros, os morros representando o tempo entre processos (sem agregação de valor) e os vales o tempo de processamento (com agregação de valor). O conceito visa ao final levantar o tempo total de ciclo e o tempo total de valor não agregado.

O mapa do estado atual deve ser semelhante a Figura 2.12.

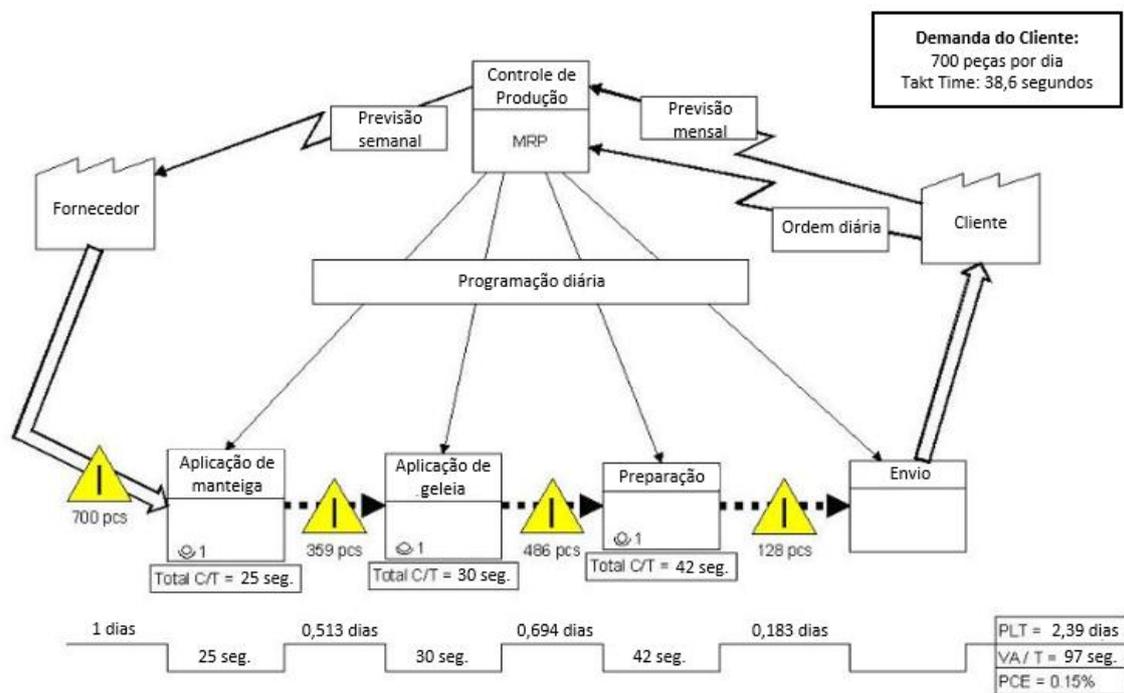


Figura 2.12: Exemplo de Mapa de Fluxo de Valor do Estado Atual.

Fonte: PEREIRA (2022).

A terceira etapa no mapeamento do fluxo de valor é criar o mapa do estado futuro. O propósito do *Value Stream Mapping* é destacar as fontes de desperdício e ajudar a criar áreas-alvo para melhoria. O mapa do estado futuro nada mais é do que um plano de implementação que destaca que tipo de ferramentas do *Lean* (seção 2.1) são necessárias para eliminar o desperdício e onde elas irão atuar no fluxo de valor do produto. A criação de um mapa do estado futuro é feita respondendo a um conjunto de questões relacionadas a construção do estado futuro, e a implementação desses *highlights* deve envolver ferramentas *Lean* (ABDULLAH, 2003, p. 42). Essas questões, conforme descrito por Rother e Shook (1999, p. 58), são:

- 1) Qual é o takt time, baseado no tempo de trabalho disponível dos processos fluxo abaixo que estão mais próximos do cliente?
- 2) Você produzirá para um supermercado de produtos acabados do qual os clientes puxam ou diretamente para a expedição? (A resposta a essa questão depende de diversos fatores tais como os padrões de compra dos clientes, a confiabilidade dos seus processos e as características de seu produto. Produzir diretamente para a expedição exigirá um fluxo confiável do pedido do cliente até a entrega e um *lead time* curto ou então mais estoque de segurança).
- 3) Onde você pode usar o fluxo contínuo?

- 4) Onde você precisará introduzir os sistemas puxados com supermercados a fim de controlar a produção de processos *upstream*?
- 5) Em que ponto da cadeia de produção (“do processo puxador”) você programará a produção? (Lembre-se que todas as transferências de materiais posteriores ao processo puxador precisam ocorrer em fluxo)
- 6) Como você nivelará o mix de produção no processo puxador?
- 7) Qual incremento de trabalho você liberará uniformemente do processo puxador?
- 8) Quais melhorias de processo serão necessárias para fazer fluir o fluxo de valor conforme as especificações do mapa do estado futuro? (Este é o momento para registrar quaisquer melhorias nos equipamentos e nos procedimentos que serão necessários, tais como reduzir os tempos de trocas ou melhorias do tempo útil da máquina. Usamos o ícone “Necessidade de *Kaizen*”, Figura 2.11, para indicar esses pontos no processo).

O último passo é implementar as melhorias no fluxo atual com base no mapeamento de estado futuro onde foram apontadas as melhorias *kaizen*.

O Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM) Atual é um dos requisitos do Passo 0 do Pilar Logística, sendo uma ferramenta essencial para o entendimento da cadeia de suprimentos na cadeia de produção. O estudo do processo e o levantamento de oportunidades no fluxo atual são etapas importantes que fazem parte da investigação e diagnóstico da empresa no que tange os princípios do Lean. Esta etapa precede os Passos Reativos do Pilar LCS (0, 1, 2 e 3) e é a norteadora das ações que serão implementadas.

## **2.16 Classificação de Materiais**

No WCM, a organização dos estoques executada muitas vezes por meio do 5S e o estudo das melhores formas de abastecimento após um VSM do estado atual são realizados com base em uma classificação de cada material da empresa, seja matéria prima, produto semi-acabado e produto acabado. A Classificação dos Materiais WCM identifica três características que definem um componente do ponto de vista logístico: Caros, Volumosos e Variáveis (GUGLIELMINO, 2018, p. 62). Cada *part number* pode ter uma ou mais de uma destas características conforme Figura 2.13.

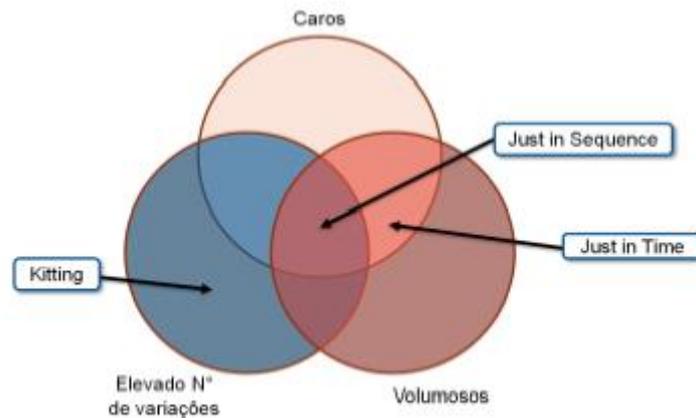


Figura 2.13: Classificação de Materiais e lógicas de abastecimento

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Um material é volumoso quando seu peso for superior a 12 kg e as suas dimensões forem tais que é necessário um manipulador ou empilhadeira para movimentação. Já um material é considerado caro quando seu valor corresponde aos primeiros 20% do valor total dos itens do estoque em ordem decrescente. Por fim, os itens são considerados variáveis quando pertencem a uma família com mais de três variantes. (GUGLIELMINO, 2018, p. 62)

Também consiste na classificação em Tipologia de Fluxo de Abastecimento para cada componente. Sendo eles:

- I) JIT (*Just in Time*): Abastecer na hora certa e no ponto exato. Ocorre quando existe um abastecimento do fornecedor direto para o processo produtivo.
- II) JIS (*Just in Sequence*): Estoque em sequência (temporário) recomendado para materiais caros, volumosos e variáveis. Esta estratégia é a que mantém menos estoque ao lado da linha, uma vez que todo estoque transportado é consumido imediatamente.
- III) IND (Indireto): Material estocado. Fluxo de abastecimento comum em empresas que não possui implementação *lean*.

Este mapeamento visa organizar o layout do estoque e definir as rotas de abastecimento de forma mais assertiva com base nas características dos itens do estoque e do espaço físico disponível.

Um material é classificado como volumoso se ele excede o tamanho da mão de um operador. Enquanto um material classificado como variável é aquele que apresenta risco do operador confundir-lo com outro material devido as suas semelhanças visuais,

neste caso a recomendação é a implementação de *Kitting* visando entregar ao processo puxador apenas as peças necessárias para montagem, minimizando o risco de montagem com peça errada e reduzindo NVAA do operador de produção durante a separação da quantidade exata para montagem. Um material é classificado como caro se ele compõe mais do que 50% do preço total do consumo dos itens.

A Classificação de Materiais WCM é uma forma eficiente para organizar os estoques e supermercados ao lado da linha com base nas características de cada material. Também gera *insights* para mudanças no fluxo de abastecimento, área de separação de pedidos (*picking*) e informações importantes de se ter em um cartão *kanban* que facilitem uma produção puxada.

### **2.17 Supermercado/Picking/Kanban**

A produção puxada é uma forma de se produzir apenas o que foi consumido pelo processo posterior. Para implementar um sistema puxado é necessário que o processo cliente comunique para o processo fornecedor as suas necessidades de forma rápida e clara. Nos sistemas de produção puxado é comum utilizar um cartão com informações do item consumido e frequências de consumo para comunicar as necessidades e padrões de uso do processo cliente para o processo fornecedor. Este cartão é chamado de *Kanban*.

O sistema *Kanban*, conforme Vasconcelos (2006), surge com a necessidade de se criar um sistema de controle de demandas entre fornecedores e receptores do fluxo produtivo. Se trata, de um sistema auxiliar a implementação do JIT. Ele pode ser igualmente utilizado entre células de produção e garante que as peças cheguem ao posto de trabalho de aplicação apenas quando são necessárias.

O sucesso deste sistema depende em grande parte do balanço entre a flexibilidade do processo fornecedor e do processo cliente. É por esse motivo, que o desenvolvimento das capacidades dos fornecedores é crucial para que estes suportem as entregas em JIT. Assim, alguns dos pontos mais importantes são:

- 1) Definição de horários de entrega para materiais (janelas de tempo para descarga de materiais);
- 2) Redução de custos de movimentação;

- 3) Redução de entregas incorretas e fora do tempo (problemas com quantidades e com o prazo de entrega dos materiais).

É comum a utilização de *Kanban* juntamente com um supermercado, isto é, um buffer com quantidades controladas. O processo cliente busca as peças dentro do supermercado, quando a quantidade no supermercado se reduz abaixo de um nível estabelecido, o *kanban* é lançado para solicitar mais material. Os supermercados funcionam como “amortecedores” que permitem aos processos anteriores trabalharem com maior estabilidade e menos variabilidade. Neste sistema, itens que saem mais existem em maiores quantidades e vice versa, itens esporádicos são colocados no supermercado somente por encomenda.

Com uma organização no sistema de demandas e supermercados para estabilização do fluxo. É comum também a implementação nos processos fornecedores de uma área de *picking* em armazéns. Uma área de *picking* é uma área de separação de pedidos que funcionam com requisições *kanban*. São implementados principalmente no começo do processo pela gestão de materiais e visam a padronização do abastecimento e o abastecimento mixado.

Ao acumular um volume de pedidos separados na área de *picking*, estes podem ser transportados em conjunto, otimizando o fluxo de abastecimento e diminuindo *buffers* intermediários nas áreas de produção. Uma estratégia para impedir que os supermercados nunca fiquem desabastecidos e o fluxo de abastecimento se mantenha dinâmico é a implementação de um *Mizusumashi*.

### **2.18 Mizusumachi**

O uso do *Mizusumashi* (aranha de água) é outra estratégia *Lean* que visa reduzir *buffers* intermediários e é geralmente implementado com supermercados e *kanbans*. Ele surge no Sistema de Toyota de Produção como uma forma de atingir a filosofia *Just in Time*. O operador chamado de *Mizusumashi* é responsável pelo fluxo de materiais e informações em toda a fábrica. (MONTEIRO, 2014, p. 48). O operador logístico comum, que não utiliza de *kanban* ou qualquer sistema *Call Off* (chamados) de demandas, e recorre a empilhadeiras e carros de transporte para execução da logística interna praticam o sistema chamado de Patrulhamento. A diferença do *Mizusumashi* para o Patrulhamento pode ser vista através da Figura 2.14.

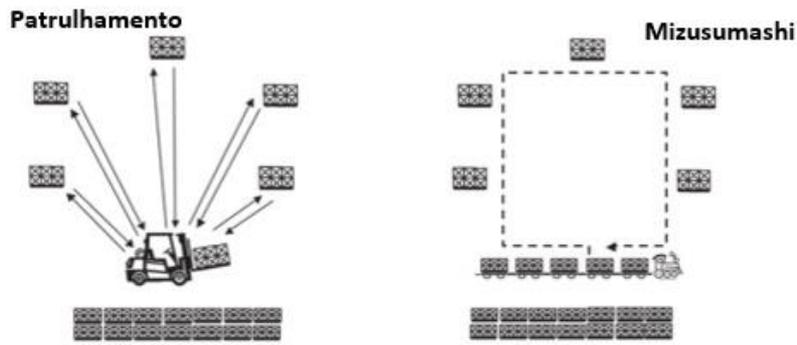


Figura 2.14: Comparação entre o Patrulhamento e o *Mizusumashi*.

Fonte: MONTEIRO (2014, p. 48).

O funcionamento do *Mizusumashi* assemelha-se ao de um táxi, visto que este só atua com base em pedidos ou necessidades de abastecimento e movimentação de materiais (MONTEIRO, 2014, p. 49). No geral, os empilhadeiristas têm sempre que voltar ao ponto de partida (armazém) para fazer a próxima entrega. Por outro lado, o funcionamento do *Mizusumashi* assemelha-se ao de um circuito de metrô. O seu percurso é sempre o mesmo, assim como os seus pontos de parada. O material a transportar é carregado em um comboio com um funcionamento mecânico similar as empilhadeiras, contudo, este arrasta consigo carrinhos que são nada mais que prateleiras sobre rodas. A Figura 2.15 representa a diferença e características dos sistemas.



