

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Stéfano Balestrin Viudes

**Utilização de Equipamentos e Ferramentas para Aplicações Logísticas  
em Ambientes de Manufatura Enxuta**

São Carlos  
2013

Stéfano Balestrin Viudes

Trabalho de Conclusão de curso

***Utilização de Equipamentos e Ferramentas para Aplicações Logísticas  
em Ambientes de Manufatura Enxuta***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Escola de Engenharia de São Carlos da  
Universidade de São Paulo para a obtenção do  
título de Engenheiro de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Antonio Freitas Rentes

São Carlos

2013

**RESUMO:** O conceito de Logística Interna está fortemente atrelado às recomendações da Cultura Enxuta e podem ser integrados visando um esforço ainda maior pela busca da eliminação de desperdícios. Este trabalho propõe-se a desenvolver e aplicar um método para estudo e comparação de mudanças na logística interna de uma empresa. Integrando diversos conceitos da Logística Enxuta e baseado, principalmente, nas métricas do Momento Logístico é abordado um estudo de caso de uma fábrica do setor metal mecânico, localizada no interior do estado de São Paulo.

*VIUDES, S.B. Estudo sobre a utilização de equipamentos e ferramentas para aplicações logísticas em ambientes de manufatura enxuta. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2013.*

**Palavras-chave:** Produção Enxuta; Logística Enxuta; Transporte Interno.

**ABSTRACT:** The concept of Internal Logistics is strongly linked to the recommendations of the Lean Culture and can be integrated targeting an even greater effort by the search of waste elimination. This study aims to develop and implement a method for study and comparison of changes in the internal logistics of a company. Integrating various concepts of Lean Logistics and mainly based on the metrics of the Logistics Moment is discussed a case of a factory in the metal mechanic industry, located in the state of São Paulo.

*VIUDES, S.B. Study on the use of equipment and tools for logistics applications in lean manufacturing environments.* Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2013.

**Keywords:** Lean Manufacturing; Lean Logistics; Transport Procedure.

## DIAGRAMAS:

Diagrama 1 – Características dos três paradigmas históricos da Gestão da Produção	2
Diagrama 2 – Modelo de um Sistema de Produção	5
Diagrama 3 – Casa do Sistema Toyota de Produção	7
Diagrama 4 – Os Cinco Princípios da Produção Enxuta	8
Diagrama 5 – 14 Princípios do Modelo Toyota	9
Diagrama 6 - Enfoque das melhorias na Produção Enxuta e composição das atividades que agregam valor (AV), não agregam valor, mas são necessárias (NAV.N.) e atividades que não agregam valor e não são necessárias (NAV).	12
Diagrama 7 - MFV adaptado para projetos de layout	18
Diagrama 8 – Manuseio, Movimentação e Transporte	24

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de layout funcional_____	29
Figura 2 – Exemplo de layout por produto_____	30
Figura 3 – Exemplo de layout posicional_____	30
Figura 4 – Exemplo de layout celular_____	31
Figura 5 - Milk Run Interno_____	35
Figura 6 – Empilhadeira_____	44
Figura 7 - Paleteira Elétrica e Paleteira Manual_____	45
Figura 8 - Carrinho de Empurrar _____	45
Figura 9 – Rebocador _____	46
Figura 10 - Correias e Esteiras_____	47
Figura 11 - Milk Run Interno_____	49
Figura 12 - Flow Rack alimentando diretamente a célula de produção_____	50
Figura 13 - Proposta de Raciocínio Inicial_____	57
Figura 14 - <i>Flow Rack</i> com abastecimento e retirada pelo menos lado de acesso_____	58
Figura 15 - Sistema 2 Gavetas com Eixo Giratório_____	58
Figura 16 - Preparação de Kits de Montagem_____	59
Figura 17 - Kit posicionado em carrinho móvel no ponto de uso_____	60
Figura 18 - Milk Run Interno_____	61
Figura 19 - MFV Situação Atual - Empresa X _____	65
Figura 20 - Layout Empresa X_____	66
Figura 21 - MFV Situação Atual - Empresa X _____	67
Figura 22 - Esboço da Situação Futura para Transporte entre o supermercado e caldeirarias_____	73
Figura 23 – Exemplo de Alimentação e Retirada dos comboios dos <i>buffer</i> _____	74

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – BREVE HISTÓRICO DO TRANSPORTE DE MATERIAIS .....	23
TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS DOS MOVIMENTOS E TIPOS DE EQUIPAMENTOS .....	43
TABELA 3 - QUADRO DE ANÁLISE DA PRODUÇÃO.....	51
TABELA 4 - EXEMPLO 1 DE INFORMAÇÕES PPCP.....	53
TABELA 5 - EXEMPLO 2 DE INFORMAÇÕES PPCP.....	54
TABELA 6 - CLASSIFICAÇÃO ABC DE PRODUTOS - EMPRESA X .....	63
TABELA 7 - DISTÂNCIAS SUPERMERCADO CALDEIRARIAS.....	68
TABELA 8 - DEMANDA DIÁRIA POR SETOR .....	68
TABELA 9- DADOS MOMENTO LOGÍSTICO ATUAL 1 .....	70
TABELA 10 - DADOS MOMENTO LOGÍSTICO ATUAL 2 .....	70
TABELA 11 - RESULTADOS MOMENTO LOGÍSTICO ATUAL.....	72
TABELA 12 - DADOS MOMENTO LOGÍSTICO FUTURO 1.....	75
TABELA 13 - DADOS MOMENTO LOGÍSTICO FUTURO 2.....	75
TABELA 14 - RESULTADOS MOMENTO LOGÍSTICO FUTURO .....	76
TABELA 15 - COMPARATIVO DA MUDANÇA DO MOMENTO LOGÍSTICO 1. 78	
TABELA 16 - COMPARATIVO DA MUDANÇA DO MOMENTO LOGÍSTICO 2. 78	

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA .....	1
1.2 OBJETIVO.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
2.1 PRODUÇÃO ENXUTA .....	5
2.1.1 DEFINIÇÃO DE SISTEMA DE PRODUÇÃO .....	5
2.1.2 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO .....	6
2.1.3 PRINCIPAIS CONCEITOS DA PRODUÇÃO ENXUTA .....	8
2.1.4 ATIVIDADES QUE AGREGAM OU NÃO VALOR.....	11
2.1.5 OS DESPERDÍCIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA .....	13
2.1.6 MAPA DE FLUXO DE VALOR .....	16
2.2 LOGÍSTICA.....	18
2.2.1 DEFINIÇÃO DE LOGÍSTICA .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.2 ATIVIDADES PRIMÁRIAS E DE APOIO.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.3 TRANSPORTE DE MATERIAIS.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.4 A EVOLUÇÃO NO TRANSPORTE DE MATERIAIS .....	21
2.2.5 CLASSIFICAÇÃO DE MOVIMENTAÇÃO E TRANSPORTE CONFORME ATIVIDADES.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.6 DESPERDÍCIOS LOGÍSTICOS .....	26
2.2.7 LAYOUT .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.8 PRINCIPAIS TIPOS DE LAYOUT .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3 A ABORDAGEM LEAN NA LOGÍSTICA.....	31
2.3.1 A LOGÍSTICA ENXUTA E SEUS OBJETIVOS .....	31
2.3.2 CONCEITOS DE FLUXO DE MATERIAIS NA LOGÍSTICA LEAN.....	33
2.3.3 CONCEITOS DE FLUXO INFORMACIONAL NA LOGÍSTICA LEAN.....	36
2.4 TRANSPORTE INTERNO.....	39
2.4.1 MEDIÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE TRANSPORTE .....	39
2.4.2 EQUIPAMENTOS DE TRANSPORTE .....	42
2.4.3 MILK RUN INTERNO .....	47



3. MÉTODO PROPOSTO.....	51
3.1 QUADRO DE ANÁLISE DA PRODUÇÃO .....	51
3.2 ANALISANDO A SITUAÇÃO ATUAL E PROJETANDO A SITUAÇÃO FUTURA.....	52
3.2.1 DESENVOLVER UM PLANO PARA CADA PEÇA (PPCP) .....	53
3.2.2 MERCADO DE PEÇAS COMPRADAS.....	55
3.2.3 MOMENTO LOGÍSTICO, ROTAS DE ENTREGA E SINAIS DE PUXADA .....	55
3.3 NOVO MOMENTO LOGÍSTICO.....	62
4. ESTUDO DE CASO .....	63
4.1 ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL .....	63
4.2 IMPLANTAÇÃO DA SITUAÇÃO PLANEJADA.....	66
4.3 ETAPAS DE APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO NA EMPRESA X.....	68
4.4 COMPILAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	76
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	79
6. BIBLIOGRAFIA .....	80

## **1. INTRODUÇÃO**

Este capítulo mostra uma visão geral do tema de pesquisa, caracterizando o tema e apresentando os objetivos e as justificativas do estudo, além de descrever a estrutura do trabalho como um todo.

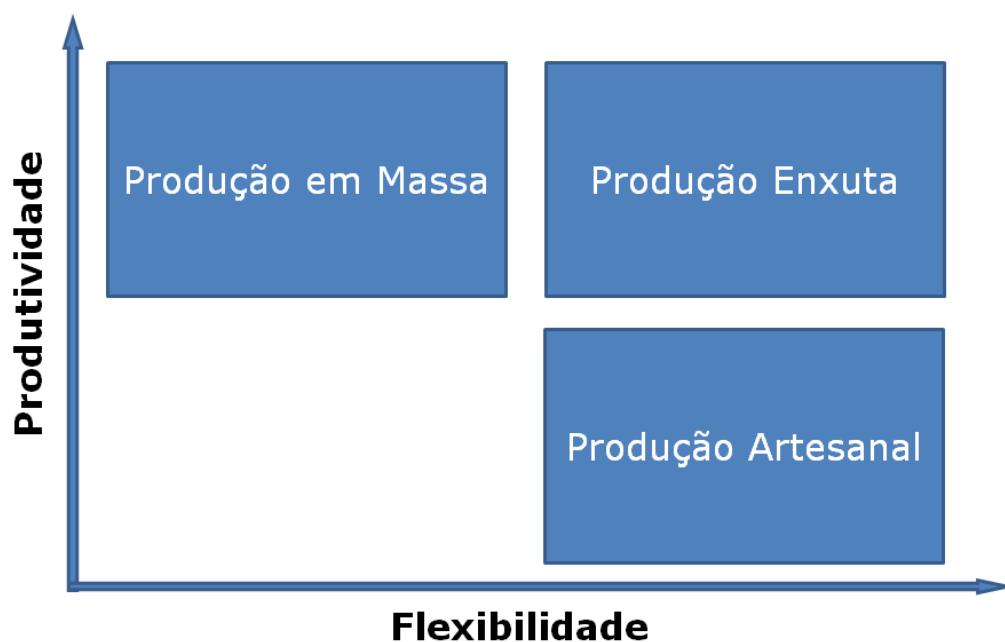
### **1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA**

Ao longo do tempo os sistemas de produção passaram por algumas mudanças de paradigmas. Durante os últimos três séculos existiram três grandes paradigmas de produção: Produção Artesanal, a Produção em Massa e a Produção Enxuta (JONES; ROODS; WOMACK, 2004).