Figura 2.15 : Comparação entre ambiente de funcionamento do patrulhamento e do *Mizusumashi*.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Este método de abastecimento surge da adaptação do conceito logístico de *Milk Run* voltado para a logística interna. Neste conceito o abastecedor efetua o abastecimento com base nas caixas vazias que tem disponíveis quando passa por um ponto de parada

pré-definido. Pode-se definir o conceito subjacente a esta técnica como “caixa cheia, caixa vazia”. A informação sobre a quantidade a abastecer é o próprio recipiente vazio.

Em suma, o *Mizusumashi* segue uma rota com um ciclo bem definido, quer a nível horário como de locais de parada. O percurso é previamente definido a partir de uma análise 5T (seção 2.13) conforme diferentes necessidades e balanceamento dos pontos de abastecimento. A escolha da utilização de um *Mizusumashi* no WCM depende do Mapeamento de Fluxo do Valor e da Classificação de Materiais.

## **2.19 Breve Resumo do Capítulo**

Este capítulo apresentou os principais conceitos para compreensão, fundamentação teórica e desenvolvimento do estudo de caso, são eles: *Lean Manufacturing*, *World Class Manufacturing*, pilares envolvidos no trabalho, KPIs, KAIs, Pilar Logística e Planejamento, *Cost Deployment* Logístico, *Kaizen* e *Kairyō*, Metodologia 5G, 5S, 5T, *Value Stream Map*, Classificação de Materiais, Supermercado/*Picking/Kanban* e *Mizusumachi*.

### 3 METODOLOGIA

Este capítulo objetiva explicitar a caracterização da pesquisa, bem como os procedimentos utilizados e o objeto de estudo.

#### 3.1 Caracterização da Pesquisa

Caracterizar uma pesquisa significa classificá-la em suas várias vertentes possíveis, tais como métodos amplos, procedimentos técnicos, abordagem de pesquisa, natureza, objetivo e técnica utilizada para entender cada um destes elementos.

Esse trabalho terá o objetivo de reunir informações do WCM e conceitos do *Lean Manufacturing* se caracterizando assim como uma pesquisa bibliográfica. Segundo Cervo, Bervian e Silva, (2007, p. 60), “pesquisa bibliográfica procura explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em artigos, livros, dissertações e teses. Pode ser realizada independentemente ou como parte da pesquisa descritiva experimental”. Em paralelo, o trabalho utiliza a estratégia de estudo de caso na implementação do Pilar Logística do WCM e aplicação do *Lean Manufacturing*, a qual será detalhada na seção 3.2. e, portanto, também se caracteriza como uma pesquisa de natureza aplicada.

O estudo de caso é um estudo de natureza empírica que busca investigar um fenômeno atual no contexto da vida real considerando que as fronteiras entre o fenômeno e o contexto se analisados, não são claramente definidos. (YIN, 2015).

Para Lakatos e Marconi (2007, p. 86), “indução é um processo mental por intermédio do qual, partindo de dados particulares, suficientemente constatados, infere-se uma verdade geral ou universal, não contida nas partes examinadas. Portanto, o objetivo dos argumentos indutivos é levar a conclusões cujo conteúdo é muito mais amplo do que o das premissas nas quais se basearam”. Por se tratar de um projeto onde o conhecimento é fundamentado na experiência e em conclusões prováveis, se aplicará um método indutivo.

Este trabalho possui uma abordagem de pesquisa qualitativa. A pesquisa qualitativa tem por objetivo principal, interpretar o fenômeno que observa. Creswell (2010, p. 88) define que “em um projeto qualitativo, o autor vai descrever um problema de pesquisa que possa ser mais bem compreendido ao explorar um conceito ou um fenômeno.”, portanto, ela possui caráter exploratório e por consequência pessoal.

O tempo de pesquisa é longitudinal uma vez que se deu por um período de cinco meses, sendo um recorte e fotografia pequenos da linha do tempo do objeto de estudo.

As técnicas envolvidas nesta pesquisa relacionam-se a análise de documentos e observação de processos.

O Quadro 3.1 é uma apresentação sinótica das classificações de pesquisa presentes neste trabalho.

Quadro 3.1: Classificação de Pesquisa do Trabalho.

<b>Classificação</b>	<b>Tipologia</b>
<b>Método Amplo</b>	Indutivo
<b>Estratégia de Pesquisa</b>	Pesquisa Bibliográfica
	Estudo de Caso
<b>Abordagem do Problema</b>	Qualitativa
<b>Tempo</b>	Transversal
<b>Natureza</b>	Aplicada
<b>Objetivo</b>	Exploratório
<b>Técnica Utilizada</b>	Análise de Documentos
	Observação do Processo

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

### 3.2 Procedimentos

O desenvolvimento do trabalho tem como ponto de partida um levantamento de bases teóricas sobre o tema abordado, a fim de oferecer um embasamento para os conceitos e aplicações apresentadas.

Posteriormente foi realizado uma análise dos materiais selecionados a fim de obter eficiência no contexto. Então apresentou-se o estudo de caso no qual é realizado inicialmente um estudo de campo da organização para identificação dos maiores e mais significativos agentes do fenômeno. Com isso, iniciou-se o estudo de como seriam aplicados os conceitos obtidos bem como os passos de implementação do Pilar Logística do WCM que poderiam ser trabalhados a partir do tempo disponível de pesquisa.

Segundo Cauchick-Miguel (2018, p. 133), o pesquisador deve estudar as possíveis alternativas de abordagens a serem utilizadas, selecionando as que forem mais apropriadas, úteis e eficazes para a investigação ou, em outras palavras, que atenderão à problemática estudada de endereçar os objetivos e a proposição de soluções.

O estudo de caso é estruturado em etapas, as quais são (CAUCHICK-MIGUEL, 2018, p. 134):

- a) Etapa 1 – Definição de uma estrutura conceitual teórica;
- b) Etapa 2 – Análise de dados;
- c) Etapa 3 – Seleção de técnicas e ferramentas, que a partir da análise de dados serão aplicadas para o alcance do objetivo do trabalho;
- d) Etapa 4 – Aplicação piloto com eventuais correções e melhorias;
- e) Etapa 5 – Análise à exaustão do estudo realizado, a partir da aplicação piloto, a qual será concluída quando atingir a saturação teórica ou quando os dados adicionais não acrescentam nova informação relevante;
- f) Etapa 6 – A partir do conjunto das informações levantadas na etapa anterior, é realizada uma análise final, que resultará no relatório de conclusão do trabalho.

Desta maneira, seguindo esse método de condução baseado nas premissas de Cauchick-Miguel (2018), a etapa 1 proposta pelo autor foi desenvolvida no Capítulo 2 do trabalho. As etapas seguintes são estruturadas de modo a se integrar as condições de contorno do estudo de caso desenvolvido, o qual visa analisar e aplicar os passos 0, 1 e 2 do Pilar Logística estabelecidos na metodologia do WCM com os princípios da Manufatura Enxuta.

A etapa 2 e 3 do estudo de caso se deu no passo 0 de implementação do Pilar Logística (seção 4.1) onde foram analisados dados e documentos da empresa que implicaram na escolha da área de atuação do trabalho (subseção 4.1.4) e mapeamento de fluxo (subseção 4.1.5). A partir do arcabouço teórico levantado na etapa 1 foi selecionado as ferramentas ideais para aplicação dos passos 0, 1 e 2. A aplicação piloto se deu apenas no passo 0 e em parte do passo 1 (seção 4.1 e 4.2), uma vez que as demais etapas do estudo de caso descritas por Cauchick-Miguel (2018) nas subseções restantes necessitariam de um maior tempo de pesquisa e desenvolvimento e não fazendo parte do escopo do trabalho.

O Pilar LCS foi implementado seguindo a cartilha de sete passos descrita na seção 2.4. iniciando com o Passo 0, que estabelece algumas atividades preliminares, que se fazem cruciais para uma preparação dos passos subsequentes.

No Capítulo 4 será apresentado de forma detalhada cada passo realizado. Primeiramente foi aplicado o Passo 1, identificando e compreendendo as necessidades dos clientes internos da organização. Este passo tem como resultado um diagnóstico da empresa, além de organização, gerenciamento e planejamento das rotas do transporte interno.

No Passo 2 foram analisadas as oportunidades de redução de material dentro do processo, levantamento de possíveis melhorias no abastecimento a fim de reduzir movimentação e cobertura de estoque.

A proposta estruturada nesta seção será desenvolvida no Capítulo 4 atendendo as etapas da estrutura do estudo de caso proposta por Cauchick-Miguel (2018). Cabe ressaltar que, a estrutura proposta pelo autor deste trabalho é baseada na estrutura do Yin (2015).

### **3.3 Objeto de Estudo**

Nesta pesquisa, o objeto de estudo consiste em como será a implementação dos conceitos do WCM no abastecimento dos fornos em uma aciaria. A organização do estudo está localizada no interior de São Paulo e seus dados e nome serão preservados. Ela atua no ramo de fundição de aços e ligas a mais de 70 anos sendo uma das principais siderúrgicas do país, com clientes nacionais e internacionais. Desde 2018 a empresa tenta implementar o WCM, adaptando as metodologias *Lean* desenvolvidas para linhas brancas de montagem em uma indústria de transformação.

Por meio da presente pesquisa será possível identificar os efeitos da aplicação dos conceitos *Lean*, desde suas dificuldades e desafios até seus benefícios. Como objetivo, a presente pesquisa tem por utilizar conceitos e práticas do WCM para a redução de atividades que não agregam valor e diminuição dos custos logísticos sem impactar a produção negativamente. A visão da organização para a implementação do WCM é a redução gradual de seus elevados custos de produção através da eliminação ou mitigação de processos ineficientes sem perda de produtividade. Diante deste desafio, o problema de pesquisa (a aplicação efetiva dos dois primeiros passos do Pilar LCS) passa então a ser observado, discutido e debatido; voltando-se assim para o estudo de caso proposto: implementação, aplicação e desenvolvimentos dos pilares do WCM.

### **3.4 Breve Resumo do Capítulo**

Neste capítulo foram apresentados a classificação da pesquisa, o método para aquisição e avaliação de dados e os procedimentos utilizados. Os conceitos do Pilar Logística do WCM foram aplicados no processo de abastecimento de fornos de uma siderurgia até o Passo 2.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo tem por objetivo apresentar a implementação dos Passos 0, 1 e 2 do Pilar Logística do WCM em uma siderúrgica.

### 4.1 PASSO 0: Atividades Preliminares

Este passo tem por objetivo organizar toda estrutura do Pilar Logística que dará alicerce as expansões do WCM na empresa. Para isso foi escolhido um líder e um co-líder do pilar os quais ditaram o ritmo das atividades, apresentaram os projetos realizados e participaram ativamente do desenvolvimento de cada passo. Foi definida uma equipe multi-funcional, selecionado uma área modelo de atuação do Pilar na empresa e estratificado todas as atividades e necessidades do WCM para a completa implementação dos passos do Pilar Logística. Com base na estratificação das atividades, foi desenvolvido um *MasterPlan*, isto é, um *road map* de implementação e definidos os KPIs que serão monitorados durante todo processo de desenvolvimento com interação no chão de fábrica por meio de um Quadro do Pilar.

As ferramentas aliadas deste passo foram: *Radar Chart*, CD da Fábrica, CD Logístico, Metodologia 5G, *Value Stream Map* e Quadro do Pilar.

#### 4.1.1 Definição da Equipe

O primeiro passo para a implementação de um Pilar do WCM é a seleção de um time com características multifuncionais, fato importante apontado por Da Silva (2021, p. 18) na aplicação da Manufatura Enxuta. Pensando nisto, o time do Pilar LCS foi composto por colaboradores de vários departamentos relacionados a produção e ao fluxo logístico:

- a) Gerente de *Supply Chain* teve a função de *sponsor* (patrocinador) do Pilar, escolhendo os líderes e acompanhando o desenvolvimento das atividades em reuniões semanais.
- b) Supervisor de Logística teve a função de líder do Pilar, atuando no suporte e gerenciamento dos recursos para viabilidade dos projetos. Também foi

- responsável pelo estudo do transporte externo (*outbound*) da empresa e desenvolvimento do CD Logístico relacionado as perdas por Transportes.
- c) Analista de Projetos teve a função de co-líder do Pilar Logística atuando principalmente no treinamento dos membros do pilar e utilização das ferramentas *Lean*. Além de colaborar na estratificação e tratamento de dados que direcionaram os *kaizens* do Pilar. Também foi responsável pelo estudo do transporte interno da empresa e desenvolvimento do CD Logístico relacionado as perdas de *Handling* (logística interna).
  - d) Auxiliares Administrativos da Logística deram suporte no desenvolvimento do CD Logístico de Transportes, realizaram melhorias na coleta de dados e estratificação de custos.
  - e) Supervisor de Gestão de Materiais foi responsável pelo estudo dos estoques de materiais (matéria-prima, refratários e auxiliares) e Pontos de Uso (PdUs), avaliando consumo, gestão de estoque e *lead time* com fornecedores. Protagonizou o desenvolvimento do CD Logístico relacionado as perdas por Estoque.
  - f) Auxiliar Administrativo da Gestão de Materiais foi responsável por suportar o supervisor no estudo e desenvolvimento de melhorias de gestão de estoque. Também atuou no mapeamento e Classificação de Materiais WCM e na execução do 5S e 5T na área modelo.
  - g) Líder de Produção dos Refratários foi responsável por ser o *link* com o Pilar WO (em que também é membro). Deu suporte no desenvolvimento e utilização dos quadros do pilar, atuou no mapeamento de consumo dos estoques de refratários, frequência de uso e materiais.
  - h) Técnicos de Produção dos fornos foram responsáveis por mapear o consumo dos fornos das aciarias, bem como os materiais utilizados, PdUs e diferenças de estoque entre sistema e material físico.
  - i) Supervisores dos fornos suportaram os líderes do pilar com relatos, *insights* e explicações acerca da operação que enriqueceu o *Gemba* na aplicação da Metodologia 5G.
  - j) Analista de Logística atuou no desenvolvimento do CD Logístico de Transportes e no mapeamento de oportunidades *kaizen* relacionadas ao escoamento do produto.
  - k) Coordenador de Operações atuou na execução dos projetos levantados sendo responsável por toda operação da terceira que realiza o transporte interno dentro

da siderurgia. Foi a principal ponte entre o administrativo e a operação, forneceu *insights*, coletou dados e promoveu oportunidades *kaizen*.

Com a equipe definida, todos os membros, incluindo *sponsor* e líderes, foram submetidos a realização de uma prova múltipla escolha para medir o conhecimento acerca dos conceitos do WCM e dos passos reativos (1, 2 e 3) do Pilar Logística. A avaliação foi dividida em dez tópicos: Classificação de peças/materiais, CD Logístico, Criação de Fluxo e 5T, *Step 1 LOG*, *Step 2 LOG*, *Minimum Material Handling*, Separação, Gestão de estoque lado linha, *Step 3 LOG* e Estágios do QC (*Quality Control* entre a empresa e seus fornecedores).

Cada tópico possui uma nota de 0 a 5 que representa um nível de conhecimento, seguindo a relação a seguir:

Nota 1 – Ausência de Conhecimento : Não tem conhecimento sobre o assunto ;

Nota 2 – Consciência : Conhece o assunto, mas não tem compreensão completa ;

Nota 3 – Compreensão : Conhece e compreende o assunto, mas não o aplica ;

Nota 4 – Aplicação : Conhece, compreende o assunto e o aplica;

Nota 5 – Domínio : Conhece, compreende, aplica e é capaz de atuar como multiplicador.

Com base na função de cada membro dentro do Pilar Logística, foi estipulado o nível de conhecimento do WCM requerido individualmente de acordo com os projetos e desenvolvimento que seriam submetidos. Após a primeira rodada da avaliação, foi ministrado um treinamento pelo co-líder acerca de todos os dez tópicos. Após esse treinamento, o time foi submetido a uma nova avaliação, com novas perguntas, mas mesmos temas, onde foi observado se houve ou não apreensão de conhecimento.

Cada membro do pilar, portanto, recebeu uma nota com base na quantidade de questões respondidas corretamente na avaliação pré e pós treinamento e os dados foram consolidados para o desenvolvimento de um *Radar Chart* (Figura 4.1) com a média das notas de cada membro.

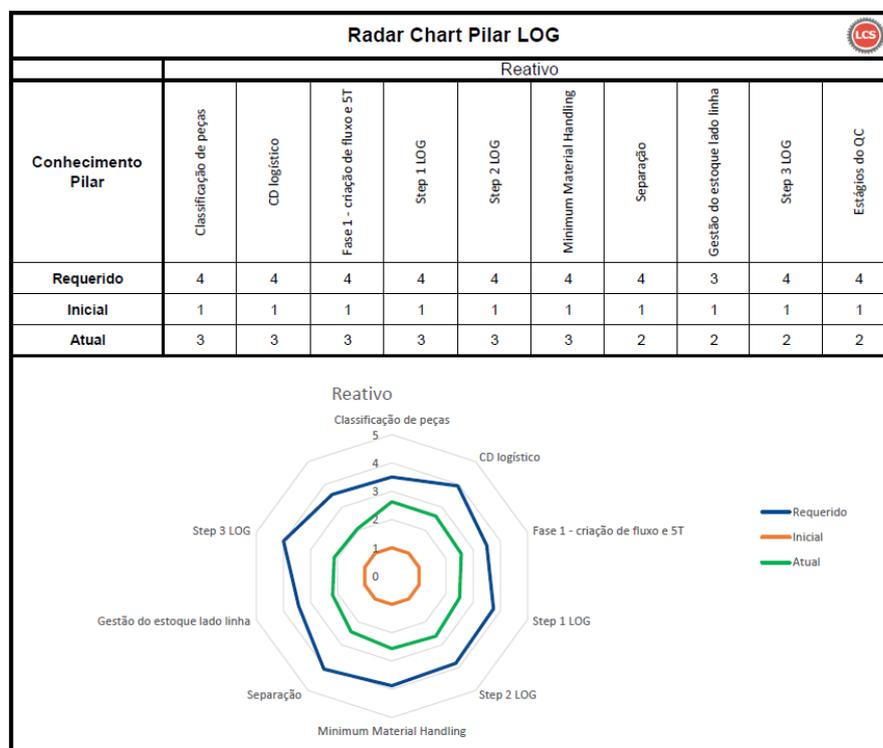


Figura 4.1: *Radar Chart* do time do Pilar LCS.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O *Radar Chart* expõe os *gaps* de conhecimento dos membros do pilar e fomenta uma busca por alcançar o conhecimento requerido de cada membro. Nesta etapa de implementação do Pilar LCS houve o suporte do Pilar PD para o desenvolvimento e aplicação das avaliações e tópicos.

Anualmente, com base nos desenvolvimentos realizados pelo Pilar LCS, o time deve voltar a ser submetido as avaliações para verificar se houve aquisição de conhecimento do WCM após a aplicação das ferramentas. Não será abordado neste trabalho o próximo giro deste *Radar Chart* para verificação desta apreensão uma vez deve ocorrer após a conclusão deste trabalho.

Após a definição do time do Pilar e a aplicação de um treinamento e avaliação acerca dos temas do WCM, é necessário a elaboração de um cronograma de atividades do pilar o longo do ano fiscal que esteja atrelado aos interesses e objetivos da empresa. Este cronograma é também chamado de *MasterPlan*.

#### 4.1.2 Definição do *MasterPlan*

O *MasterPlan* é um plano de ação detalhado das atividades que o time do Pilar deve executar para a implementação dos passos. Ele foi desenvolvido com base nos requisitos exigidos em auditoria para a obtenção das Notas do WCM de acordo com Yamashina (2010). As semanas de desenvolvimento e execução foram dimensionadas com base nos recursos necessários.

A Figura 4.2 representa os três primeiros meses de implementação e as macro-atividades dos Passos 0, 1 e 2 para implementação do Pilar LCS. Cada tópico possui um responsável e membros suporte onde as atividades foram elencadas em uma matriz responsabilidade. O *follow up* e atualização do *MasterPlan* ocorreu semanalmente.

	Planejado	Concluído	Atrasado	MASTER PLAN											
				jun/22				jul/22				ago/22			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Passo 0 - Organizando o Pilar</b>															
0.1 Leitura Minuciosa e Interpretação do Material WCM															
0.2 Definição do Time e Treinamento															
0.3 Value Stream Map - Estado Atual															
0.4 CD Logístico - Materiais (Matriz A, B e C)															
0.5 CD Logístico - Transportes (Matriz A, B e C)															
0.6 CD Logístico - Handling (Matriz A, B e C)															
0.7 Construção do Quadro do Pilar															
<b>Passo 1 - Re-engenharia da Linha p/ Satisfazer o Cliente</b>															
1.1 Classificação dos Materiais e PFEP															
1.2 Value Stream Map - Estado Futuro															
1.3 Redefinição do Layout da Barreira Acústica															
1.4 Treinamento Operacional dos Operadores Logísticos															
1.5 Organização e Limpeza Geral (5S)															
1.6 Aprofundar Organização (5T)															
<b>Passo 2 - Reorganizar a Logística Interna</b>															
2.1 Implementação de Kits e Melhorias de Embalagem															
2.2 Redução de Movimentação através de Mizumashi															
2.3 Definição de Sistema Call Off (Kanban)															
2.4 Revisitar Layout da Área Modelo LOG e WO															
2.5 Treinamento Operacional e mudança de POs															
2.6 Implementação dos PIMs e Auditorias Internas dos Passos 1 e 2															

Figura 4.2 : MasterPlan.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Para acompanhamento do progresso da execução do Pilar, se faz necessário não apenas um cronograma de atividades e responsabilidades, mas indicadores chave de desempenho (KPIs e KAIs) que reflitam à gerência a efetividade dos *kaizens* implementados.

### 4.1.3 KPIs e KAIs

Os KPIs do Pilar foram atribuídos inicialmente com base na capacidade de coleta e estratificação de dados pela equipe. Também seguiram o objetivo e visão da empresa para o desenvolvimento do WCM e visão gerencial do *sponsor* do pilar. São eles:

- a) Níveis dos estoques da fábrica (Matéria Prima, *Working in Process* e *Finished Goods*);
- b) *Lead Time* de atendimento do transporte interno;
- c) Porcentagem do tempo em movimento, parado ligado e parado desligado dos equipamentos do transporte interno;
- d) Saturação dos veículos internos e externos;
- e) Porcentagem de tempo parado das carretas do transporte interno;

Os KAIs foram planejados para visualização do ritmo de implementação do pilar. São eles:

- a) Quantidade de *Kaizen* levantado a partir dos diagnósticos realizados pelo time;
- b) Número de pessoas envolvidas nos projetos;
- c) Itens classificados de acordo com o WCM (%);
- d) Itens em Lógica Puxada (%);
- e) Redução de custo (%);

O KPIs e KAIs foram acompanhados e atualizados mensalmente, mas para preservação dos dados da empresa, não puderam ser divulgados neste trabalho.

Conforme a cartilha de implementação da seção 2.6 e a etapa 4 do estudo de caso de Cauchick-Miguel (2018) foi selecionado a área modelo (piloto) de aplicação das ferramentas WCM.

### 4.1.4 Escolha da Área Modelo

A empresa não começou a implementação do WCM simultaneamente ao início deste trabalho. Antes deste estudo de caso, a área modelo do Pilar Logística foi selecionada a partir do 6º giro do *Cost Deployment* da Fábrica, uma vez que o CD Logístico não estava

implementado. Portanto, na ocasião, as perdas e custos logísticos não foram considerados ou desdobrados.

O 6º giro do CD da Fábrica consistiu em um pareto com os seguintes indicadores de custo: NVAA, Perda de Velocidade, Problemas de Qualidade, Desbalanceamento, Falta de Sincronia, Métodos, Quebras, *Setup*, Excesso de Consumíveis, Treinamentos e Reunião, Ferramental e Consumíveis, Absenteísmo, Falha Operacional, Autonomia, Falta de meios (Ferramentas/Dispositivos) e Inspeções de qualidade. Cada indicador possuía a estratificação de qual gerência era mais relevante e impactante para o custo. Os valores, mesmo em termos percentuais, não puderam ser divulgados neste trabalho.

Na época, foi observado que a maior perda da fábrica era por NVAA (Atividades que não agregam valor) nas gerências de Acabamentos e Aciaria Convencional. Visando atacar o início do processo ao invés do fim, o Pilar WO (que tem por objetivo eliminar e/ou reduzir perdas por NVAA) optou por estabelecer sua área modelo na Aciaria Convencional ao invés dos Acabamentos. Sendo uma das diretrizes do WCM (seção 2.3), o Pilar Logística seguiu o Pilar WO estabelecendo sua área modelo também na Aciaria Convencional. Desdobrando a perda por NVAA dentro dessa gerência, chegou-se que o local com maior perda por NVAA foi no setor de Refratários da Célula 2 da Aciaria Convencional.

A atividade de condicionamento dos refratários dos fornos e de painéis das aciarias é uma atividade manual realizada com materiais muito variáveis e similares de fácil confusão e desorganização pelos operadores. Sendo assim, tanto o Pilar WO quanto o Pilar LCS deram início às suas atividades na fábrica a partir dos Refratários da Aciaria Convencional.

O time do pilar proposto neste trabalho (seção 4.1.1) a partir de um Mapeamento do Estado Atual (seção 4.1.5) verificou que a aplicação dos conceitos do Pilar LCS apenas no abastecimento de Refratários da Aciaria Convencional era um recorte pequeno dos desperdícios logísticos. A frequência de abastecimento dos refratários e a quantidade de material requerido era baixa em comparação com os demais materiais da cadeia de suprimentos das aciarias. Pensando em ampliar o escopo de atuação para se analisar e eliminar mais desperdícios simultaneamente, foi proposto um mapeamento de todo o fluxo de abastecimento da Aciaria Convencional, atacando não só o abastecimento de refratários, mas o de materiais auxiliares e ferro-ligas. Esta expansão da área modelo

proposta no 6º giro do CD da Fábrica foi aprovada pelo *sponsor* do Pilar e qualifica os dados e observações realizadas por este trabalho.

#### **4.1.5 Mapeamento do Estado Atual**

O Mapeamento do Estado Atual foi realizado utilizando da Metodologia 5G o *Gemba* e o *Genjitsu*, além dos conceitos chaves de *Value Stream Map*. Conforme descrito na seção 2.11, a aplicação completa do *Value Stream Map* exige a escolha de uma família de produtos como alvo de melhoria e o acompanhamento de todos os processos dessa família. Devido ao alto mix de produtos da empresa (aprox. 1500 itens) e o recorte da área modelo ser apenas no início do processo (fornos elétricos), foi construído o mapeamento de fluxo de valor considerando todos os estoques que abastecem os fornos da aciaria convencional, independente do produto que será produzido e enviado ao cliente no fim da cadeia produtiva.

O transporte interno da usina é realizado por uma empresa terceira que fornece veículos (tratores, empilhadeiras, caminhões entre outros) para locação bem como os operadores logísticos. Dos veículos locados, nove são compartilhados entre todas as áreas entre eles empilhadeiras, tratores e caminhões poliguindastes para retirada de caçambas. Os veículos compartilhados funcionam através de um sistema de controle de demandas. Todos possuem um *tablet* instalado e um sistema embarcado. Cada área da empresa que necessita de um veículo compartilhado abre um chamado no sistema. Os chamados abertos são filtrados pelo monitoramento com base em grau de urgência e desobstrução das portas dos galpões. Ao todo são sete gerências: Aciaria Convencional, Aciaria Especial, Laminação, Usinagem, Forjaria, Acabamentos e Tratamento Térmico. O transporte de material entre galpões/gerências é realizado através de carretas movimentadas por tratores compartilhados.

A Figura 4.3 (que representa apenas parte da planta) ilustra como funciona as cercas eletrônicas da usina mapeadas no sistema de controle de demandas e telemetria dos veículos compartilhados e não compartilhados.



Figura 4.3 : Cercas eletrônicas da planta.

Fonte: Dados da empresa.

Os materiais envolvidos no mapeamento da área modelo incluem: Matéria Prima (ferro-ligas), Auxiliares (Cal) e tijolos refratários para o reparo e manutenção de painéis e fornos. Cada um destes tipos de materiais está disposto em um local da planta conforme esquematizado na Figura 4.4. No geral os materiais são alocados ou no Almojarifado Central ou a frente das portas das aciarias, onde é chamado de Barreira Acústica. A empresa possui duas células de aciaria onde são realizados o abastecimento dos fornos elétricos com matéria prima e sucata, portanto, a logística atua em dois principais clientes destes materiais: a célula 1 e a célula 2.