As origens da Produção Artesanal, na indústria automobilística, datam de 1880 e posteriormente, por volta de 1915, houve a transição para a Produção em Massa. O sistema de Produção em Massa atingiu seu estágio de amadurecimento na década de 1920 e apresentava pontos fortes e fracos, que serviram como fontes de inspiração para o próximo avanço no pensamento industrial. Assim houve o nascimento da Produção Enxuta na década de 1950 (WOMACK; JONES; ROODS, 2004).

De forma simplificada, podem-se verificar algumas diferenças significativas dos sistemas de produção no diagrama a seguir:

Diagrama 1 – Características dos três paradigmas históricos da Gestão da Produção



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Womack, Jones e Roods (2004).

Tendo como características o alinhamento da alta produtividade (volume de produtos por tempo) e da alta flexibilidade (variedade de produtos), o sistema de Produção Enxuta tende a atender aos fatores de competitividade descritos por Sipper & Bulfin Jr (1997) e Slack et al (1997).

De acordo com Sipper & Bulfin Jr (1997), a competitividade se baseia atualmente em três fatores concorrentes entre si: custo, qualidade e tempo. Slack et al (1997) acrescentam ainda a flexibilidade e a confiabilidade. Dessa maneira cada vez mais as organizações necessitam de respostas rápidas em seus sistemas produtivos para atenderem a crescente variedade na demanda dos consumidores, além de necessitarem produzir em alto volume para atender a demanda atual. A competitividade é global, cada vez mais intensa e as organizações do mundo necessitam, constantemente, tomarem ações visando à melhora de seu desempenho: aumento de eficiência, produtividade e rentabilidade, obter respostas cada vez mais ágeis às pressões competitivas do mercado (redução de custos, melhor utilização de recursos produtivos, resposta ágil às variações do mercado e confiabilidade de entrega), alinhamento da

cultura organizacional, promoção do espírito de equipe com foco na melhoria contínua da organização e, ainda, estas mudanças organizacionais, possuem como finalidade aprender com as experiências de outras empresas (“Benchmarking”). Neste cenário, dinâmico e turbulento, mudanças ou transformações organizacionais auxiliam empresas a se adaptarem às frequentes modificações de condições em seus ambientes, de tal maneira a obter maior competitividade, melhor posicionamento no mercado futuro e tornar-se mais rentável (RENTES, 2000).

Neste sentido as organizações necessitam de uma sintonia cada vez maior com os seus processos internos para dar uma resposta a esta demanda no mesmo ritmo que lhe é solicitado (Zawislak, 2003). Deste modo um dos motivadores que impulsionam e desafiam a organização a buscar uma mudança brusca no gerenciamento das suas operações é a necessidade de alinhamento dos objetivos estratégicos, táticos e operacionais com a execução das atividades. Esta mudança de visão promove uma reavaliação dos processos internos e força a busca pela melhoria contínua, que é sustentada pela aplicação da Filosofia Lean e exige uma revisão dos fluxos de materiais e fluxos de informação (SÁNCHEZ; PEREZ, 2001).

Desta forma a Filosofia Lean está sendo adaptada na logística permitindo uma visão mais precisa dos conceitos de valor, fluxo de valor, fluxo de produtos, sistemas puxados (JONES et al.). Quando implantada na logística, proporciona uma evolução na excelência operacional e permite que as organizações atendam às exigências do mercado no que se refere à qualidade na prestação de serviço como um diferencial competitivo (FLEURY, 1995).

A estratégia para adaptar os conceitos da manufatura enxuta na Logística Lean deve considerar as diferenças que os processos possuem e eleger os equipamentos e ferramentais que melhor atendem suas necessidades, pois, em sua essência, a logística já possui um apelo enxuto, devido ao seu foco na redução de custos e na eficiência (FIGUEIREDO, 2006; KERR, 2006).

## **1.2 OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho é estudar a utilização do momento logístico para auxiliar no processo de busca por melhorias relacionadas à movimentações internas em uma empresa do setor metal mecânico localizada em Mococa. O estudo busca mostrar, qualitativamente e quantitativamente, ferramentas para o desenvolvimento de soluções em logística interna para uma empresa enxuta.

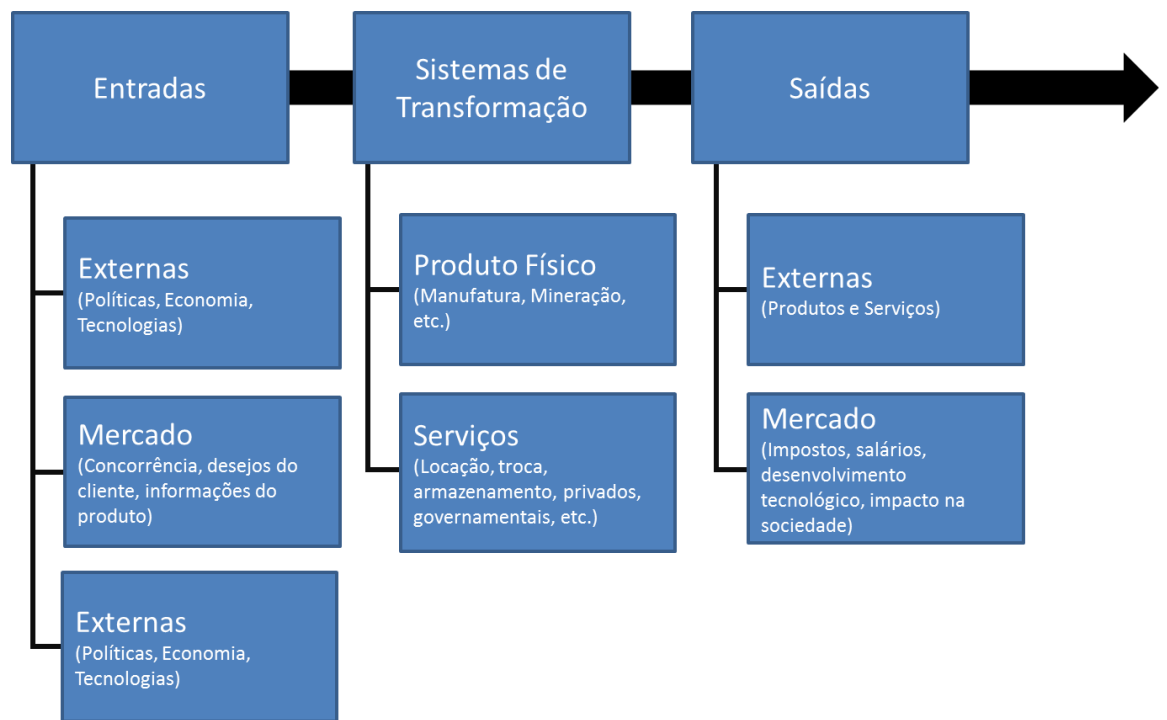
## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 PRODUÇÃO ENXUTA

#### 2.1.1 DEFINIÇÃO DE SISTEMA DE PRODUÇÃO

Um sistema de produção recebe entradas de diferentes naturezas e, após o recebimento destas, há o processamento destas entradas através de subsistemas de transformação do produto ou serviço desejado (GAITHER e FRAZIER, 2002).

Diagrama 2 – Modelo de um Sistema de Produção



Fonte: Adaptado de Gather e Frazier (2002)

Gaither e Frazier (2002) apresentam um modelo de Sistema de Produção no qual os insumos podem ser classificados em três categorias: externos (informações sobre condições externas), de mercado (informações utilizadas como reação às necessidades do mercado) e recursos primários (sustentam diretamente a produção e entrega de bens e serviços). A partir destes insumos, são gerados produtos diretos, bens tangíveis, ou indiretos, bens intangíveis – prestação de serviços.

## 2.1.2 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Os Sistemas de Produção tiveram início com o homem pré-histórico, o qual polia pedras com a finalidade de transformá-las em utensílios (MARTINS e LAUGENI, 2001). Com o tempo surgiram os primeiros artesãos, os quais já formulavam uma produção minimamente organizada, a qual possuía prazos de entrega, prioridades, especificações, materiais e mecânica de todo o processo produtivo.

Segundo Martins e Laugeni (2001), com a descoberta da máquina de vapor por James Watt, em 1764, surgiram as primeiras fábricas e, com estas, surgiu também a necessidade de padronizar tarefas para atender à demanda cada vez mais crescente. Ao final do século XIX, Frederick Taylor inseriu os estudos de Tempos e Métodos, os quais foram base para que, no início do Século XX, Henry Ford desenvolvesse a famosa linha de montagem do Ford T, criando assim os conceitos de Produção em Massa (ANACLETO, 2011). No Sistema de Produção em Massa a transferência de material ocorre em grandes lotes, fazendo com que os produtos sejam “empurrados” fluxo abaixo, também há necessidade de equipamentos grandiosos, de alto investimento, dedicação exclusiva e necessidade de operadores altamente especializados.

O Sistema Toyota de Produção, conhecido também como Produção Enxuta teve seu início na *Toyota Motor Company* logo após a Segunda Guerra Mundial. Esse sistema foi criado com o objetivo de produzir carros com melhor qualidade, com menor custo e com lead time mais curto pela eliminação sistemática de desperdícios e constante busca de melhorias (LIKER, 2005). De acordo com Liker (2005), para explicar o Sistema Toyota de Produção aos funcionários e fornecedores da Toyota, Taiichi Ohno e Eiji Toyoda (executivos da Toyota), criaram a figura “Casa do Sistema Toyota de Produção”. Esta casa está fundamentada sobre dois pilares: *Just-in-time* e *Jidoka* (autonomação), que podem ser vistos na Figura 3:

Diagrama 3 – Casa do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Adaptado pelo autor com base em LIKER (2005).