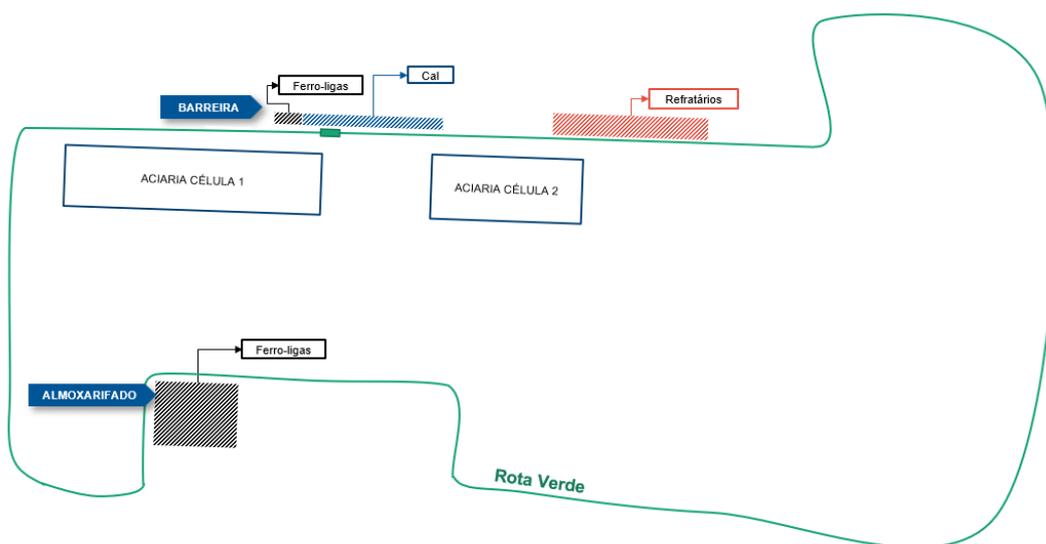


Figura 4.4 : Locações logísticas e Rota Verde.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O transporte de sucata não será abordado neste trabalho. Os materiais ferro-ligas, devido seu alto valor agregado, são descarregados e inspecionados exclusivamente no

Almoxarifado Central. Todos os itens deste grupo funcionam através de lógica puxada, *kanban*, e são transportados pela Rota Verde em fluxo contínuo de abastecimento. Esta rota possui uma carreta de 25 toneladas com cobertura para materiais que não podem ser expostos ao tempo e transporta *pallets* e *bags* entre o almoxarifado e os supermercados também chamados de estoques *kanban* da célula 1 e célula 2. A rota verde realiza quatro eventos por dia em média levando materiais do almoxarifado para a Barreira Acústica. Os materiais refratários e cal são descarregados diretamente na Barreira pelo empilhadeira compartilhado entre todas as portas da rua.

Os Pontos de Uso (PdUs) dentro das áreas podem ser observados na Figura 4.5. O transporte de material entre os estoques da Barreira, o local fixo de parada da Rota Verde e os PdUs é realizado por uma empilhadeira compartilhada entre todas as portas desta rua. Esta empilhadeira não funciona através de um sistema de controle de demandas via *tablet* mesmo sendo compartilhada visando uma comunicação mais direta entre o operador da produção e o operador logístico. Cada área que necessita de abastecimento aciona o empilhadeira através do rádio. Este sistema é contra a metodologia *Lean* e conforme descrito na seção 2.18 configura um Patrulhamento com empilhadeira. Este sistema faz com que o transporte de materiais entre longos percursos ocorra com empilhadeira, equipamento voltado apenas para organização e empilhamento dos estoques, executando várias viagens sem um procedimento padrão de abastecimento e com apenas um tipo de material por vez.

Com base no *Gemba* realizado na área foi desenhado as rotas de abastecimento relacionadas a Célula 1 (Figura 4.5) percorridas pelo empilhadeira durante um dia. Considerando apenas o ponto 1 ao ponto 2 em todas as rotas, o percurso da rota de Ferro-ligas possui uma extensão de 145,9 m com um tempo de movimentação de 3 minutos. Enquanto a rota de cal possui uma extensão de 116,9 m e um tempo de movimentação de 2 minutos e 11 segundos. Por fim, a rota de refratários possui uma extensão de 393,3 m e um tempo de movimentação de 7 minutos e 5 segundos. A frequência com que ocorre a movimentação também pode ser observada na Figura 4.5. O desenho das rotas não está proporcional as distâncias e é apenas representativo.

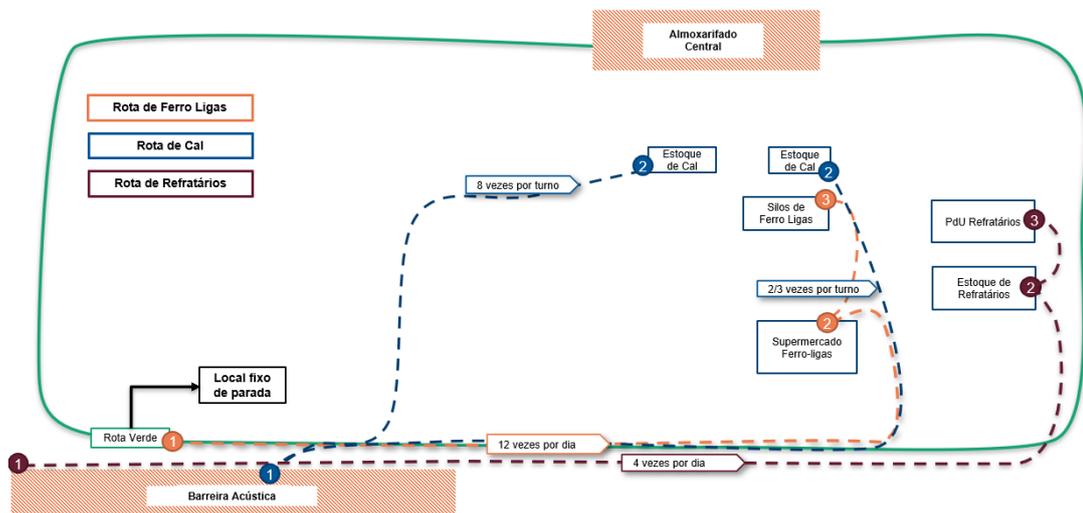


Figura 4.5 : Rotas de Abastecimento da Célula 1.

Fonte: Dados da empresa (2022).

O supermercado da célula 1 (onde ficam armazenadas as ferro-ligas), funciona da seguinte forma: quando o forneiro necessita de uma matéria-prima, ele retira o material do estoque com uma empilhadeira dedicada e movimenta para o ponto 3. Este local possui acesso a ponte rolante, onde ele consegue içar o *bag* com o material e lançá-lo no silo que alimenta diretamente o forno. Ao retirar um material do estoque, o forneiro retira um cartão *kanban* afixado ao material pelo Almoxarifado Central contendo algumas informações como nome do material, peso e item SAP e o armazena em uma caixinha. Quando o empilhadeirista compartilhado da rua descarrega a Rota Verde e armazena um novo material no supermercado, ele retira desta caixinha todos os cartões que foram consumidos e coloca estes cartões em um compartimento da carreta da Rota Verde. Ao voltar vazia para o almoxarifado, esta carreta leva consigo informações do que foi consumido no supermercado e, conseqüentemente, o que precisa ser carregado para a próxima remessa. Este sistema foi implementado na primeira passagem do *Lean* pela empresa, antes da implementação mais recente do WCM.

O supermercado da célula 1 não é um estoque vertical e os *pallets* de material são organizados em baias. Foi observado que a gestão visual do espaço estava comprometida, sem uma identificação clara de onde cada material era armazenado. A posição de cada item no estoque era memorizada pelo empilhadeirista da rua e pelo forneiro, sem haver qualquer identificação visual da posição ou procedimento operacional de abastecimento e retirada.

No sistema *kanban* implementado, se o forneiro retirasse um material do supermercado, ele deveria ser consumido por completo, uma vez que era retirado seu

cartão *kanban* e depositado na caixinha. Contudo, esta prática não estava sendo executada desta maneira. No *Gemba* foi observado diversos *bags* de material abertos no supermercado causados pela retirada do forneiro apenas para completar parte do silo de abastecimento, devolvendo ao estoque *kanban* as sobras. Isto comprometia a gestão dos estoques, causando a impressão de um consumo maior do que o real e gerando um aumento gradual de remessas enviadas pelo almoxarifado que se guiava apenas pelos cartões *kanban* coletados. No geral, são consumidos por dia 12 paletes de ferro-ligas no supermercado.

Um fator que contribui para a dificuldade na implementação de uma gestão visual dos materiais no supermercado era pela proximidade dos fornos. A abertura dos fornos durante o processo de fundição é uma atividade que expõe muitos resíduos no ambiente. Pelo galpão ser fechado, as nuvens de poeira se assentam em toda a região em volta do forno. O forneiro relatou que pinturas duram em média 3 a 4 dias antes de serem completamente cobertas por poeira. Não existia nenhuma rotina de limpeza ou equipamento que fosse eficiente para manter a área limpa e demarcada por um longo período.

As oportunidades *Kaizen* relacionadas a rota de ferro-ligas na célula 1 podem estar em torno do local reservado para o supermercado e sua movimentação para os silos. A necessidade de uma empilhadeira dedicada para essa movimentação é um desperdício uma vez que este equipamento fica grande parte do tempo ocioso, sendo só utilizado para movimentação de material e caçamba. Este equipamento também depende da disponibilidade do forneiro, uma vez que ele tem que fazer esta atividade em paralelo a operação do forno. Outro ponto importante é que o local fixo de parada da Rota Verde fora da área da célula 1 faz com que o empilhadeirista compartilhado execute várias viagens para o descarregamento completo da Rota no supermercado. Um carrinho industrial menor que transportasse apenas ferro-ligas poderia ser estacionado direto na área utilizando um rebocador e ser descarregado por uma transpaleteira elétrica, desocupando o empilhadeirista compartilhado com esta atividade e eliminando a necessidade de uma empilhadeira dedicada que dependa apenas do forneiro.

A rota de cal é uma rota sensível ao processo de fundição. Não existe uma padronização no uso deste material, variando de corrida em corrida para o atingimento da composição química requisitada pelo cliente. No geral, é utilizado duas toneladas de cal a cada duas horas, conforme relatado pelo forneiro durante o *Gemba*.

As oportunidades *Kaizen* relacionadas a rota de cal se resumem a uma entrega mixada de deste material. Existindo muitos tipos de cal que são consumidos rapidamente ao longo do processo (alto giro dos estoques), seria possível implementar uma rota de abastecimento contínuo e rápida com uma comunicação eletrônica entre um *Mizusumashi* e o forneiro. Isto eliminaria o patrulhamento.

A rota de refratários é a menos acionada entre as três, sendo utilizada com base na frequência de montagem de fornos e painéis programada no começo de cada semana. Uma montagem de painel ocorre três vezes por semana e de fornos uma vez por semana na célula 1. Cada montagem de painel exige 12 paletes de material refratário transportados em 6 viagens de empilhadeira. Ao todo são necessários 55min30s para alimentar o estoque pulmão presente na área. Já a montagem de fornos exige 18 paletes de material, transportados em 10 viagens, totalizando 92min30s para o completo abastecimento. A movimentação entre o ponto 2 e o ponto 3 é realizada pela empilhadeira compartilhada da rua. Isto ocorre, pois, a pontrolante que auxilia na montagem de painel está do outro lado do pavilhão, não sendo possível içar o palete do estoque pulmão diretamente para o PdU.

A gestão visual dos estoques também estava comprometida, sem identificação da correta posição dos materiais que eram armazenados com base na memorização do empilhadeirista compartilhado. O estoque também não é vertical e possui sobras armazenadas ao lado de material embalado. Não há sistema *kanban* implementado e a demanda é transmitida via rádio ou comunicação com o empilhadeirista. Os materiais refratários são variados e similares, necessitando de um conhecimento apurado dos operadores logísticos para a não ocorrência de abastecimento incorreto. O estoque presente na Barreira Acústica também não é vertical, sendo separado por baias sem identificação visual.

As oportunidades *Kaizen* relacionadas a rota de refratário está na implementação de uma área de *picking* na Barreira Acústica, impedindo a confusão do material por parte do operador logístico e na sincronização da manutenção de painéis e fornos com o fluxo de abastecimento. Colocando um quadro na Barreira Acústica que reflita as necessidades de abastecimento ao longo da semana, seria possível abastecer em fluxo JIT em apenas uma viagem com um rebocador e uma carreta com vagões. Esta organização no abastecimento poderia ser executada por um *Mizusumashi*.

As rotas de abastecimento da célula 2 podem ser observadas na Figura 4.6.

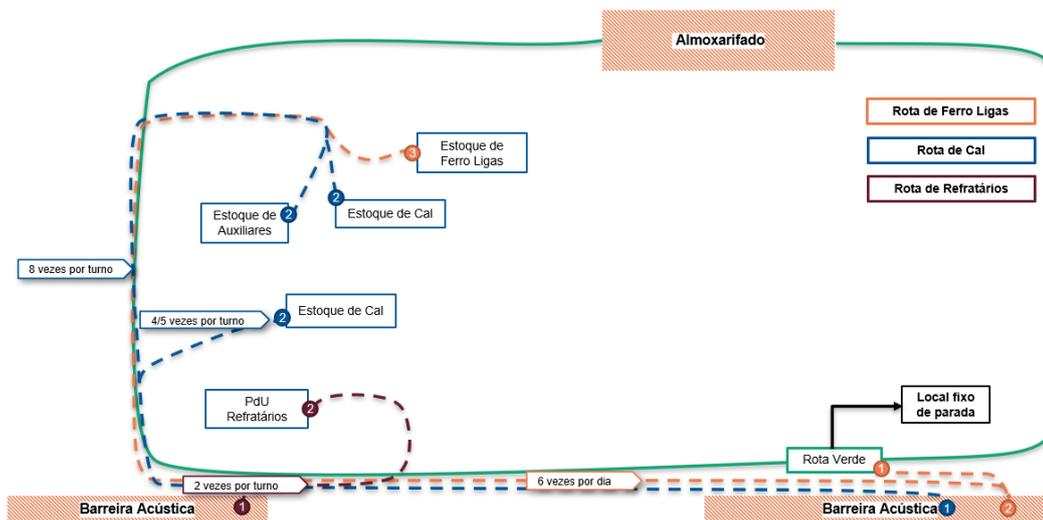


Figura 4.6 : Rotas de Abastecimento Célula 2.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A rota de ferro-ligas na célula 2 segue o mesmo padrão da célula 1. Funciona através de um sistema *kanban* onde o supermercado fica na Barreira Acústica devido a limitação de espaço e layout na área. Isto faz com que o percurso para esta rota seja muito elevado, cerca de 428 m. O tempo de movimentação do Ponto 2 para o Ponto 3 é de 4min40s. A empilhadeira da rua percorre esta rota seis vezes por dia carregando um palete por viagem.

As oportunidades *Kaizen* desta rota estão ligadas a mudança do fluxo de abastecimento. O mesmo fluxo implementado na célula 1 parece não funcionar para a célula 2 uma vez que esta possui um espaço muito limitado para comportar um supermercado de materiais. Além disso, seu consumo de material ferro-liga é cerca de metade da célula 1. Sendo assim, seria possível a implementação de uma rota rápida entre o Almoarifado e o PdU que promovesse um ganho de espaço e reduzisse os *buffers* ao lado dos fornos. Isto implica em um fluxo de abastecimento *Just in Sequence*.

A rota de cal na célula 2 possui três destinos devido ao posicionamento das pontes rolantes. O percurso para execução desta rota mede quase a mesma distância da rota de ferro-liga, entre 311,2 m a 418 m dependendo da porta onde o material é armazenado.

O *Kaizen* desta rota implica em uma mudança de layout na área. Os muitos locais de armazenamento de cal fazem com que seja comprometido o controle dos estoques de material, o que implica em uma má organização do espaço de trabalho. A aplicação de um 5S e 5T dentro da área é fundamental para a melhora deste fluxo.

A rota de refratários na célula 2, diferente da célula 1, é muito curta. Possui um percurso de 96 m com um tempo de movimentação de 2min36s. Esta rota é utilizada com

base na frequência de montagem de fornos e painéis assim como na Célula 1. São montadas quatro painéis por semana e apenas dois fornos por mês. Na montagem de painéis são utilizados 8 paletes em 4 viagens, totalizando 10min24s para abastecer o PdU. Muito abaixo em comparação a célula 1.

Fica evidente a partir desta análise que a área modelo para a implementação das ferramentas do Pilar LCS apenas no fluxo de abastecimento de refratários da célula 2, conforme descrito na seção 4.1.4, é incoerente, uma vez que este processo corresponde a uma pequena parte dos custos logísticos da Barreira Acústica, sendo muito mais notado a execução das rotas de ferro-ligas e cal. Por isso, com os dados e informações coletadas foi possível evidenciar a importância de um mapeamento completo dos fluxos de abastecimento das duas aciarias.

A partir do sistema embarcado na empilhadeira compartilhada entre todas as portas da rua da Barreira Acústica, foi possível visualizar um Diagrama de Espaguete indicando as rotas percorridas ao longo de um dia. O diagrama ilustra a execução das rotas citadas, como também mostra rotas *spot* de demandas não planejadas. Não foi possível divulgar neste trabalho o Diagrama elaborado, apenas sua análise.

Uma das rotas *spot* percorridas pelo empilhadeirista compartilhado se dá por uma ineficiência da Rota Verde. Quando o forneiro necessita de um material importante que só será reabastecido no próximo evento da rota, ele solicita que o empilhadeirista compartilhado se dirija ao Almoxarifado para a retirada de material. Além de ser um percurso muito mais longo, a liberação de material pelo Almoxarifado é demorada, provocando o aumento de NVAA do empilhadeirista.

Para medir a frequência com que as atividades mapeadas ocorrem, foi passado para o empilhadeirista compartilhado o preenchimento de um relatório de utilização de empilhadeiras. Nesta folha, existiam tipos de movimentação pré-definidos, como: Almoxarifado, Rota Verde, Auxiliares da Barreira, Auxiliares da Rota Verde, Ferro Ligas, Material para Descarte, Movimentação na Área e Auxiliar Tijolos Refratários. Quando o empilhadeirista fosse realizar uma movimentação, ele deveria assinalar sobre qual tipo e qual setor a movimentação seria executada, sendo eles: Célula 1, Célula 2 e Lingotamento Convencional (único cliente dos auxiliares da Rota Verde que fica entre as duas células e não foi abordado neste mapeamento). A partir da frequência das movimentações, foi realizado uma cronoanálise de cada uma das rotas nos setores e multiplicado pela frequência com que ocorrem. Desta forma, foi possível medir qual

movimentação é mais impactante na ocupação diária do empilhadeirista. As informações coletadas estão dispostas no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 : Cronoanálise de Movimentações dos Empilhadeiristas.

<b>Tipos de Movimentação</b>	<b>Proporção</b>	<b>Tempo (h)</b>
Movimentação na Área	42,5	7,9
Almoxarifado	26	4,8
Auxiliares da Barreira	10,2	1,9
Descarte	7,0	1,3
Rota Verde	6,9	1,3
Auxiliar Refratário	4,6	0,8
Ferro Liga	2,5	0,5
Auxiliar (Rota Verde)	0,5	0,1
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>18,6</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A empilhadeira compartilhada entre as portas da Barreira Acústica opera 24 horas por dia, 7 dias da semana. Aplicando o método de se monitorar a frequência e cronoanalisar cada atividade em separado, foram mapeados 18,6 horas de operação do dia de uma empilhadeira. Este número é plausível, uma vez que 3 horas do dia a empilhadeira fica parada para refeição, totalizando 21,6 horas mapeadas. As 2,4 horas restantes podem ser referentes a pausas para banheiro, Diálogo Diário de Segurança (DDS) ou variabilidade nos tempos de cada movimentação não previstos nessa análise.

A estratificação das atividades do empilhadeirista mostra que as rotas mapeadas e relacionadas com a área modelo do Pilar correspondem a apenas 24,2% de sua ocupação. O restante deste tempo, em grande parte, ele está realizando uma movimentação dentro das áreas ou indo ao almoxarifado retirar algum material *spot* não transportado pela Rota Verde.

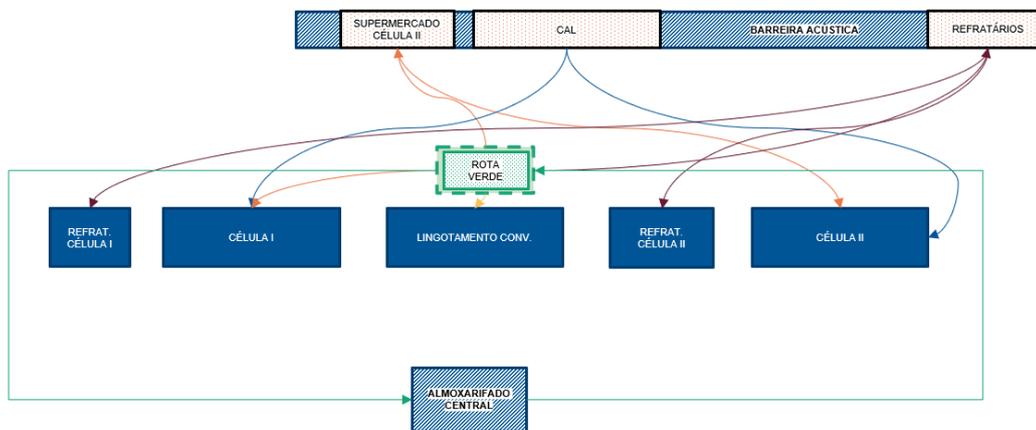


Figura 4.7 : Rotas de Abastecimento atuais Barreira Acústica.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O Mapeamento do Estado Atual (Figura 4.7) foi uma etapa importante do diagnóstico dos fluxos logísticos. O gerenciamento de muitos pontos de armazenamento e PdUs dificulta a viabilidade de melhorias de transporte mixado e *Mizusumashi* uma vez que não há uma linha de processos subsequentes como em linhas de montagem. A execução de 5S e 5T também é um desafio, uma vez que a insalubridade dos PdUs e supermercados devido à proximidade com os fornos afeta qualquer identificação no médio e longo prazo. O abastecimento atual também carece de procedimentos padrão, dependendo muito da memorização dos operadores logísticos e patrulhamento via rádio.

O impacto dos fluxos de abastecimento atuais do estudo depende também de um desdobramento dos custos logísticos (CD Logístico). Este desdobramento deve englobar não apenas a movimentação (*Handling*), mas também os custos com materiais e transporte (frete) no abastecimento. Por isso, como desenvolvimento em sequência deste mapeamento, deve ser realizado um *Cost Deployment* Logístico da fábrica.

#### 4.1.6 *Cost Deployment* Logístico – Materiais

O mapeamento do nível dos estoques nas diferentes localidades da usina é uma atividade manual e rotineira do departamento de Gestão de Materiais. Este 1º giro do CD Logístico abrange Matéria Prima (Ferro-ligas e Sucata Comprada) e Auxiliares (Cal em sua maioria). Tijolos refratários possuem um estoque consignado com o fornecedor e por isso não entram no desdobramento de custos com materiais.

A partir de reuniões com o time da Gestão de Materiais, foi construído a Matriz A com a Identificação das principais Perdas por Estoque (APÊNDICE A). As locações logísticas onde estas perdas ocorrem foram divididas em três macrogrupos: Estoques Primários, Secundários e Buffers. O transporte entre esses três macrogrupos possui relação com as rotas de abastecimento mapeadas na seção 4.1.5.

A identificação das perdas causais e a relação entre causas e efeitos na Matriz B (APÊNDICE B) foi realizado de acordo com a visão da Gestão de Materiais e suas dificuldades diárias no monitoramento e controle dos estoques. Neste trabalho, a Matriz B, tanto no CD de Materiais como de *Handling* e de Transportes, foi utilizada para um levantamento de projetos *Advanced Kaizen* mais assertivos. A valorização da perda ocorreu sobre a Matriz A, uma vez que uma perda resultante pode ter múltiplas causas. Estratificar o valor referente a cada causa seria uma tarefa complexa. Optou-se, portanto, por medir as perdas que são mais sensíveis e táteis a Gestão de Materiais (Matriz A) e levantar os projetos *Kaizen* orientados pelas causas relacionadas na Matriz B.

Visando preservar a confidencialidade e boas práticas com a organização desta análise, não será divulgado a Matriz C com os valores das perdas, nem as famílias de materiais que possuem maior parcela dessas perdas, apenas a proporção em comparação com a perda total. Foi considerado nas três frentes do CD Logístico o período de um ano de compilação de dados para uma maior assertividade dos indicadores.

As principais perdas encontradas na Matriz C estão relacionadas ao Não Cumprimento de Previsão do Consumo, Falta de Estoque e Lote Mínimo. Sendo que 95% das perdas levantadas são de excesso de estoque, 2% falta de estoque e 3% estoque de segurança. O não cumprimento de previsão do consumo ocorre quando a Gestão de Materiais programa o envio de remessas dos fornecedores com base na previsão de consumo informada pelo PCP e *lead time* de entregas, mas o consumo se comporta diferente do planejado durante o processo. Isto ocorre por Falta de Acuracidade do Budget, conforme relacionado na Matriz B. O estudo deste fenômeno em um projeto *Advanced Kaizen* não será abordado neste trabalho, mas foi observado que existe um *gap* na integração entre os departamentos de Compras, PCP, Produção e Gestão de Materiais provocando uma baixa acuracidade do consumo dos estoques.

Simultaneamente a execução deste *Cost Deployment*, foi analisado os custos relacionados a movimentação dos materiais entre estoques da usina (incluindo das rotas mapeadas na seção 4.1.5 entre muitas outras.

#### 4.1.7 *Cost Deployment Logístico – Handling*

O desdobramento das perdas relacionadas a *Handling* ocorreram a partir de uma extração e compilação de dados do sistema embarcado nos veículos do transporte interno. Os detalhes das perdas resultantes foram debatidos entre o time, contendo forte relação com a visão operacional e gerencial de desperdício. Ao todo foram compilados seis relatórios do sistema para verificar quanto tempo era perdido pelos veículos locados durante suas atividades. O sistema embarcado possui todas as portas da empresa, áreas e galpões mapeados em cercas eletrônicas, o que facilitou para o entendimento de onde a perda logística ocorre com mais frequência e tempo. Com base nessas informações, foi construído a Matriz A (APÊNDICE C).

Em reunião com as áreas clientes da logística interna e a operação, foi atribuído a causa e efeito de cada perda resultante medida dos sistemas embarcados. Com isso, foi construído a Matriz B (APÊNDICE D).

Com a quantidade de horas levantadas, para cada veículo foi estipulado uma tarifa horaria com base no custo de locação do veículo, custo da mão-de-obra e turnos que operam. A eficiência logística no *handling* varia conforme as características dos materiais movimentados dentro de uma empresa sendo os principais parâmetros dos materiais: volume e peso transportado. Se tratando de uma usina onde são movimentados materiais metálicos (barras, feixes, *bags*, peças, bobinas, etc.) de alta densidade e, conseqüentemente, peso, para o calcula da saturação dos veículos, medição que visa verificar se o veículo está realizando viagens saturado (como o máximo de sua capacidade) ou dessaturado (abaixo de sua capacidade) foi considerado apenas o peso transportado e não o volume nesta análise.

A valorização das perdas na Matriz C do *Handling* não pôde ser divulgada em concordância com a gerência da empresa, contudo, as principais perdas do pareto incluem a dessaturação dos veículos, o NVAA dos operadores logísticos e o retrabalho. A dessaturação acontece quando se tem um veículo de grande capacidade para o transporte de materiais leves e/ou pequenos. Este é um indicativo de que o modal utilizado para o transporte entre áreas na usina pode estar equivocado. O NVAA dos operadores logísticos e dos equipamentos também é um indicador de destaque. Para se verificar o tempo

perdido com este indicador, foi medido através do sistema o tempo parado ligado dos equipamentos. Este indicador elucida uma burocratização da transferência de materiais que afeta o processo logístico. Nisto inclui exemplos como: inspeção e pesagem de materiais, liberação para entrada e saída de áreas, comunicação entre área e operador logístico, entre outros fatores que impactam os fluxos logísticos. Estes processos são vitais para uma logística assertiva (evitando retrabalhos), mas afetam a eficiência dos operadores e equipamentos.

Os projetos *Advanced Kaizen* desses dois indicadores, dessaturação dos veículos do transporte interno e NVAA dos operadores logísticos, não foram trabalhados nesta dissertação, mas o autor participou de sua estruturação e execução que se baseou neste *Cost Deployment*. Os indicadores gerados por esse desdobramento também corroboram para as observações realizadas na seção 4.1.5 sobre a necessidade da mudança dos fluxos logísticos e equipamentos utilizados na cadeia de suprimentos.

Após a verificação dos níveis de estoque dos materiais e as perdas com materiais, a verificação das perdas pela movimentação interna dos materiais. Se faz necessário o desdobramento dos custos com o transporte desses materiais, seja no abastecimento com matéria prima ou escoamento do produto acabado.

#### **4.1.8 Cost Deployment Logístico – Transportes**

A estratificação de perdas logísticas relacionadas a transportes foi uma tarefa manual e mais demorada em comparação aos outros dois CDs. Os custos deste grupo estão relacionados com todas as transportadoras que realizam o transporte *inbound* (abastecimento) e *outbound* (escoamento) da empresa. Estes custos eram lançados no sistema ERP, mas com um baixo grau de estratificação e detalhamento. Foi necessário o alinhamento com as transportadoras para a criação de indicadores paralelos aos relatórios extraídos do ERP. Isto envolveu analisar o campo de observação de cada pedido, verificar todos os custos adicionais do ano fiscal item a item e amadurecer o entendimento das contas relacionadas a logística externa da empresa.