A casa do Sistema Toyota de Produção é representada desse modo para dar ênfase em sua forma estrutural. Essa estrutura só será forte se todas as suas partes (pilares, bases, telhado e suas conexões) forem fortes. O telhado representa os objetivos a serem alcançados, menor lead time, menor custo e qualidade mais alta. No alicerce da casa está o Heijunka (Nivelamento da Produção), as Operações Padronizadas e o Kaizen (Melhoria Contínua). Suportando toda a estrutura está a base, a Estabilidade (LIKER, 2005).

O Jidoka (autonomação) tem suas origens no período pré-guerra, Toyoda, fundador da Toyota, introduziu o conceito de jidoka no início do século XX, ao incorporar um dispositivo para parada automática de seus teares o qual interrompia o funcionamento de uma máquina caso um fio se partisse. O Objetivo era separar o trabalho humano das atividades realizadas por máquinas e impedir a geração e propagação de defeitos no processamento e fluxo de produção, possibilitando que um mesmo operador trabalhasse em diversas máquinas ao mesmo tempo (multifuncionalidade). O pilar do Jidoka está intimamente relacionado à forma de trabalhar com máquinas e aos métodos de se construir qualidade dentro do processo.



Seus conceitos e ferramentas permitem reduzir custos e aumentar a qualidade e produtividade simultaneamente (LIKER, 2005).

O *Just in Time* tem como objetivo reduzir ao máximo o tamanho dos estoques. Este pilar visa produzir e entregar as peças somente no momento em que serão utilizadas e na quantidade necessária. Para isso a produção deve estar baseada em um fluxo contínuo, a quantidade produzida deve estar de acordo com o *takt time* (ritmo de consumo pelo cliente) e a produção deve ser controlada pela lógica do sistema puxado (LIKER,2005).

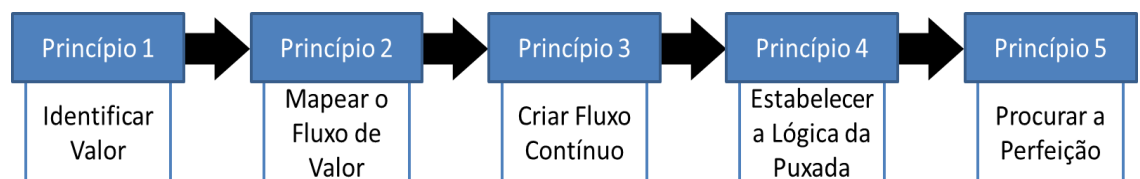
Esses dois pilares da Produção Enxuta têm, por sua vez, como fundamentação o *Heijunka* (nivelamento da produção), o trabalho padronizado, o *Kaizen* (melhoria contínua) e a Estabilidade.

### 2.1.3 PRINCIPAIS CONCEITOS DA PRODUÇÃO ENXUTA

Womack e Jones (1996) apresentam cinco princípios básicos da Produção Enxuta:

- Determinar o que realmente é **Valor** sob o ponto de vista do cliente: identificar o que agrega valor para o cliente, o que efetivamente gera resultados que o cliente esteja disposto a pagar.

Diagrama 4 – Os Cinco Princípios da Produção Enxuta



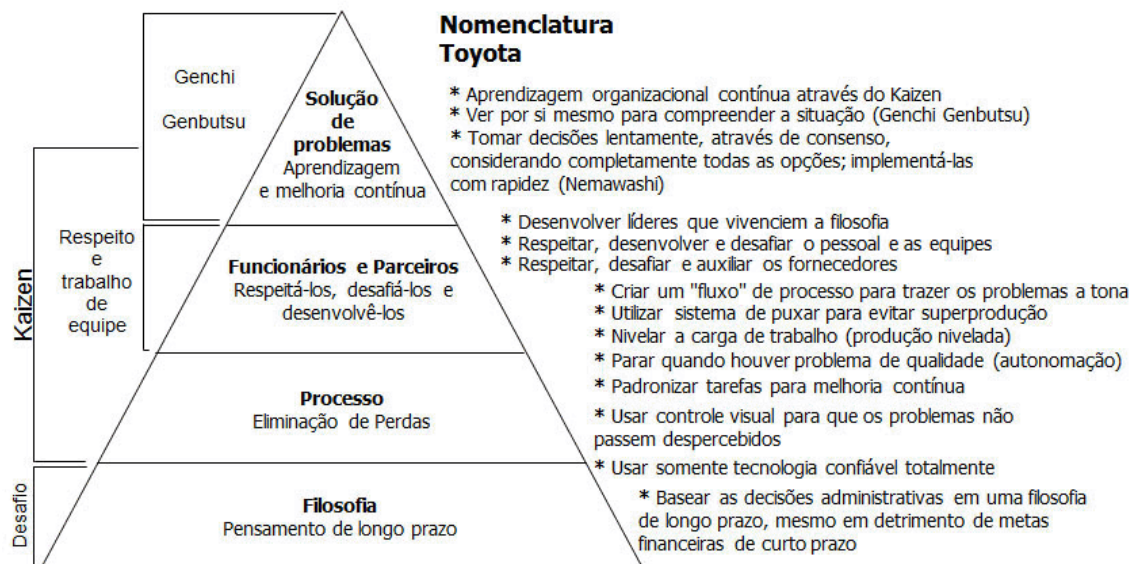
Fonte: Adaptado de Womack e Jones (1996)

- Identificar o **Fluxo de Valor**: identificar toda a sequência de operações e atividades que agregam e não agregam valor no processo produtivo. A empresa não deve enxergar suas atividades pontualmente, mas sim o fluxo de valor como um todo.

- Implantar o **Fluxo Contínuo**: pela análise do fluxo de valor deve-se implantar fluxo contínuo, pois é a melhor maneira de reduzir a maioria dos desperdícios. Deve-se produzir em lotes unitários, com cada item sendo imediatamente passado ao processo seguinte evitando assim a geração de estoques ou paradas.
- Onde não for possível implantar fluxo contínuo estabelecer a lógica da **Produção Puxada**: em alguns casos quando não é possível implantar fluxo, deve-se estabelecer a lógica puxada, ou seja, produzir somente o que é necessário quando for solicitado pelo processo seguinte, evitando superprodução e estoques.
- Buscar a **Perfeição**: a melhoria contínua deve ser sempre o objetivo da empresa, sempre que o nível satisfatório for alcançado deve-se evoluir em busca de melhorias. Como a perfeição é um objetivo inalcançável, tornam-se infinitas as possibilidades de melhorias.

Com base em 20 anos de estudo da Toyota, Liker (2005) faz uma abordagem mais completa ao descrever os 14 princípios que constituem o Modelo Toyota. Os princípios propostos foram divididos em quatro categorias: Filosofia, Processo, Funcionários/Parceiros e Solução de Problemas como observado no Diagrama 5:

Diagrama 5 – 14 Princípios do Modelo Toyota



Fonte: LIKER (2005)

Segundo Liker (2005), os 14 princípios que constituem o Modelo Toyota são:

### **Categoria 1: Filosofia de pensamento a longo prazo.**

- 1- Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo.
- 2- Categoria 2: O processo certo produzirá resultados certos.
- 3- Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona.
- 4- Usar sistemas puxados para evitar a superprodução.
- 5- Nivelar a carga de trabalho (heijunka).
- 6- Construir uma cultura de parar e resolver os problemas, obtendo a qualidade logo na primeira tentativa.
- 7- Tarefas padronizadas são a base para a melhoria contínua e a capacitação dos funcionários.
- 8- Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto.
- 9- Usar somente tecnologia confiável e completamente testada que atenda aos funcionários e processos.

### **Categoria 3: Valorização da organização através do desenvolvimento de seus funcionários.**

- 10- Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e a ensinem aos outros.
- 11- Desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa.
- 12- Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorar.

### **Categoria 4: A solução contínua de problemas na origem estimula a aprendizagem organizacional.**

- 13- Ver por sim mesmo para compreender completamente a situação (Gemba).
- 14- Tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções e implementá-las com rapidez.
- 15- Tornar-se uma organização de aprendizagem através da reflexão incansável (*hansei*) e da melhoria contínua (*kaizen*).

Liker (2005) enfatiza que a maioria das empresas aproveita as ferramentas da Produção Enxuta, mas não compreendem a filosofia que as faz funcionarem juntas em um sistema. A cultura da melhoria contínua e a eliminação sistemática de desperdícios são necessárias para sustentar os princípios do modelo Toyota.

## **2.1.4 ATIVIDADES QUE AGREGAM OU NÃO VALOR**

Em conformidade com os cinco princípios da Produção Enxuta, Hines e Taylor (2000) definem os três tipos de atividades:

- **Atividades que agregam valor (AV)**

São todas as atividades ou operações que, sob a ótica do cliente final agregam valor ao produto ou serviço. Isto é, são as atividades pelas quais o cliente final está interessado em pagar, como por exemplo: processos de usinagem e montagem;

- **Atividades que não agregam valor e são desnecessárias (NAV)**

São todas as atividades ou operações que, para o cliente final, não agregam valor ao produto ou serviço e não são necessárias no processo. Ou seja, são as atividades as quais o cliente final não possui interesse em pagar por estas e se quer são necessárias na cadeia de valor. Estas atividades caracterizam-se como desperdícios no processo produtivo, e, portanto, devem ser eliminadas no curto prazo. Exemplos de atividades que não agregam valor e são desnecessárias: movimentação de operadores na montagem, transporte de peças e/ou matéria prima no chão de fábrica, retrabalho na usinagem; e

- **Atividades que não agregam valor, porém são necessárias.**

São todas as atividades que, para o cliente final, não agregam valor ao produto ou serviço e, no entanto, são necessárias no processo produtivo. Embora o cliente final não tenha interesse em pagar por estas atividades, estas são primordiais no processo e, portanto, não podem ser eliminadas no curto prazo. Estas atividades podem ser caracterizadas como desperdício os quais necessitam ser reduzidos ao máximo no curto prazo e, se possível, eliminadas no longo prazo. Exemplos de atividades que não

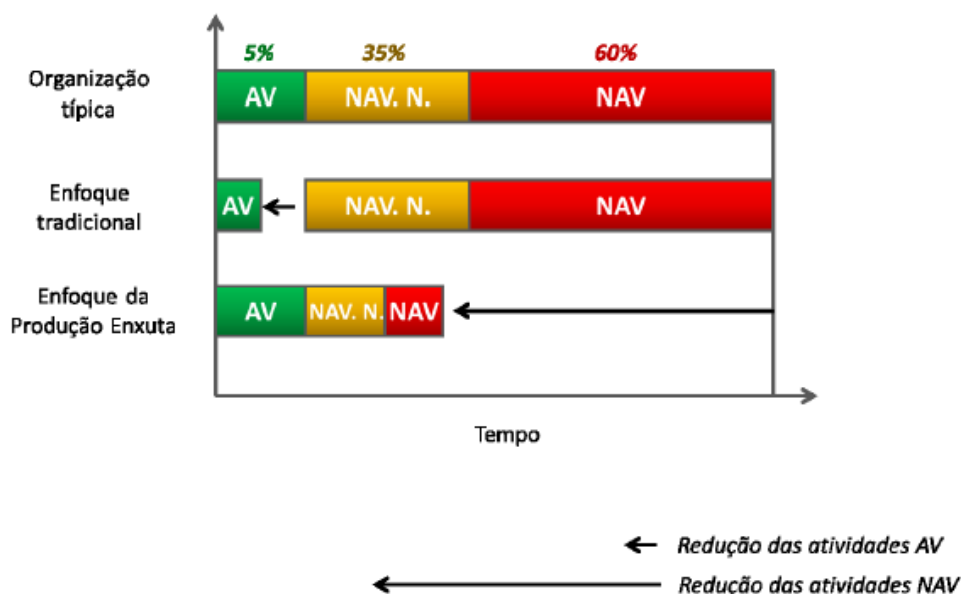
agregam valor, porém são necessárias: setup ou troca de ferramentas na usinagem e tempo de secagem de pintura.