Na construção da Matriz A (APÊNDICE E) foi promovido um debate entre todo o setor de logística sobre quais perdas na ótica do WCM é possível observar no processo. Não foi levado em conta a capacidade atual de estratificação e coleta de dados dessas

perdas, apenas uma análise qualitativa. Após isso, foi definido três macro locações/rotas logísticas, sendo elas: a própria logística (frota própria), áreas produtivas (frete para consumo *spot* de itens e industrialização de produtos) e escoamento (rotas para clientes, porto, aeroporto, etc.). Após a identificação das perdas, com base nos relatórios do ERP foi possível verificar os clientes, fornecedores e rotas onde as perdas mais ocorrem.

Foi então promovido outro debate entre a equipe para o levantamento das causas e suas relações com as perdas resultantes mensuradas afim de se construir a Matriz B (APÊNDICE F).

Após as perdas levantadas, a verificação dos fornecedores, clientes e rotas e as perdas causais, a valorização da perda se deu de forma natural a partir de filtros nos relatórios do ERP. As principais perdas logísticas de transportes se dão pela Baixa Saturação dos Veículos, Custo com Escolta e Itens de Travamento de Carga.

Os projetos *Kaizen* relacionados a esses indicadores não foram considerados neste trabalho. A estratificação dos custos logísticos amadureceu os controles internos da empresa provocando melhorias no ERP para visualização de custos adicionais de transporte. Estes custos são gerados por ineficiências no processo de carregamento e descarregamento, falta de ferramentas de controle e janela de remessas, obstrução de portas dos galpões e falta de previsibilidade de carregamento e faturamento.

Após a execução completa do *Cost Deployment* Logístico e todas as outras atividades de investigação realizadas na execução do Passo 0, se fez necessário a exposição dos dados e indicadores levantados por meio de um Quadro do Pilar presente na área.

#### **4.1.9 Quadro do Pilar**

O posicionamento de um quadro do pilar próximo a área modelo é a etapa final do Passo 0. Um quadro do WCM é um ambiente para compartilhar as atividades e resultados do pilar e promove a utilização de ferramentas de projeto como: cartões *Kanban*, reporte de *tags* de anomalias no espaço de trabalho, posicionamento de *Quick Kaizens* em *One Page* para a divulgação de projetos da operação e outros tipos de interação entre a produção e a gerência do pilar.

O principal objetivo é envolver as pessoas para compartilhar padrões e melhorar o acesso à informação, além de servirem para apresentações dinâmicas em auditorias. Um

quadro de pilar fornece um *overview* das atividades do Pilar Logística na planta. Devem ser posicionados em um local visível, frequentado e acessível a partir de informações colhidas do *Gemba*.

Em uma aproximação com o Pilar WO, foi decidido que a melhor área para o posicionamento de um quadro do Pilar Logística seria em um local onde tanto os operadores logísticos pudessem acessar quanto os operadores da produção. Sendo assim, foi posicionado um quadro na Barreira Acústica, onde os operadores fazem pausas para ir ao banheiro ou beberem água. O local também é muito frequentado pelos supervisores e gestores da operação, sendo uma das únicas rotas de acesso aos escritórios, Figura 4.8.

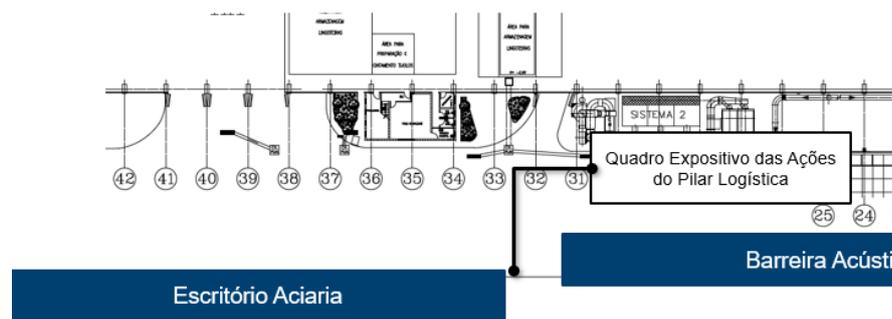


Figura 4.8: Posição do Quadro do Pilar.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Após a escolha do local, foi pensado nas informações que poderiam ser divulgadas em um quadro expositivo (Figura 4.9). Metade do quadro foi dedicado a divulgação da gestão do pilar visando a exposição do time, visão, objetivos e metas do Pilar, o *MasterPlan* e os indicadores KPIs e KAIs. A outra metade do quadro foi dedicada a interação com a operação através do reporte de anomalias (visando transformar cada operador em um auditor de 5S), um campo para envio de ideias, outro para exposição de projetos em andamento e, por fim, um campo dos resultados atingidos.



Figura 4.9: Layout do Quadro do Pilar.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Outros passos do pilar podem utilizar deste quadro ou de outros para a implementação de projetos. A manutenção e atualização do quadro se deu de forma semanal. Não foi implementado uma solução digital de imediato, pensando na utilização de TVs e computadores, uma vez que a área escolhida é exposta ao tempo e uma solução deste tipo demandaria um maior custo.

#### 4.2 PASSO 1: Re-engenharia da Linha

A Re-engenharia da Linha visa identificar e compreender a necessidade do cliente (produção) para reduzir o estoque e o *lead time* (quando possível). A característica principal deste passo é estruturar as ações que serão desdobradas nos passos seguintes através de um mapeamento do estado futuro e aplicação de ferramentas que garantam a organização dos estoques para a implementação dos *kaizens*.

As ferramentas aliadas deste passo foram: Classificação de Materiais WCM e entendimento das locações logísticas, execução de um *Plan for Every Part*, definição de layout de estoque, mapeamento do estado futuro e execução do 5S e 5T nas áreas de ação do Pilar.

#### 4.2.1 Mapeamento do Estado Futuro

O Mapeamento do Estado Futuro foi realizado através de uma reunião entre pessoas-chaves do processo de abastecimento da área modelo. Foi reunido o Supervisor da Gestão de Materiais, os Técnicos de Produção das Células 1 e 2, o líder de produção de refratários das células 1 e 2, os forneiros (clientes diretos do abastecimento) e o Coordenador de Operações do Transporte Interno. Apresentando os *gaps* e dados coletados no Mapeamento do Estado Atual, foi discutido em conjunto as soluções do fluxo de abastecimento aplicando os conceitos do WCM.

Como observado na seção 4.1.5, as oportunidades nas áreas de atuação envolvem a padronização do abastecimento dos PdUs em um sistema que melhore a eficiência dos equipamentos logísticos utilizando os conceitos de *Minimum Material Handling* (MMH). Isto envolve a implementação de transporte mixado de materiais, identificação dos materiais, definição de layout e um sistema *Call Off* robusto e de fácil entendimento dos operadores.

As rotas de abastecimento de ferro ligas, auxiliares e cal são executadas sumariamente por empilhadeiras. Do conceito de *Minimum Material Handling*, a função principal da empilhadeira é empilhar e não realizar transporte. Uma de suas principais desvantagens para este tipo de atividade é o transporte de apenas um tipo de material por viagem. Sua principal vantagem, porém, tem relação com a capacidade de transportar o material até um local e organizá-lo/armazená-lo, seja empilhando ou mesmo posicionando no layout determinado. Analisando pela ótica do MMH e visando a redução de movimentação, notou-se que o transporte de materiais através da Rota Verde, carreta grande (25 ton de capacidade) com local fixo de parada, fora das áreas produtivas é um problema.

Isto porque o descarregamento de todo material transportado pela Rota Verde é realizado pela empilhadeira compartilhada. Seu local fixo de parada é longe dos PdUs (Célula 1 e 2) fazendo com que a empilhadeira viaje longos percursos para abastecer os estoques das áreas carregando um ou dois *pallets* por vez. Além disso, a Rota Verde executa de três a quatro eventos por dia, levando em torno de seis a oito horas por evento. Isto faz com que seja necessário carregar mais *pallets* por viagem devido ao longo espaçamento entre eventos, o que acarreta mais material armazenado nas áreas e mais viagens de empilhadeira descarregando a carreta nos supermercados. Este efeito também é observado no Quadro 4.1 em que a partir da cronoanálise realizada observou-se que

26% do tempo disponível do empilhadeira compartilhado é destinado a ida ao Almojarifado. Isto ocorre quando uma corrida de fundição dos fornos necessita de um material que não está no supermercado no momento da fundição e demorará horas até o próximo evento da Rota Verde para o abastecimento. A falta de versatilidade e velocidade do abastecimento de ferro-ligas compromete a execução eficiente do *handling*.

Analisando o Quadro 4.1 novamente, nota-se que as áreas possuem certa dificuldade no manuseio dos seus próprios materiais. 42% das atividades do empilhadeira compartilhado envolvem a movimentação interna das áreas, mesmo a Célula 1 possuindo uma empilhadeira dedicada.

Visando atacar este problema de movimentação interna das áreas e a otimização da Rota Verde, as oportunidades *kaizen* estão em:

- 1) Célula 1: Melhorar a autonomia da área na movimentação de seus próprios materiais utilizando uma solução que seja aplicável tanto para a movimentação de ferro ligas, quanto para a movimentação de refratários. É nítido que mesmo possuindo uma empilhadeira dedicada para o transporte de material entre o supermercado e os silos, a célula 1 necessita de uma forma mais versátil de movimentação interna e que também atenda a necessidade da área de refratários.
- 2) Célula 2: Otimizar o layout para armazenamento dos materiais em locais únicos para ferro ligas, auxiliares e cal diminuindo a quantidade de pontos de armazenamento. O posicionamento dos PdUs em locais de fácil acesso a ponte rolante melhoraria a movimentação interna dos materiais não dependendo mais da empilhadeira compartilhada.
- 3) Rota Verde: Desmembrar em três rotas funcionando em sistema *Just in Sequence* (JIS) para auxiliares do Lingotamento Convencional e ferro-ligas da Célula 2 e *Just In Time* para abastecimento de supermercado na Célula 1. Isto retiraria o supermercado da célula 2 na Barreira Acústica promovendo um ganho de espaço para armazenamento. Com a utilização de carretas menores e articuladas seria possível realizar mais viagens estacionando dentro das áreas onde ocorreria o descarregamento sem a necessidade de uma empilhadeira. Isto implicaria em menos movimentação com empilhadeiras e mais versatilidade nas viagens.
- 4) Rota de Refratários: Utilizando de carretas articuladas, seria possível realizar o transporte JIS com *Mizusumashi* com base na programação de montagem de painéis e fornos semanal e a sequência de utilização dos materiais refratários. A montagem de refratários de painéis e fornos é demorado, portanto o

abastecimento poderia ser executado gradualmente, diminuindo o *buffer* ao lado do posto de trabalho.

- 5) Rota de Cal: Implementação de um *Kanban* virtual para cal com *lead time* baixo de entrega. A utilização de Cal nas corridas não possui uma previsão assertiva, variando de corrida a corrida com base na formação de escória requerida no processo. Logo seu abastecimento deve ocorrer em fluxo JIT, na hora e quantidade certa.

O desafio na implementação das melhorias propostas se encontra em projetar carretinhas com vagões para materiais pesados. Diferente de linhas de montagem, o *pallet* mais leve da usina pesa uma tonelada o que torna o transporte mixado de muitos materiais um problema de engenharia de fábrica.

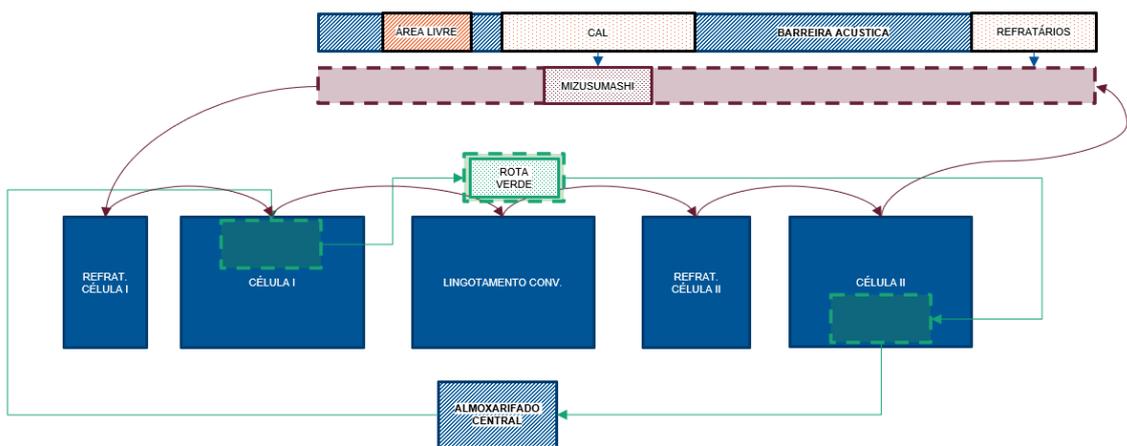


Figura 4.10: Novas rotas de Abastecimento Barreira Acústica.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

As soluções propostas estão evidenciadas na Figura 4.10. O próximo passo antes da execução dos *kaizens* propostos é a padronização e organização dos postos de trabalho a serem abastecidos. Para isto, se foi executado um 5S e um 5T.

#### 4.2.2 Aplicação do 5S

Para garantir a implementação das soluções propostas no Mapeamento do Estado Futuro, se faz necessário a garantia da organização e limpeza dos estoques por meio do 5S. Conforme descrito na seção 2.12:

- 1) *SEIRI* (senso de utilização): Foi realizado um mapeamento de todos os materiais presentes nas áreas (célula 1 e 2) e na Barreira Acústica. Dessa forma, foi

identificado diversos materiais e equipamentos que obstruíam os estoques e causavam a impressão de ter pouco espaço para armazenamento. Esta ação promoveu um ganho de 30 m<sup>2</sup> de armazenamento.

- 2) *SEITON* (senso de organização): Estudando outros pontos de armazenamento dos materiais nas áreas juntamente do Pilar WO, foi definido que o local na célula 1 para o supermercado é o mais apropriado, contudo foi remanejado os locais da célula 2 para atendimento do Mapeamento do Estado Futuro. Para se manter o layout organizado foi necessário a pintura dos pontos de armazenamento em *epoxy* para manter a demarcação mesmo com a degradação intensa provocada pelos fornos.
- 3) *SEISO* (senso de limpeza): A limpeza do ambiente após a implementação do *epoxy* se tornou mais fácil, porém necessitou da aquisição de equipamentos de ar comprimido. Uma vez que não foi possível a mudança de embalagem (*pallets* de madeira) e não é possível eliminar a fonte de sujeira proveniente dos fornos, se fez necessário a aplicação do *seiketsu* para a manutenção constante da limpeza;
- 4) *SEIKETSU* (senso de padronização): Foi desenvolvido um cronograma de limpeza que deve ser seguido pela empresa terceira que realiza o transporte interno nas áreas de armazenamento da logística, supermercados e PdUs. A demarcação dos PdUs juntamente com um treinamento é fundamental para a manutenção das implementações do Passo 2 ;
- 5) *SHITSUKE* (senso de disciplina): Para o senso de disciplina foi organizado reuniões mensais entre a gestão do pilar, a célula 1 e 2 e o Coordenador de Operações visando compreender as dificuldades na aplicação do 5S no decorrer do tempo e *follow up* constante do estado dos PdUs e pontos de armazenamento.