Com isso, os autores afirmam que esses três tipos de atividades são encontrados nas seguintes proporções nas empresas de manufatura:

- **5% de atividades que agregam valor;**
- **60% de atividades que não agregam valor;**
- **35% de atividades que não agregam valor, mas são necessárias.**

O principal enfoque de melhoria da Produção Enxuta está na eliminação ou redução das atividades que não agregam valor, e não nas atividades que agregam valor. Portanto esses dados sugerem a existência de um ambiente propício para a realização de esforços voltados para a redução de desperdícios

Diagrama 6 - Enfoque das melhorias na Produção Enxuta e composição das atividades que agregam valor (AV), não agregam valor mas são necessárias (NAV.N.) e atividades que não agregam valor e não são necessárias (NAV).



Fonte: Adaptado de Hominiss Consulting (2012) e Hines e Taylor (2000)

Na primeira linha do Diagrama 6 consta a distribuição dos tipos de atividades apresentadas em função do tempo dispendido. A segunda linha demonstra o tamanho das oportunidades de ganho a partir do enfoque tradicional de melhorias, o de melhorar

as atividades que agregam valor. Por exemplo, soldar peças mais rapidamente. Já a terceira linha, representa as oportunidades de ganho a partir do enfoque da Produção Enxuta, o de eliminar ou reduzir ao máximo as atividades que não agregam valor. Por exemplo, excesso de produtos em processo aguardando para serem processados.

Existe uma grande diferença no impacto causado a partir do foco de atuação das melhorias. Para otimizar um processo de fabricação vigente já há anos, é necessário investimento em Pesquisa e Desenvolvimento, compra de tecnologias, compra de novas máquinas, etc. Já para eliminar uma atividade que não agrega valor, muitas vezes, basta apenas executar a mesma tarefa de forma um pouco mais organizada e bem planejada. Para ter um exemplo mais concreto, basta imaginar a seguinte situação:

Certo componente é manufaturado por uma máquina durante um intervalo de oito minutos. Em seguida ele é retirado da máquina e aguarda ao seu lado, em um pallet, até que outras 49 peças do lote também sejam processadas. Só então é que todo o lote é movido para o processo seguinte. A fim de reduzir esse longo tempo de espera, duas abordagens são analisadas:

- **Abordagem Tradicional:** o enfoque seria voltado para as atividades que agregam valor, onde haveria esforços para a melhoria do processo de usinagem, visando a diminuição do tempo de processamento de cada componente, e
- **Abordagem da Produção Enxuta:** ao invés de investir na melhoria do processo de usinagem, seria adota a prática de trabalhar e transportar lotes menores, de, por exemplo, metade do tamanho original. Dessa forma o processo seguinte receberia as peças na metade do tempo anterior.

### 2.1.5 OS DESPERDÍCIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA

A categoria das atividades que não agregam valor (NAV) foram segmentadas e classificadas em tipos diferentes de desperdícios, detalhadas de acordo com Ohno (1997) como:

- **Superprodução:** esse desperdício é caracterizado por produzir muito ou mais cedo do que a necessidade do cliente. A empresa estará usando recursos de forma

desnecessária gerando custos. A superprodução é um desperdício de destaque, pois gera boa parte dos demais desperdícios;

- **Estoques:** sob a óptica do cliente, estoques não geram valor algum, e ainda representam custos para as empresas. Esse desperdício é resultado da superprodução e tem como grave consequência o aumento do *lead-time* de produção, aumento da área necessária de armazenagem e aumento de recursos para gerenciamento dos estoques;

- **Espera:** a espera de pessoas, equipamentos, materiais e informações geram custos para a empresa e não agregam valor. É caracterizado por operadores olhando as máquinas trabalharem esperando peças ou componentes; por máquinas paradas devido às faltas de peças e por peças esperando para serem processadas;

- **Transporte:** o transporte de peças em processo, matéria-prima ou produto acabado de um lugar a outro da fábrica, ou entre fábricas, na maioria das ocasiões, não agrega valor ao cliente final, devendo, portanto, ser combatido;

- **Movimentação:** diferente do desperdício de transporte esse desperdício está ligado à movimentação de pessoas. Toda movimentação de operadores (procura de peças ou ferramentas, armazenamento ou caminhadas) que não resulte em transformação de produto são desnecessários, sendo assim consideradas desperdícios;

- **Defeitos:** é o desperdício gerado por peças defeituosas sendo: refugos (peças perdidas) ou retrabalhos (peças que necessitam ser processada novamente para serem aproveitadas); e

- **Processamento inadequado:** qualquer esforço que não gere valor ao cliente é considerado desperdício e deve ser eliminado. Esse desperdício caracterizado por processos desnecessários ou ineficientes para produzir as peças, devido ao projeto ou utilização de ferramentas inadequadas. Pode gerar perda de produtividade e defeitos. Mesmo processos de inspeção são desnecessários, pois utilizam recursos da empresa e não são revertidos em ganhos adicionais.

Alguns autores como o Liker (2005), consideram um oitavo desperdício;

- **Criatividade dos funcionários (talento):** esse desperdício é caracterizado pela perda de tempo, ideias e oportunidade de melhorias devido ao não envolvimento dos funcionários nos processos de melhoria.

A fim de eliminar esses desperdícios Rother e Shook (1999) propõem sete recomendações:

- **Produza de acordo com o seu *takt time*:** *takt time* é o ritmo que uma empresa deve produzir uma peça, baseado no ritmo de consumo dos clientes. O *takt time* é calculado dividindo o tempo disponível por turno pela demanda dos clientes por turno, como a Equação 1:

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível\ por\ turno}{Demanda\ do\ cliente\ por\ turno} \quad (1)$$

- **Desenvolva um fluxo contínuo onde for possível:** o fluxo contínuo significa produzir e passar para o próximo processo uma peça por vez, sem interrupção. Produzir em fluxo contínuo reduz o *lead time* e os estoques em processos, além de facilitar a detecção de defeitos.

- **Use supermercado para controlar a produção onde o fluxo contínuo não se estende aos processos flux acima:** em alguns pontos do fluxo não é possível utilizar fluxo contínuo e a fabricação de lotes é necessária devido a diversos motivos como: processos não dedicados, processos distantes, processos com *lead time* muito elevado ou com baixa confiabilidade. Para esses casos, recomenda-se a utilização de um sistema puxado com supermercados.

- **Tente enviar a programação do cliente para apenas um processo de produção:** após a implantação de sistemas puxados deve-se programar apenas um processo do fluxo, chamado de processo puxador. A programação desse processo define o ritmo de produção dos processos anteriores. O processo puxador deve ser o primeiro processo após o último supermercado do fluxo, ou seja, a partir do processo puxador não deve mais existir supermercado, somente fluxo contínuo.

- **Distribua a produção de diferentes produtos uniformemente no decorrer do tempo no processo puxador (nivele o mix de produção):** Produzir em lotes com grandes quantidades de peças implica na dificuldade de atendimento às necessidades dos clientes. Estes poderão requisitar peças diferentes da que está sendo produzida. Nivelar o mix de produtos significa distribuir a produção de diferentes



produtos uniformemente durante um período de tempo. Aumentando a flexibilidade do processo produtivo para o atendimento da real demanda do cliente.

- **Cria uma “puxada” inicial com a liberação e retirada de somente um pequeno e uniforme incremento de trabalho no processo puxador (nível o volume de produção):** Na quinta recomendação foi nivelado o mix de produção, já na sexta deve-se nivelar o volume de produção. Esse nivelamento deve ser realizado em um quadro (*Heijunka Box*) onde é mostrada a programação do processo puxador. Para cada janela de tempo, conhecida como *pitch*, será programado um determinado produto para ser produzido.

- **Desenvolva a habilidade de fazer “toda peça todo dia” nos processos de fabricação anteriores ao processo puxador:** TPT (toda peça todo dia) é a frequência com que um lote de determinadas peças é produzido, ou seja, o intervalo de tempo desde o início da produção de um tipo de peça até a próxima vez que esse item será produzido. Quanto menor o TPT, maior a flexibilidade do processo e menor os estoques em processo.

## **2.1.6 MAPA DE FLUXO DE VALOR**

Antes de seguir as recomendações propostas e realizar qualquer implementação ou de tomar qualquer tipo de decisão em relação a um fluxo ou linha de produção, é muito importante conhecê-lo bem. Uma ferramenta poderosa proposta por Womack e Jones no início dos anos 90 é o Mapa de Fluxo de Valor (*Value Stream Map*).

O MFV (Mapa de Fluxo de Valor) consegue reunir em apenas uma ferramenta as informações referentes tanto ao fluxo de materiais quanto ao fluxo de informações de determinada situação.

Segundo STEFANELLI (2007), o MFV é uma maneira muito utilizada para analisar e diagnosticar o estado atual bem como auxiliar no planejamento da situação futura da empresa, pois nele é possível percorrer o caminho tanto do fluxo de materiais quanto fluxo de informação desde o fornecedor até o cliente final e assim conseguir visualizar os focos de desperdícios a serem combatidos.