### 4.2.3 Aplicação do 5T

A aplicação do 5T é o aprofundamento do senso *SEITON*. Sua implementação deve ocorrer na empresa após a entrega deste trabalho em decorrência do tempo disponível e planejado no *MasterPlan*. Por isso, será enfatizado a seguir apenas o planejamento da aplicação do 5T, sem o relato de sua implementação, sucesso ou dificuldades.

Para a aplicação de cada um dos T's foi discutido que para o:

1. *Tei-ji* (Rota fixa): Precisa-se definir os novos percursos logísticos debatidos no Mapeamento do Estado Futuro juntamente com a operação e o que seria

necessário para sinalizar esses percursos nas áreas. A sincronização dos fluxos logísticos com a movimentação interna das áreas é essencial para a não interrupção do fluxo em sequência de ferro ligas e auxiliares refratários. Devido a degradação acelerada de pinturas nos PdUs e ruas, a utilização de faróis e tachões reflexivos podem ser utilizados para solucionar este problema. Foi debatido a possibilidade da utilização de projetores que gerem as faixas de pedestre e fluxo das carretinhas nas áreas como forma de impedir que a degradação acelerada afete o *Tei-ji*.

2. *Tei-ichi* (Local fixo): A indicação dos locais de abastecimento pode ser realizada com placas de identificação e pintura *epoxy*. Essas placas seriam instaladas em uma estrutura metálica ao fundo dos estoques para facilitar a limpeza e iluminação. Isto substituiria o varal com placas que é utilizado atualmente para identificação das baias do supermercado da célula 1 que promove a ocorrência de acidentes ao expor o operador logístico ao risco quando vai retirar material do supermercado.
3. *Tei-hyouji* (Display padronizado): A implementação de um *display* padronizado em um estoque não vertical é um desafio. Tanto na Barreira Acústica quanto nos PdUs não existem estoques verticais, apenas no Almoxarifado Central. Para tal implementação deve-se ocorrer uma padronização da embalagem. Neste caso, tanto ferro ligas, auxiliares e refratários a embalagem para transporte são os *pallets* de madeira. A execução correta do *Tei-hyouji* exigiria a mudança de *pallets* de madeira por *pallets* metálicos ou poliméricos onde fosse possível a implementação de RFID em cada pallet ou código de barras. Dessa forma seria possível rastrear o que cada *pallet* possui de material. Este sistema seria caro e de baixa viabilidade, contudo proporcionaria um *Kanban* com maior automação e um rastreo fácil e rápido de todos os itens dos estoques.
4. *Tei-ryou* (Quantidade fixa): Para cada PdU, supermercado e ponto de armazenamento deve ser sinalizado a lotação mínima, média e máxima. A gestão da quantidade nos supermercados é essencial para a visualização do nível dos estoques. Utilizando um sistema de cores na pintura das áreas seria possível evidenciar as quantidades máximas de cada item.
5. *Tei-shoku* (Cores padronizados): Com a finalidade de prevenir erros, deve-se utilizar um padrão de cores. Isto já é utilizado hoje pela empresa nas suas rotas de transporte interno. Cada carreta nova implementada deve ser pintada por uma cor e esta cor deve ser exposta no desenvolvimento do *Tei-ji* na área.

A aplicação do 5T exige um maior investimento que a aplicação do 5S. Isto porque o 5T visa melhorar a visualização dos fluxos no chão de fábrica, um dos maiores desafios da gestão visual de uma usina em processos insalubres, e melhorar o rastreio dos itens no estoque. Uma vez que a gestão de materiais executa esta atividade diariamente para a compra e programação de remessas de materiais caros e volumosos da usina, a automação exigida ainda necessitaria do time da gestão de materiais, não apresentando ganhos consideráveis do processo realizado hoje.

Após a Re-engenharia da Linha proposta, o Passo 2 configura a execução dos pontos levantados no Mapeamento do Estado Futuro referentes as mudanças nos fluxos de abastecimento, isto é, uma redefinição da logística interna para promover redução de estoque e aumentar a eficiência do equipamento logístico.

### **4.3 PASSO 2: Redefinição da Logística Interna**

A Redefinição da Logística Interna visa reduzir o material dentro do processo, melhorar o abastecimento e o posto de trabalho eliminando ou reduzindo a movimentação por empilhadeiras. A característica principal deste passo é a implementação de lógica puxada no fluxo de material, garantindo FIFO (*First In, First Out*) através de *Picking Areas*/Supermercados/*Kanban* em combinação com desenvolvimento de equipamentos como carrinhos e *flow-racks*. Este passo se encontrava em etapa de planejamento durante o desenvolvimento deste trabalho, portanto será explorado nas seções seguintes como pode ser a implementação das melhorias e as dificuldades que podem surgir na operacionalização das ideias propostas. Logo, no estudo de caso a descrição das etapas seguintes englobará até a etapa 3 do estudo de caso descrito por Cauchick-Miguel (2018) e presentes na seção 3.2.

As ferramentas aliadas deste passo foram: Diagrama de Espaguete, *Kanban*, *Picking Areas*, Supermercados, *Kitting*, Sequenciamento, *Mizusumashi*, *Poka Yoke* e Gestão Visual nas áreas.

#### **4.3.1 *Picking Areas***

Para os novos percursos logísticos definidos na seção 4.2.1 será necessário melhorias nas áreas de *picking*. Atualmente o almoxarifado central possui uma mesma área para carregamento e descarregamento de material (seja no recebimento ou no transporte interno), o que contribui para a Rota Verde realizar menos eventos diários do que deveria. Outro ponto que influencia na frequência da Rota é a dependência da disponibilidade dos tratores. Toda transferência de material em carretas da usina é realizada através de tratores compartilhados entre as áreas, seja na movimentação de matéria prima (rota verde), produto semi-acabado, produto acabado e sucata (demais rotas). Isto faz com que uma demanda se sobreponha a outra durante o cumprimento de chamados dos tratores.

A mudança de modal para as novas rotas JIS e JIT é importante neste caso uma vez que a forma de se transportar material semi-acabado e acabado (não paletizado) é diferente de matéria prima (paletizada). A matéria prima, seja auxiliares ou ferro ligas, é empilhável e não necessita de um transporte interno em carretas convencionais.

Para um abastecimento versátil e alinhado a implementação de carrinhos industriais, será necessário na área de *picking* uma gestão visual do que será carregado e das rotas que serão abastecidos em sequência. Abastecer os carrinhos na hora certa implica diretamente no cumprimento dos horários das rotas JIS que é por natureza uma rota rápida, de baixo *lead time*.

#### **4.3.2 Implementação de Sistema *Call Off***

O sistema *Call Off* atual de cartões *Kanban* supre as necessidades da Célula 1, mas não as da Célula 2. Visando eliminar o rádio e, conseqüentemente, o patrulhamento, será necessário a implementação de um controle de demandas rápido e ágil. Ao observar a programação diária das corridas da Célula 2, a gestão de materiais deve possuir um sistema que crie automaticamente a demanda de abastecimento para cada corrida. Este sistema, seja virtual ou com ação humana, deve operar 24 horas por dia e 7 dias da semana visando a não ocorrência da falha no abastecimento e a parada do forno. Com a programação e os itens a serem consumidos, será possível um abastecimento mais dinâmico da célula.

Os cartões *Kanban* da célula 1 devem ser substituídos por cartões virtuais. Isto é, ao retirar um cartão de um material do supermercado e transportar para o silo, a Gestão de Materiais deve ter o conhecimento imediato, evitando o tempo de atravessamento da rota

para se obter informações do consumo no supermercado. Isto implicaria em uma maior agilidade no *picking* para separação dos itens que serão abastecidos na próxima remessa.

Para a rota de cal será necessário um sistema de pedidos similar ao de fast foods. Com um lead time baixo e alto consumo, a velocidade de ação do *Mizusumashi* deve ser rápida, ao mesmo tempo que a quantidade de pedidos acumulados até o transporte da carretinha deve ser baixo. Este balanço depende de testes e acompanhamento constante da operação para a não parada dos fornos.

A rota de refratários mesmo que pouco utilizado também deve possuir um sistema similar ao promovido para a rota de cal. Com o sequenciamento das panelas e fornos a serem montados na semana, o abastecimento deve ser sequencial e gradual.

Estas ações e mudanças promoveriam um transporte mais assertivo e eliminaria a necessidade de patrulhamento. O segredo está em uma maior autonomia das áreas na movimentação de material promovido por uma transpaleteira elétrica e um *Mizusumashi*.

#### **4.3.3 *Mizusumashi***

Para a execução das rotas de refratários e cal se faz necessário um *Mizusumashi*. Este operador logístico ficaria a cargo de ter o controle dos *buffers* de cal e refratários e seus abastecimentos constantes com base nas demandas. Para agilidade, as atividades do *Mizusumashi* precisam ser bem orquestradas ou este ficará responsável pela separação de pedidos e pelo transporte. Estas duas atividades podem se sobrepor e impedir que ele entregue os materiais no ponto exato e hora exata. O local de armazenamento de cal também é importante pois dependendo da posição, por segurança, o *Mizusumashi* não teria acesso a transpaleteira elétrica. O mesmo vale para a rota de refratários da célula 2 que fica em um local distante do armazenamento de cal e ferro-ligas. Logo, ou a carretinha com vagões deste operador necessitaria de um desacoplamento ágil para deixar o material na área ou o rebocador precisaria possuir garfos e/ou mecanismos para o descarregamento dos *pallets*. Estas saídas necessitam ser debatidas com os engenheiros de fábrica e fornecedores.

O transporte de ferro-ligas da célula 1 e 2 podem ser executados por um mesmo operador logístico com rebocador que faria sempre a mesma rota. A diferença para a rota

verde atual é que este operador entraria dentro das áreas onde teria acesso a uma transpaleteira elétrica para realizar o descarregamento da rota.

Estas mudanças são necessárias para garantir o transporte JIT e JIS e necessitam de treinamento e aquisição de carretas, locação de novos equipamentos e desmobilização de outros. A mudança nos fluxos de abastecimento promoveria fluxos mais assertivos e controlados que vão de encontro aos princípios do WCM e *Lean Manufacturing*.

#### **4.4 Breve Resumo do Capítulo**

Neste capítulo foram apresentados a implementação dos Passos 0, 1 e 2 do Pilar LCS do WCM. A aplicação das ferramentas descritas no Capítulo 2 em concordância com os procedimentos da seção 3.2 garantiram um estudo de caso com detalhes do processo e promoções de melhorias. Os diagnósticos do Passo 0 trouxeram luz a problemas desconhecidos pela gerência que levaram a uma re-engenharia do fluxo de abastecimento (Passo 1) e redefinição da logística interna (Passo 2).

## **5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este capítulo tem por objetivo apresentar as conclusões e considerações finais do estudo realizado. Por meio da leitura da dissertação é possível identificar importantes observações sobre os processos logísticos do objeto de estudo, bem como evidências de um estudo de caso que promove possíveis estudos futuros.

## 5.1 Conclusões

Para o desenvolvimento deste trabalho, se estabeleceu a problemática de pesquisa:

“Como aplicar a metodologia do *World Class Manufacturing* (WCM) para diminuição de perdas logísticas em uma aciaria no processo de abastecimento de fomas a arco e refratários de painéis?” Com a proposta elaborada, pode-se concluir o desenvolvimento da problemática analisada no Capítulo 4, os conceitos do Pilar Logística e Planejamento (LCS) do método WCM, promove a redução de estoque ao lado das máquinas e operações, reduz movimentações do operador logístico e melhora a eficiência dos equipamentos de transporte. O problema de pesquisa foi desenvolvido através da aplicação de algumas ferramentas *Lean* como Metodologia 5G, *Value Stream Map*, *Cost Deployment* entre outros que contribuíram para o **problema de pesquisa ser desenvolvido**.

Com isso, é possível inferir que o objetivo geral deste trabalho no desenvolvimento de um estudo da aplicação do WCM para diminuição das atividades que não agregam valor e redução dos custos logísticos com impacto positivo na produção de uma siderúrgica **foi alcançado**. A promoção de fluxos mais assertivos e controlados de produção diminui a variabilidade do processo e aumenta a confiabilidade das cadeias de suprimentos.

Quanto aos objetivos específicos, também, foram atingidos, considerando as observações:

- a) A partir da fundamentação teórica apresentada no Capítulo 2 deste trabalho bem como o acervo de ferramentas *Lean* abordados, foi possível realizar a investigação, observação do processo, análise de documentos, estruturação do pilar, planejamento de projetos e execução dos conceitos na prática que contribuíram para a redução dos estoques ao lado da linha e redução dos custos

logísticos pela eliminação de atividades que não agregam valor e são contra os princípios do *Lean* – **foi alcançado**;

- b) A identificação das principais perdas logísticas relacionadas ao processo de troca de refratários em panelas e abastecimento de ferro-ligas em fornos foi analisado com base no Mapeamento do Estado Futuro e os Desdobramentos de Custos – **foi alcançado**;
- c) Com as ferramentas e identificação das principais perdas, a elaboração de um plano de ação descrito e em parte executado na implementação dos Passos 0, 1 e 2 do Pilar Logística do WCM – **foi alcançado**;
- d) A relação do plano de ação (item c) com as perdas logísticas levantadas (item b) foi estabelecida por meio do Mapeamento do Estado Atual e o Mapeamento do Estado Futuro trazendo luz ao problema e também a solução em um mesmo trabalho – **foi alcançado**.

Portanto, **o objeto geral e os objetivos específicos do trabalho foram atingidos**.

O estudo da utilização da Manufatura de Classe Mundial e Manufatura Enxuta em uma empresa do segmento de transformação, de acordo com os objetivos apresentados para esta pesquisa, teve como demanda uma contextualização histórica e teórica, a fim de comprovar a efetividade da aplicação das ferramentas de melhoria contínua na gestão de estoques e fluxos de abastecimento dentro do sistema organizacional observado.