De acordo com FERRO (2006), o MFV diferencia-se por abranger os fluxos de materiais e informações relacionados a alguma família de produto e não somente focalizar processos individuais como nos tradicionais mapas de processos. Entretanto diz que é preciso ter cuidado ao trabalhar com o MFV e evitar certos tipos de equívocos quanto ao seu uso. Algumas recomendações são:

- Focalizar os esforços nos fluxos que exigem melhorias substanciais;
- Entender claramente a situação atual, não somente os problemas, mas também o porquê de suas ocorrências;
- Analisar cuidadosamente a situação atual, definir metas e objetivos para a situação futura; e
- Definir e buscar um consenso sobre a situação futura que possa ser implementada inicialmente sem grandes investimentos.

Um ponto bastante relevante é que durante a elaboração de um MFV devem ser colocadas apenas as informações necessárias ao fluxo estudado. Não utilizar ícones e informações irrelevantes que poluam o mapa. Os parâmetros básicos dos processos como Tempo de Ciclo, Tempo de Troca, Lead Time e Disponibilidade já são mais do que suficientes para a construção de um estado futuro.

Durante a realização de um mapeamento utilizando essa ferramenta, o grau de detalhe que se utilizará é de grande importância. Segundo FERRO (2006), olhar o fluxo de muito longe pode causar uma incapacidade de se enxergar o real estado atual, impossibilitando o desenvolvimento de uma situação futura. Por outro lado, olhar de muito perto significa enxergar apenas melhorias pontuais e sistêmicas. Sendo assim, para uma primeira visão o mapa pode não conter muitos detalhes dos processos individuais para garantir o entendimento do fluxo como um todo. Deve-se ter uma maior preocupação nos detalhes do fluxo, em específico, a ser melhorado somente após seu entendimento e identificação macro.

O Mapa de Fluxo de Valor adaptado para ser utilizado nos projetos de layout considera quais os tipos de movimentadores de materiais entre os processos e considera as distâncias percorridas por esses materiais no fluxo. Desta forma considera variáveis importantes no projeto de layout, como a distância percorrida e a forma de movimentação dos materiais (HOMINISS CONSULTING, 2011).

## Diagrama 7 - MFV adaptado para projetos de layout

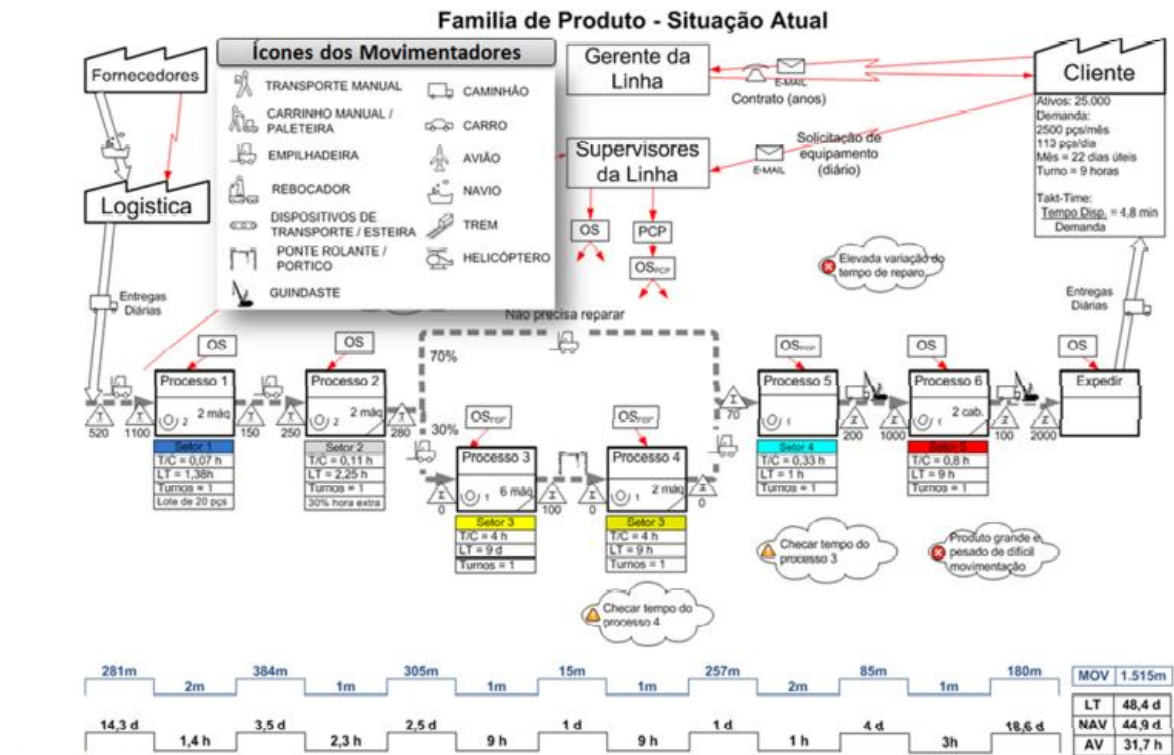


Figura 41 – MFV adaptado para projetos de layout.  
Fonte: adaptado pelo autor com base em RENTES, 2011.

Fonte: Adaptado pelo autor com base em RENTES (2011)

## 2.2 LOGÍSTICA

### 2.2.1 DEFINIÇÃO DE LOGÍSTICA

Para Bussinger (2008), a logística existe desde a antiguidade. Os líderes militares já utilizavam essa ciência nas guerras para o abastecimento das tropas. Era necessária a movimentação de tropas, equipamento e suprimentos em grandes distâncias. Sem que houvesse estudos e planejamento a fim de que os objetivos fossem alcançados não haveria avanço.

A Logística Empresarial é uma visão adotada pelas empresas na busca por melhoria de seus meios de administração, visando melhor rentabilidade nos processos para atendimento do mercado e clientes. Isto tudo é obtido através de foco em setores

que antes não eram tão valorizados: a armazenagem e movimentação e também a informação sobre os fluxos de mercadorias. Este campo está em grande expansão e promete grandes resultados para as organizações.

Na logística empresarial estão envolvidas todas as atividades de armazenagem e movimentação que contribuem para que um produto chegue ao local e tempo certo. Desde a extração da matéria-prima até o consumidor final. Segundo Pozo (2004), a Logística é vital para o sucesso de uma organização e trata-se de uma nova visão empresarial que direciona o desempenho das empresas.

Para Faria (2005), a logística está constantemente em ação, primando pela compreensão do tempo, que é um fator crítico de sucesso na busca de vantagem competitiva, pois não para em nenhum momento.

Com o avanço da tecnologia da informação, a agilidade e a flexibilidade foram transformados em fatores críticos de sucesso para a sobrevivência das empresas. É importante que elas possuam uma gama de produtos diversificados e que possam personalizá-los para atender ao desejo dos clientes. A logística, operando com a diversidade, quando bem gerenciada, pode tornar-se um recurso estratégico para obter vantagem competitiva, tanto pela possibilidade de oferecer um melhor nível de serviço ao cliente, quanto pela redução dos custos logísticos.

A logística *lean* é um sistema puxado com reposição em pequenos lotes, definido entre as empresas e plantas ao longo do fluxo de valor. Além disso, a logística *lean* necessita de um sinal para a puxada e de dispositivos para nivelar as etapas do fluxo de valor através de um modelo de entrega frequente em pequenos lotes (LÉXICO *LEAN*, 2007).

Na busca pela minimização e otimização de custos, os gestores de logística utilizam técnicas de logística integrada que geram informações específicas. A função desses profissionais é buscar caminhos para eliminar desperdícios, reduzir custos e otimizar resultados.

## 2.2.2 ATIVIDADES PRIMÁRIAS E DE APOIO

Segundo Pozo (2004), atividades primárias são fundamentais para a execução dos serviços logísticos. Elas geram os maiores custos ou são essenciais para o cumprimento das tarefas, são elas:

- **Transportes:** essencial para movimentação da matéria-prima e produtos, sem os quais nenhuma operação trabalha.
- **Manutenção de estoques:** os estoques agem como amortecedores entre oferta e demanda e são responsáveis por um ou dois terços dos custos logísticos.
- **Processamento de pedidos:** é o início do processo de movimentação, é crítico para atendimento de prazos.

Atividades de apoio por sua vez dão suporte ao desempenho das atividades primárias, são responsáveis por manter clientes e dar retorno aos acionistas, são elas:

- **Armazenagem:** administra os espaços para manter materiais, podem ser internos ou externos.
- **Manuseio de Materiais:** envolve a movimentação interna de matéria-prima, produtos em processo ou produtos acabados no estoque.
- **Embalagem:** na logística, tem a função de proteger os produtos e facilitar a movimentação dos mesmos.
- **Suprimentos:** responsável pela disponibilidade dos produtos, obtida através de fornecedores, quantidades e programação das compras.
- **Planejamento:** disponibiliza informações para a produção na quantidade certa e por quem deve ser feita, permite o cumprimento de prazos;
- **Sistema de Informação:** são as informações de custo e métodos que auxiliam no planejamento para cumprimento de prazos e melhoria da administração.

Uma das atividades de apoio citadas acima, de grande importância para o rendimento da produção e que será estudada adiante é a movimentação ou manuseio de materiais.

### **2.2.3 TRANSPORTE DE MATERIAIS**

Em uma indústria, para que exista um processo produtivo através da transformação da matéria-prima, é necessário que pelo menos um dos meios de produção se movimente, o homem, a máquina ou o material a ser modificado. Na maior parte das empresas é o material que se movimenta, exceto em alguns casos especiais. Segundo Moura (2005), na maioria dos processos industriais, o material é o elemento que predomina na movimentação. Em casos especiais, como na construção de aviões, equipamentos pesados, etc., homem e máquina convergem para o material, que permanece parado durante as etapas da manufatura.

Toda vez que um material é movimentado, é acrescido um custo na produção. Custo esse que não agrega valor sob a óptica do cliente e que normalmente acarreta em um acréscimo no preço final. Muitas vezes, principalmente nas indústrias metalúrgicas, a movimentação não é vista com grande importância, e a atenção especial fica concentrada nas atividades que agregam valor.

Conforme as dimensões das peças aumentam, torna-se mais difícil sua movimentação, isto obriga a indústria a mecanizar o processo, abandonando os trabalhos manuais do transporte interno entre as linhas de produção.

### **2.2.4 A EVOLUÇÃO NO TRANSPORTE DE MATERIAIS**

O homem sempre estudou meios de locomover-se e também de transportar materiais para que sua sobrevivência fosse da melhor forma possível, para tal, desenvolveu dispositivos que requisitavam de esforços cada vez menores.

Para Moura (2005), o homem começou com a aplicação da alavanca, da roda, das polias e do plano inclinado – para tornar seu trabalho de levantar, movimentar de um lugar a outro e carregar mais fácil, rápido e seguro. Há registros muito antigos de movimentação de materiais, alguns se referem ao transporte de blocos de pedra e estátuas no Egito Antigo. Sobre as obras egípcias, Moura (2005) constata que a construção de pirâmides e edifícios, a mineração, o movimento de pedras para as

estátuas, o transporte de água para as obras, a construção de navios e o embarque de cargas forçaram o desenvolvimento de guindastes, roldanas, carrinhos de mão e mecanismos similares.

Com o crescimento dos sistemas de manufatura, o homem foi, cada vez mais, desenvolvendo equipamentos de manuseio para reduzir os esforços físicos e aumentar a produtividade, pois a força humana e a animal foram tornando-se insuficientes. A Tabela 1 mostra um resumo da evolução de materiais:

Tabela 1 – Breve histórico do Transporte de Materiais

Pré-história	Alavanca, plano inclinado, rodas, polias, etc.
3.500 A.C.	1º carrinho que se conhece (museu do Egito).
1.500 A.C.	Egito - armazéns para 7 anos de abundância e 7 anos de escassez,
450 A.C.	Movimentação de 2.300.000 blocos para a construção da pirâmide de Queops.
30 A.C.	Fluxos na escrita "A Arquitetura", por Marcus Eitribius Pollio.
1436	Os venezianos estabelecem uma linha (1ª linha) de montagem para a construção de navios.
1500	O livro "De Re Metallica", de G. Agricola, mostra: carrinho de mão, veículos de tração para minas, sarilho, bombas de sucção, moinhos de água.
1700	Josiah Wedgewood (Inglaterra) aplica a movimentação mecânica na produção de louças de porcelana.
1780	Oliver Evans (USA) cria seu moinho de farinha "automático" próximo à Philadelphia (Relatado no livro: "The Young Mill Wright and Miller's Guide", publicado em 1795).
1796	Bolton e Walf (Inglaterra) criam os guindastes giratórios e aparelhos de elevação.
1860	Bolton & Wright instalam a 1ª ponte rolante.
1860	São introduzidos os primeiros transportadores contínuos para grãos
1880	Taylor estuda os movimentos (manuseios) nos postos de trabalho.
1906	Primeira empilhadeira motorizada.
1913	Henry Ford introduz a linha de montagem progressiva
1914	Ford introduz a padronização de embalagens
1920	Era da "Produção em Linha". Uso de paletes, empilhadeiras manuais, empilhadeiras motorizadas, moto trilhos, etc.
1930	Introdução da aplicação da carga unitizada na indústria e no comércio.
1946	Cantoneiras metálicas e perfuradas para estanterias
1950	Era da Mecanização. Os problemas de Movimentação de Materiais são equacionados pela aplicação do equipamento.
1960	Computadores e automatização se tornam um meio de controle da atividade de Movimentação de Materiais.
1966	Transelevadores em armazenagem automática.
1970	Evolução para Logística Integrada.
1980	Just-in-Time/Qualidade Total
1988	Globalização./ISO 9000
1992	Tecnologia da Informação
1994	ISO 14000 - Logística Reversa
1996	Condomínios e Consórcios Modulares
1998	Comércio Eletrônico
2000	Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento
2005	RFID - Identificação por Radiofrequência

Fonte: Moura (2005)

O transporte de materiais é comum a todos os tipos de empresas e está relacionada com o transporte, a armazenagem e a distribuição de matérias-primas e produtos acabados. Há algumas diferenças entre transportes e operações de movimentação, no geral, transportes são movimentos de longa distância, entre origem e fábrica ou entre fábrica e destino.

Já para transportes internos, estes são os que levam materiais entre as linhas de produção, assim, torna-se necessário ao homem deslocar-se entre os setores: caminhando ou com ajuda de veículos ou máquinas de transporte.



O manuseio de material efetua-se dentro do alcance das mãos, não sendo necessária a mudança de local.

Diagrama 8 – Manuseio, Movimentação e Transporte

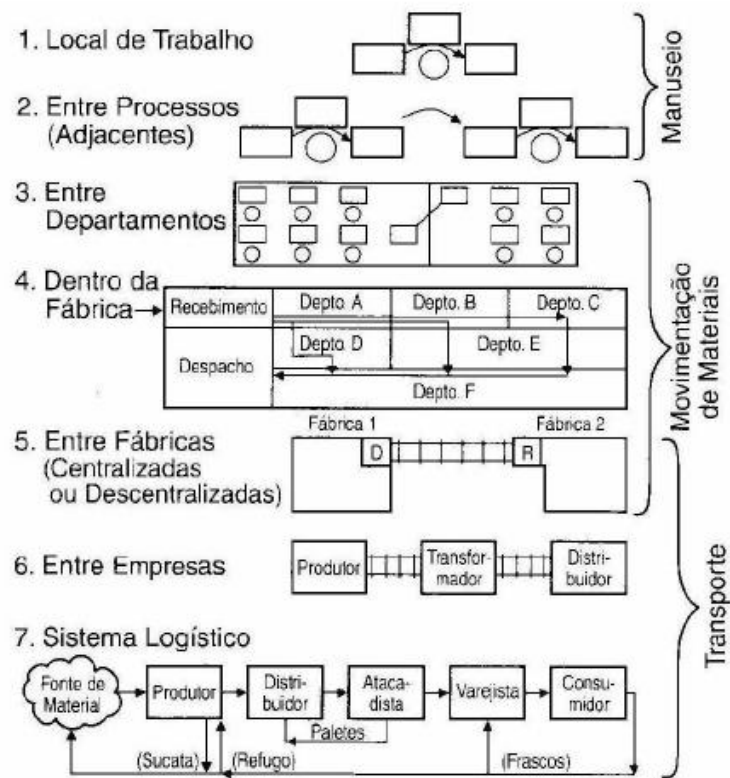


Figura 2 – Manuseio, Movimentação e Transporte  
Fonte: Moura (2005, p.19)

Fonte: Moura (2005)

## 2.2.5 CLASSIFICAÇÃO DE MOVIMENTAÇÃO E TRANSPORTE CONFORME ATIVIDADES

O transporte e a movimentação são classificados conforme as atividades:

- **Granel:** utiliza métodos e equipamentos para todo tipo de produto a granel, gases, líquidos e sólidos.
- **Cargas Unitárias:** cargas em recipientes de paredes rígidas ou individuais.

- **Embalagem:** são técnicas usadas no recipiente, para auxílio no manuseio e armazenagem.
- **Armazenamento:** corresponde ao recebimento, empilhamento ou alojamento de prateleiras.
- **Vias de Transporte:** carregamento, fixação de carga, desembarque de materiais por diferentes meios, portos, ferrovias ou rodovias.
- **Análise de Dados:** envolve o estudo de aspectos de movimentação como mapas, disposição física do equipamento, organização, segurança, visando a eficiência do transporte.

Conforme Dias (1993), o acréscimo no custo do produto proporciona-lhe maior valor, mas, no caso da movimentação, esta não contribui em nada. Um sistema de movimentação deve ser planejado para atender alguns requisitos essenciais para as empresas em geral, como: redução de custos, aumento de capacidade produtiva, melhor distribuição da armazenagem e condições de trabalho.

Para Francischini e Gurgel (2004) um eficiente sistema de movimentação de materiais deve seguir alguns princípios, dentro de suas possibilidades:

- **Obediência ao fluxo das operações:** disponha a trajetória dos materiais de forma que a mesma seja a sequência de operações. Ou seja, utilize sempre, dentro do possível, o arranjo linear.
- **Mínima distância:** reduza as distâncias e transporte pela eliminação de ziguezagues no fluxo dos materiais.
- **Mínima manipulação:** reduza a frequência de transporte manual. O transporte mecânico custa menos que as operações de carga e descarga, levantamento e armazenagem. Evite manipular os materiais tanto quanto possível ao longo do ciclo de processamento.
- **Segurança e Satisfação:** leve sempre em conta a segurança dos operadores e o pessoal circulante, quando selecionar o equipamento de transporte de materiais.
- **Padronização:** use equipamento padronizado na medida do possível. O custo inicial é mais baixo, a manutenção é mais fácil e mais barata e a utilização desse equipamento é mais variada por ser mais flexível que equipamentos especializados.

- **Flexibilidade:** o valor de determinado equipamento para o usuário é proporcional à sua flexibilidade, isto é, à capacidade de satisfazer o transporte de vários tipos de cargas, em condições variadas de trabalho.
- **Máxima utilização do equipamento:** mantenha o equipamento ocupado tanto quanto possível. Evite o acúmulo de materiais nos terminais do ciclo de transporte.
- **Máxima utilização da gravidade:** use a gravidade sempre que possível. Pequenos trechos motorizados podem elevar a carga a uma altura conveniente para suprir trechos longos de transportes utilizando a gravidade.
- **Método do espaço disponível:** use o espaço “sobre cabeças” sempre que possível. Empilhe cargas ou utilize suportes especiais.
- **Método alternativo:** faça uma previsão de um método alternativo de movimentação em caso de falha do meio mecânico de transporte. Essa alternativa pode ser bem menos eficiente que o processo definitivo de transporte, mas pode ser de grande valor em casos de emergência. Exemplo: prever espaço de movimentação de uma empilhadeira numa área coberta por uma ponte rolante.
- **Menor custo total:** seleciona equipamentos na base de custos totais e não somente do custo inicial mais baixo, ou custo operacional, ou somente de manutenção. O equipamento escolhido deve ser o que apresenta o menor custo total para uma vida útil razoável e a uma taxa de retorno do investimento adequado.

## 2.2.6 DESPERDÍCIOS LOGÍSTICOS

Recursos são necessários para executarmos/processarmos qualquer material ou serviço, seja ele grande ou pequeno, entretanto os problemas surgem por utilizarmos recursos improdutivamente, seja aplicando os recursos errados, falhando no momento de selecionar o recurso, ou direcionando recursos em direção à saída errada (MARTICHENKO, 2005).

Em qualquer dessas instâncias, desperdícios são criados. Custos estão incorridos, tempo dos colaboradores é consumido, crescimento e oportunidades de criação de valor são perdidos, e os clientes são deixados menos satisfeitos. Paralelamente aos desperdícios da produção enxuta os desperdícios logísticos estão presentes em

diversas áreas organizacionais, embora não estejam sempre visíveis dado o escopo das atividades logísticas.