O desenvolvimento deste trabalho, ocorreu a partir do levantamento de fontes teóricas sobre o tema abordado, a fim de oferecer um embasamento para os conceitos apresentados e articulados. Posteriormente, foi realizado um estudo de campo da organização a fim de identificar as maiores e mais significativas perdas relacionadas ao processo analisado. Com eles identificados, iniciou-se o estudo de como seriam aplicados os conceitos obtidos bem como os passos dos pilares do WCM que poderiam ser abordados no trabalho.

Nesta pesquisa, o objeto de estudo consistiu em como seria a aplicação e implementação dos conceitos do Pilar LCS do WCM no abastecimento de matéria prima de fornos e refratários de uma aciaria. Diante do desafio identificado, o problema de pesquisa (a aplicação efetiva de três passos do Pilar) passa então a ser observado, discutido e respondido; voltando-se assim para o estudo de caso proposto: implementação, aplicação e desenvolvimento do Pilar Logística do WCM.

Ao comparar os objetivos citados com os resultados alcançados, a aplicação dos conceitos do *World Class Manufacturing* e *Lean Manufacturing* evidenciaram o potencial de redução de atividades que não agregam valor e de custos logístico, foco do estudo. Sendo assim, conclui-se que o trabalho foi bem desenvolvido.

## **5.2 Considerações Finais**

Considera-se que o estudo de caso realizado neste trabalho é fruto de cinco meses de implementação da metodologia utilizando as ferramentas *Lean* e são partes fundamentais da jornada do WCM na empresa em busca do Selo Bronze (primeiro degrau de reconhecimento pelo sucesso de implementação do WCM).

É possível concluir que, apesar da metodologia ter sido desenvolvida para empresas do setor automobilístico, ela é capaz de ser aplicada em todo o ramo industrial, inclusive no segmento de transformação. Seu método próprio e estruturado em 7 passos, torna sua abordagem de resolução de problemas eficaz ao que se espera em uma organização, que é a redução de custo de processo alicerçado com baixo investimento.

O maior desafio, contudo, está no cumprimento do *MasterPlan*, uma vez que apesar do sucesso de sua aplicação, a mudança de cultura continua sendo um dos maiores empecilhos para a velocidade de implementação deste tipo de sistema de gestão. Neste trabalho foram verificadas resistências de agentes do processo na execução das atividades e elaboração do estado futuro. Cada tentativa falha de implementação do sistema *Lean* tornou a operação mais resiliente a implementação de novos conceitos e ideias. Felizmente, as conclusões deste trabalho promovem uma mudança de visão da empresa, pelo menos no que tange a aplicação de novos conceitos logísticos.

## REFERÊNCIAS

- ALIZON F., SHOOTER S.B., SIMPSON T.W. **Henry Ford and the model T: Lessons for product platforming and mass customization.** Design Studies 30: p. 588-605. (2009)
- CAUCHICK-MIGUEL. P. A. O método do estudo de caso na engenharia de produção. In: CAUCHICK-MIGUEL. P. A. (Cord.) **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.
- CEKEREVAC, Z. P., PRIGODA, L., ZDENEK D. **Lean Manufacturing vs COVID-19.** MEST Journal, (2022)
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. **Metodologia científica.** 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- CRESWELL, J. W. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- CYRINO, L. **Estratégias da Metodologia WCM.** (2020) Disponível em: <https://www.manutencaoemfoco.com.br/estrategias-da-metodologia-wcm/>. Acesso em: 10 out. 2022
- DA SILVA, B. H. P. **A Implantação Do Toyotismo Em Uma Empresa Do Setor Metalúrgico.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 06, Ed. 03, Vol. 10, pp. 156-175. 2021
- DE CARLO, F., SIMIOLI, G. R. **Lean Production and World Class Manufacturing: A Comparative Study of the Two Most Important Production Strategies of Recent Times.** International Journal of Industrial and Operations Research. (2018)
- DUDEK, M. **Organizing of Logistic Pillar in WCM Systems.** Carpathian Logistics Congress: Polônia, 2013.
- EMBRACO. **Logistics Cost Deployment.** WCM Central Team: Joinville, 2016
- FIAT GROUP. **Logistics Cost Deployment.** Supply Chain Management: Industrial Logistics Central Team, Betim, Vol.3, 2011.
- GIOVANDO, G.; CROVINI, C; VENTURINI, S. **Cost Deployment Implementation: a case study.** 10th Annual Conference of the EuroMed Academy of Business, 2017.

GUGLIELMINO, D. **Applicazione del pilastro tecnico WCM Logistics and Customer Service. Il caso CNH Industrial.** Dissertação de Mestrado. Politecnico di Torino, 2018.

HINO, S. **O Pensamento Toyota - Princípios de gestão para um crescimento duradouro.** 1. Ed, Porto Alegre: Bookman, 2009.

JUNIOR, I. M. **Gestão da qualidade.** 8. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção - Função Estratégica.** 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MAAROF, M. G.; MAHMUD, F. *ScienceDirect A Review of Contributing Factors and Challenges in Implementing Kaizen in Small and Medium Enterprises.* Procedia Economics and Finance, v. 35, n. 35, p. 522–531, 2016.

MARTINS, T. **5G – Gemba, Gembutsu, Gentijisu, Genri, Gensoku.** 30 abr. 2019. Disponível em: <https://tuliomartins.com.br/5g/>. Acesso em: 02 nov. 2022.

MIDOR, K. **World class manufacturing-characteristics and implementation in an automotive enterprise.** Zeszyty Naukowe/Akademia Morska w Szczecinie 32: p. 42-47. (2012)

MOREIRA, T. P. M. **Otimização de Mizusumashi.** (2014)

MORGAN, G. J. **A Systems Approach to Performance Measurement Management,** Technical, ACCA Student Newsletters. (1997)

NATALI, M. **Praticando o 5Snaindústria, comércio e vida pessoal.** São Paulo: Editora STS, 1995. 101p.

NETLAND, T.H.; HOEG, P.C.H.; KNUTSEN, D.H. **Manufacturing Cost Deployment: How to select the right projects,** 2016.

OLIVEIRA, A. C. M. D.; KUHLC.; PRADO A. E. **Estudo de Implantação do Pilar de Melhoria Focada da Metodologia World Class Manufacturing (WCM) em uma empresa do setor automotivo do interior de São Paulo.** In: IV Congresso Brasileiro de

Engenharia de Produção (ConBRepro), Ponta Grossa - PR, Brasil, 2014. 10p. **Anais**. Associação Paranaense de Engenharia de Produção (APEP), 03 a 05 dez. 2014.

OKIMURA, L. I. **Uma exploração dos modelos de uso integrado da Teoria das Restrições, Produção Enxuta e Seis Sigma**. 2013. 203f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia do Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista, Bauru - SP.

OHNO, T. **Toyota production system-aiming at an off-scale management**. Diamond Co, Tokyo, Japão. (1978)

OKIMURA, L. I. **Uma exploração dos modelos de uso integrado da Teoria das Restrições, Produção Enxuta e Seis Sigma**. 2013. 203f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia do Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista, Bauru - SP.

PELA F **Analisi del world class manufacturing. il caso FCA**. (2016)

PALUCHA, K. **World Class Manufacturing Model in Production Management**.

International Scientific Journal, Poland, v. 58, n. 2, p.227-234, Dec. 2012.

RAMOS, P.S. **World Class Manufacturing: Pilar Cost Deployment. Como e o que implementar**. Universidade de Aveiro. Departamento de gestão, economia, engenharia industrial e turismo, 2016

SANDER, C. **O que é WCM (World Class Manufacturing)? Entenda como implementar**. (2021) Disponível em: <https://caetreinamentos.com.br/blog/melhoria-continua/wcm-o-que-e/> Acesso em: 25 out. 2022

SCHONBERGER, R. **World Class Manufacturing: The Lessons of Simplicity Applied**. (1986)

SILVA, L. C. S.; KOVALESKI, J. L.; GAIA, S.; GARCIA, M., JÚNIOR, P. P. A. **Cost Deployment Tool for Technological Innovation of World Class Manufacturing**. Journal of Transportation Technologies, 2013, 3, 17-23. Publicado online em Janeiro de 2013 em: <http://dx.doi.org/10.4236/jtts.2013.31002>

SOUZA, Carlos Eduardo de. **Utilização da Manufatura de Classe Mundial e Manufatura Enxuta em um Processo de Fabricação Industrial de Corte à Laser**. Orientador: Jefferson de Souza Pinto. 2021. 100 f. TCC (Graduação) – Curso de

Tecnólogo em Mecatrônica Industrial, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. (2021)

TAKAHASHI, Y; OSADA, T. **TPM / MTP : Manutenção Produtiva Total**. (2010)

VALLE, Mateus Vieira. **Aplicação da ferramenta kaizen em uma multinacional brasileira**. (2022)

VASCONCELOS, M. M. M. **Dimensionamento e controle dos supermercados de abastecimentos às linhas de montagem**. (2006)

YAMASHINA, H. **Challenge to world class manufacturing**. International Journal of Quality of Reliability Management, v. 12(34), 30-31, 2007.

YAMASHINA H. **Manufacturing Cost Deployment**. Journal of the Japan Society for Precision Engineering, v. 65, n. 2, p.260-266, 1999.

YAMASHINA, H. **Book of WCM**. Material interno da siderurgia analisada (2010)

YAMASHINA, H. Logistics and Customer Service. Kyoto University, Vol.1, P.211, Kyoto, 2007b.

YIDA, P. **Manufatura de Classe Mundial**. In: SIMPÓSIO SAE BRASIL DE MANUFATURA DE CLASSE MUNDIAL, v. 9, Piracicaba, 2014

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.



## APÊNDICE B – Matriz B (CD Logístico de Materiais)

Perdas Resultantes	Localções	Detalhe Perda Resultante	Estoque																							
			Perda por excesso de estoque			Perda por estoque de segurança			Perda por eficiência do estoque			Perda por excesso de MOC			Perda por eficiência de MOC			Perda de MOC líquido necessário			Perda por excesso de espaço			Perda por ineficiência de espaço		
Perdas Causais			Estoque Primário	Estoque Secundários	Buffers	Estoque Primário	Estoque Secundários	Buffers	Estoque Primário	Estoque Secundários	Buffers	Estoque Primário	Estoque Secundários	Buffers	Estoque Primário	Estoque Secundários	Buffers	Estoque Primário	Estoque Secundários	Buffers	Estoque Primário	Estoque Secundários	Buffers	Estoque Primário	Estoque Secundários	Buffers
Oportunidade de mercado	Estatégia																									
Falta de acuracidade do Budget	Não cumprimento da previsão																									
Problema de Tsjeto (atrasos de navio/clima)		Entregas atrasam																								
Problemas com desentregação																										
Problemas atraso de produção (fornecedor)																										
Lead Times de entrega grandes																										
Lote mínimo		Estoque segurança																								
Fornecedor Único																										
Falta de desenvolvimento de fornecedores		Falta de fornecedores nacionais																								
Material de Teste																										
Mudança na composição de liga		Estoque sem consumo																								
Falta de endereçamento do Warehouse		Perda pelo layout/organização atual																								
Falta de espaço		Retrabalho																								
Material des carregado sem entrada da nota																										
Des carregamento fora do horário		Horas Extras																								
Balança não automatizada																										
Retirada de Cilindros de Gases		NVAÁ da MOC																								
Acompanhamento retirada e abastecimento Diesel																										
Falta de disponibilidade de armazenamento		Falta de espaço																								



## APÊNDICE D – Matriz B (CD Logístico de Handling)

		Handling								
		Perda por Mão de Obra								
Perdas Resultantes		Perda por excesso de MdO			Perda por ineficiência de MdO			Perda por MdO líquida necessária		
Perdas Causais	Localções	Gestão	Depósito	Área Geradora	Gestão	Depósito	Área Geradora	Gestão	Depósito	Área Geradora
	Detalhe da Perda Resultante									
Falta de Treinamento	Duplicidade de Chamado									
	Sem Protocolo ou Formulário									
	Chamado Aberto Errado									
Falha de Inspeção da Área Geradora	Carga Irregular ou Acima do Peso									
	Material enviado incorreto									
Sistema De Pesagem	NVAA do Almoarifado									
	Basculamento									
	Fila na balança									
	NVAA do operador logístico									
	NVAA do equipamento									
Perda com Inspeção	NVAA do operador logístico									
	NVAA do equipamento									
Quebra	Manutenção									
Geração de Sucata Retorno	MdO Mínima Necessária									
	Horas Extras Mínimas									
	Utilização de equipamento necessária									
	Estoque mínimo									
Capacidade Cúbica do Equipamento	Baixa Saturação do Equipamento									
Transporte Limitado do Equipamento										
Falha de Comunicação na Área Geradora	Porta Errada									
	Porta Obstruída									
	Área Insegura p/ Operar									
Movimentação do Pátio	NVAA do operador									
	NVAA do equipamento									
Mal Gerenciamento do Espaço	Fila na Balança da AMP									
	Fila na Balança do Almox.									
	Espera nas Ruas da AMP									
	Obstrução de Porta									



## APÊNDICE E – Matriz B (CD Logístico de Transportes)

Detalhe Resultante Causais	Perda por excesso de transporte				Perda por eficiência do transporte						Estroque									
	Falta início e SNF)	Problemas no Recebimento Fiscal	Devolução	Cobrança adicional (respaço no mesmo dia)	Baixa saturação do veículo	Atraso no carregamento de contêineres/Vill ares/clientes)	Não cumprimento do prazo de entrega (transportador)	Estadísticas	Manutenções corretivas	Empilhamento	Escolta Armada - PGR	Estacionamento (armazém)	Abastecimento (Truck)	Parada Frota	Manutenções preventivas	Área de Restrição (adicional)	Transporte mínimo necessário (dimensões do material)	Itens de tratamento da carga	Padrão	
Preenchimento incorreto das informações	X	X				X														
Indisponibilidade do material	X				X	X	X													
Problemas para a emissão de NF	X	X				X	X													
Falha de comunicação entre os envolvidos do processo	X	X	X			X	X													
Transito						X	X													
Restrição de horário					X	X	X													
Fim na NF/Pedido para a entrada da mercadoria		X	X			X														
Material em descacordo com a solicitação do cliente			X			X														
Alteração do Itinerário						X	X													
Ocupação/Utilização do veículo					X															
Mobilistas para trajetos específicos						X	X													
Utilidades				X																
Adequação da carga para atendimento do cliente interno e externo					X				X	X							X	X		
Embalagem			X			X			X									X		
Problemas com o equipamento necessário para a descarga/carregamento	X		X			X	X													
Quebra do veículo, preso lizado...						X	X			X							X			
Problemas no Faturamento (diferença de peso...)						X	X													