Para Goldsby (2005) mais de 80 por cento dos trabalhos logísticos são realizados fora do alcance da supervisão, sugerindo que os processos logísticos devem ser elaborados cada vez de forma mais precisa e robusta, devendo atentar-se aos seguintes desperdícios:

- **Inventário:** é necessário para lidar com demandas de curto prazo, prover cobertura para desnivelamentos e para evitar possíveis rupturas. O problema central baseia-se em seu correto dimensionamento, devendo ser determinado o quanto é realmente necessário para atender aos pedidos dos clientes e gerar o menor custo;
- **Transporte:** gestores podem obter vantagens utilizando oportunidade de redução de custos e melhorias de processo. Muitas organizações ainda olham para o transporte como uma entidade isolada e não reconhecem os *trade-offs* e implicações por buscarem meramente a redução de custos. A chave está em dimensionar corretamente os recursos de transporte para as necessidades da organização;
- **Espaço:** muitas organizações não imaginam sua rotina sem grandes armazéns. Qual é a área realmente necessária para comportar a atual e futuras demandas? Torna-se complicado lidar com sazonalidade e os custos fixos estão sendo totalmente utilizados? ;
- **Tempo:** há diversos custos associados aos desperdícios de tempo e atrasos em entregas. Projetar processos de entrega robustos a custo baixo deixou de ser apenas um diferencial competitivo e tornou-se um requisito para o crescimento sustentável;
- **Embalagem:** para algumas pessoas embalar pode representar apenas um adendo dentro de diversas operações, porém a embalagem pode representar grandes oportunidades para prevenir danos, aprimorar o fluxo e eficiência e auxiliar na redução de custos;
- **Administração:** tenta fiscalizar as atividades logísticas e regulando os fluxos de produtos, informações e dinheiro. Organizações presenciam desperdícios quando dependem da administração para coordenar esses fluxos na ausência de processos que permitam a ocorrência natural e desejada, de maneira eficiente, das atividades estabelecidas; e

- **Conhecimento:** o menos conhecido e compreendido recurso na gestão e sucesso de um negócio. Não pode ser facilmente quantificado, mas trata-se do recurso mais comumente desperdiçado nas organizações. Corriqueiramente as funções estratégicas enxergam as áreas operacionais como subordinados voltados à execução dos planos desenvolvidos nas áreas estratégicas.

### 2.2.7 LAYOUT

Para facilitar o entendimento de layout, podem-se enunciar algumas definições do mesmo:

“O *layout* industrial é a representação espacial dos fatores que concorrem para a produção envolvendo homens, materiais e equipamentos, e as suas interações (CAMAROTTO, MENEGON, 2006).”

Para Olivério (1985), o layout é um estudo sistemático que procura uma combinação ótima das instalações industriais para melhoria da produção dentro de um espaço disponível.

E, segundo Matos (1998), *layout* é a disposição física do equipamento industrial, incluindo espaço para movimentação, armazenamento, equipamentos e pessoal.

A movimentação é amplamente afetada pelo *Layout*. Deve-se, portanto, organizar as linhas de produção de modo a facilitar a movimentação eliminando movimentos desnecessários. Trata-se de um ponto de alta relevância, pois, segundo Francischini e Gurgel (2004), as organizações possuem equipes treinadas para estudar *layout* e em alguns casos, até consultorias trabalham na definição.

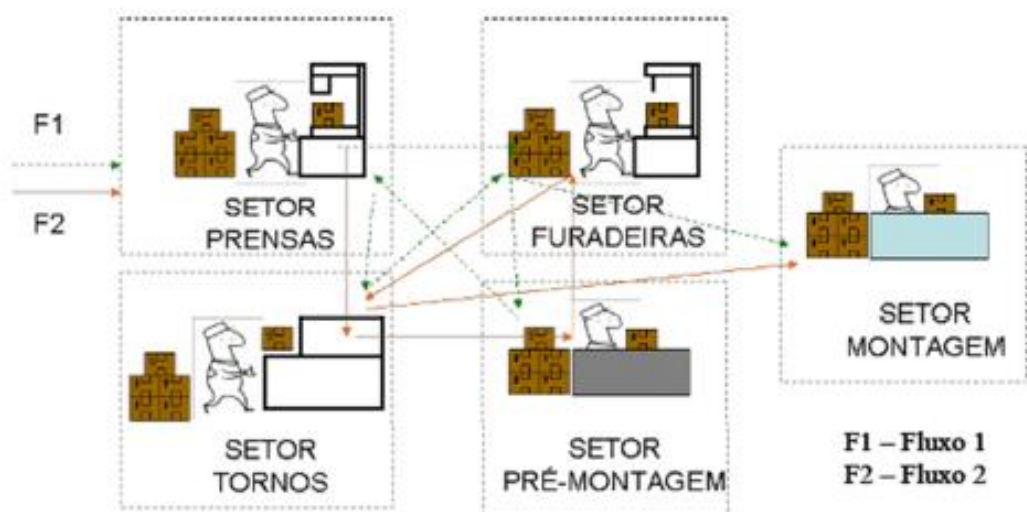
## 2.2.8 PRINCIPAIS TIPOS DE LAYOUT

Para Silva (2009) existem quatro tipos tradicionais de *layouts*: *layout* funcional ou por processo, *layout* por produto ou em linha, *layout* posicional e o *layout* celular. Esses são os conceitos de *layout* mais encontrados nas empresas.

- **Layout Funcional (por processo)**

Neste modelo de *layout*, os equipamentos são organizados e agrupados através de suas similaridades de operações dentro do processo de produção, independentemente do produto processado. É bastante característica a presença de departamentos ou setores de processo agrupando máquinas semelhantes. É comum encontrar as nomenclaturas nas fábricas: setor de estampagem, departamento de usinagem, seção de tingimento, setor de acabamento, etc.

Figura 1 – Exemplo de layout funcional

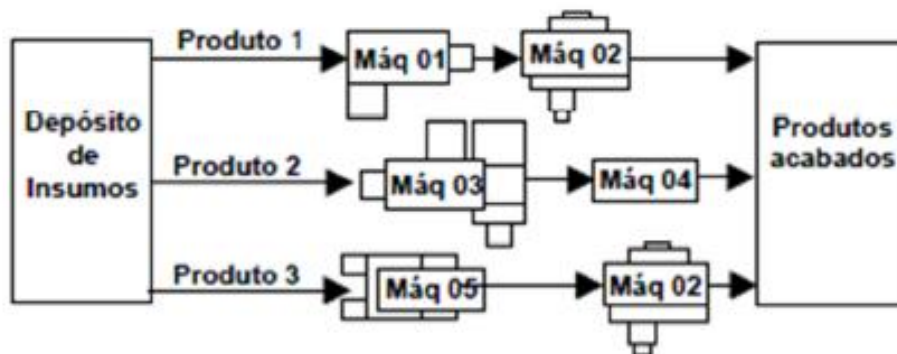


Fonte: SILVA (2009)

- **Layout por Produto**

Neste tipo de *layout*, a disposição dos postos de trabalho obedece a sequência do processamento do produto, formando um conjunto de equipamentos, mantendo em comum o processamento sequencial de partes de um produto.

Figura 2 – Exemplo de layout por produto

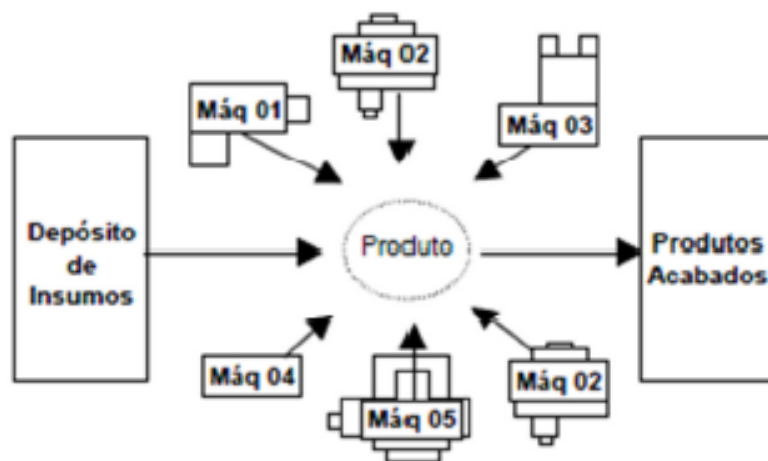


Fonte: TORRES (2001)

- **Layout Posicional**

Para Silva (2009), este é um tipo muito particular de *layout* e, normalmente, é utilizado na fabricação de produtos de grande porte ou produtos que permanecerão fixos no local de fabricação. O material a ser trabalhado permanece parado enquanto os operadores e equipamentos se movimentam ao seu redor. Exemplos: navios, aviões e pontes.

Figura 3 – Exemplo de layout posicional



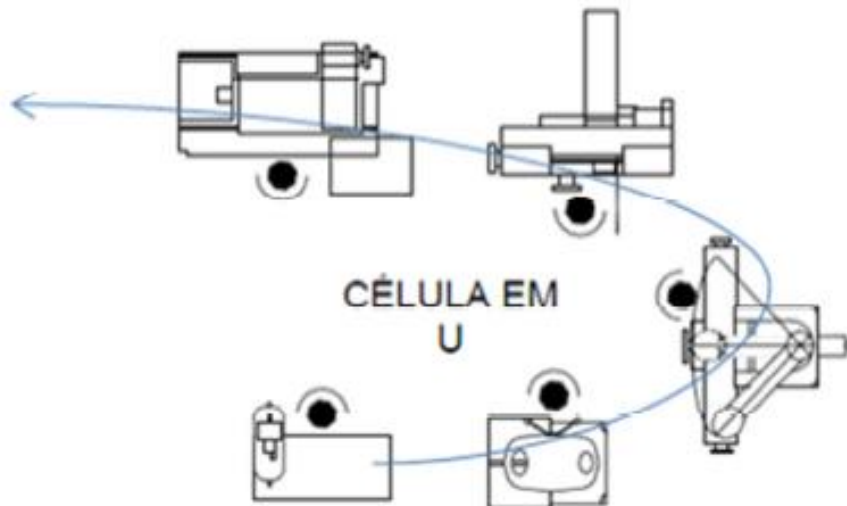
Fonte: TORRES (2001)

- **Layout Celular**

De acordo com Rother e Harris (2002), uma célula é definida como um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos em que as etapas do processo estão

próximas, ocorrem em ordem sequencial e as partes são processadas em fluxo contínuo. O *layout* físico de uma célula em “U” é o mais conhecido, mas muitas formas são possíveis.

Figura 4 – Exemplo de layout celular



Fonte: Adaptado pelo autor com base em SILVA (2009)

## 2.3 A ABORDAGEM LEAN NA LOGÍSTICA

### 2.3.1 A LOGÍSTICA ENXUTA E SEUS OBJETIVOS

Baudin (2004) define a Logística Enxuta como uma dimensão da Produção Enxuta. Os objetivos de qualquer negócio ou organização pode ser sintetizado de diferentes maneiras através de diferentes perspectivas. Para logística, uma das mais relevantes é a chamada de 2F's: Eficácia e Eficiência.

Ser eficaz significa obter e fazer as coisas certas, enquanto ser eficiente trata sobre realizar as coisas sem desperdiçar recursos (DRUCKER, 1967). A eficácia representa o “O que” e a eficiência o “Como”. Em vários casos a eficácia recebe prioridade, e a eficiência não é plenamente buscada. É sob essa perspectiva que muitos gerentes de materiais de empresas de manufatura agem quando se preocupam mais em



manter os caminhões cheios e operadores de empilhadeiras ocupados ao invés de se preocuparem em entregar as partes certas, nas quantidades certas, na hora certa e na disposição correta para a produção.

Por definição, a logística não transforma materiais. A partir disso, muitos autores de produção enxuta concluem que na logística não há agregação de valor. Autores de logística argumentam que logística entrega o valor tempo e lugar. No início de uma corrida uma bicicleta é muito mais valiosa em suas mãos do que a 500 metros de distância.

Para as empresas de manufatura, como um todo, há muito mais em jogo na qualidade dos serviços fornecido pela organização logística do que diretamente na produtividade de seus colaboradores ou dispositivos. As operações logísticas ocupam muito mais espaço que as operações, mas os número de colaboradores de produção superam os colaboradores logísticos em 10 para 1 e os investimentos em maquinário e instalações são maiores que os usados em transporte, movimentação e estocagem.

Caso exista um motorista de empilhadeira adicional em um organização, este pode custar anualmente algumas dezenas de milhar para a empresa, mas a escassez pode custar milhões (FRAZELLE, 2001). Em suas pesquisas ele aponta indicadores de performance logísticos que abordam gastos, produtividade, qualidade e capacidade de resposta sem nunca sugerir que qualidade e capacidade de resposta, que medem eficácia, devam ser trabalhadas antes mesmo que custos e produtividade, que se referem à eficiência.

De acordo com Baudin (2004) os objetivos da logística enxuta podem ser estabelecidos como:

- Entregar os materiais necessários, no momento certo, na exata quantidade e convenientemente dispostos, para a produção e para os clientes.
- Sem prejudicar as entregas, buscar a eliminação de desperdícios no processo logístico.

## **2.3.2 CONCEITOS DE FLUXO DE MATERIAIS NA LOGÍSTICA LEAN**

A principal razão em se manter os estoques é visando a prevenção da escassez. Manter grandes estoques perde seu intuito conforme a variedade de componentes e produtos utilizados aumenta. Ao invés de um estoque de segurança, o resultado, conhecido como o “Paradoxo do estoque”, são armazéns cheios de itens, porém com exceção de algum item necessário para um produto, e sem o qual, nenhuma unidade pode ser montada e expedida.

A abordagem enxuta ao invés de buscar um estoque mínimo necessário para suportar a produção busca monitorar de perto, planejar a produção para regular a taxa de consumo de cada item ao longo do tempo, organizar a logística de abastecimento para deixar os lead times de reposição mais previsíveis e responder com contramedidas ao primeiro sinal de problemas (BAUDIN, 2004).

A logística deve ser adaptada para usos específicos e não encarada como soluções padrão. A maioria das organizações possui uma só abordagem para os trabalhos logísticos. Um padrão bastante encontrado em operações logísticas dentro de uma planta:

- Componentes chegam em carregamentos lotados, sendo um caminhão de cada fornecedor.
- Operadores utilizam empilhadeiras para esvaziar os caminhões (um palete por vez).
- Após o recebimento, empilhadeiristas posicionam os paletes em qualquer posição vazia de uma prateleira e catalogam a localização através de um rádio.
- Os empilhadeiristas retiram paletes, cheios, do armazém e registram a operação através de um rádio.
- Entregam paletes cheios, onde quer que encontrem espaço, de modo a ficarem próximo da área de produção.

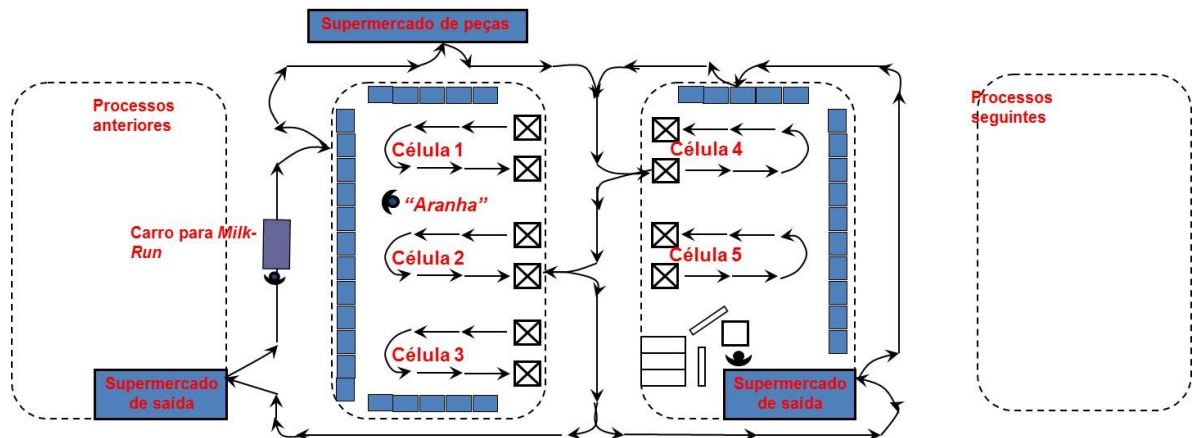
O mesmo padrão é aplicado para todos os itens, independentemente das quantidades necessárias ou frequência de uso. A organização logística está atrelada a essa abordagem de solução única e sua gestão está particularmente preocupada que seus

membros não sejam capazes de lidar com a complexidade associada a uma diferente abordagem para cada categoria de itens.

A perspectiva da logística enxuta é oposta. Independentemente de qual abordagem seja escolhida, ela será eficiente e eficaz para alguns itens e não para outros. Se uma linha possui uma taxa de consumo de um palete a cada vinte minutos para um item, então há sentido em entregar este item em um palete completo. Se para um item, um palete comporta doze caixas e uma caixa abastece a linha durante uma semana, as entregas não devem ser maiores que uma caixa. Também não há sentido em usar uma empilhadeira para entregar a caixa, existem outros meios de transporte que deveriam ser utilizados, como por exemplo, um dispositivo que comporte um carregamento de diferentes tipos de caixas de diferentes itens. Adaptar a abordagem para os resultados buscados implica em um sistema mais complexo, e a organização logística pode necessitar de treinamentos para lidar com a nova situação.

A necessidade de movimentar pequenas quantidades de um grande número de itens, seja entre plantas ou internamente, com rapidez, *lead time* previsível e sem multiplicar os custos de transporte forçou a produção enxuta a organizar recolhimentos e abastecimentos em posições fixas através de rotas fixas denominadas “*milk runs*”. O termo faz referência à entrega de leite em domicílios realizadas na década de 1960. O conceito de *milk run* se aplica em diferentes situações, tanto para logística de recebimento, logística de distribuição e logística interna ao menos para uma parcela dos itens envolvidos, na Figura 5 é mostrado o *milk run* interno:

Figura 5 - Milk Run Interno



Fonte: Adaptado pelo autor com base em BAUDIN (2004)

Dentro de uma planta, despachar empilhadeiras para atender a pedidos de retirada pode ser visto como um sistema de táxi, e em oposição o *milk run* pode ser enxergado como ônibus, pegando e deixando passageiros em um série de paradas programadas, em intervalos fixados e rotas regulares.

Paralelamente a utilização de embalagens retornáveis, atrelado ao *milk run*, também traz algumas vantagens:

- Realização de mais viagens, tornando-os mais econômicos do que embalagens de uso único que devem ser descartadas ao término de seu uso e de uma maneira ambientalmente correta;
- Podem ser adaptadas para serem utilizadas e alocadas diretamente no local de uso, de modo a impedir que os operadores insiram itens em locais incorretos e, deixando a contagem mais simples. Embalagens personalizadas são muito caras para serem utilizadas uma única vez;
- A estrutura do *milk run* proporciona suporte para o retorno das embalagens vazias; e
- O número de containers retornáveis em uso para determinado item é controlado e também controla o número de peças em processo.

### 2.3.3 CONCEITOS DE FLUXO INFORMACIONAL NA LOGÍSTICA LEAN

Produção Enxuta muitas vezes é descrito como “Sistema Puxado” em oposição ao “Sistema Empurrado” que substitui. Atualmente esse conceito não é mais somente utilizado dentro de uma linha de produção, também pode ser aplicado no transporte de itens entre diferentes plantas ou entre linhas dentro de uma mesma planta.

Segundo BAUDIN (2004), a principal diferença entre os sistemas puxado e empurrado reside em:

- No sistema puxado, as partes não se movem até que o destino emita um sinal de que estão prontos para recebê-los; e
- No sistema empurrado, a parte se move logo que ficar pronta, independentemente das condições do local de destino.

Diversos gestores falham ao lidar com a lógica do sistema puxado. Eles visam mover os itens logo que estejam prontos, pois assumem que se tornarão bem acabados mais rapidamente. No sistema puxado os itens devem permanecer em um buffer ao fim da linha e de maneira visual até que um sinal de puxada chegue. Se a saída da linha de produção é em paletes, mas o sinal de puxada é para caixas individuais, são as caixas que devem ser movidas. Os *buffers* de saída funcionam como prateleiras de uma loja de compras, onde as peças que ainda não foram compradas continuam expostas.

O sistema puxado permite que decisões locais sejam tomadas localmente, usando uma lógica que torna as decisões naturalmente coerentes com as expectativas globais do negócio. Conceitualmente trata-se de uma ferramenta bastante simples, mas levá-lo à prática, com diversos produtos, processos, pessoas e equipamentos não é.

Os sinais de puxada podem ser de diversas formas, seja através de caixas vazias, cartões de sinal ou até sinais eletrônicos.

Atualmente, “Sistema de Informação” tornou-se sinônimo para “Sistema Computacional”, mas, na abordagem da produção enxuta, o sistema de informação combina a gestão visual com sistemas computacionais. Projetos de 5S bem sucedidos tornam a fábrica não só mais limpa, mas fácil de entender e fluir. Para um visitante de

primeira viagem em um supermercado bem iluminado e claramente demarcado poderá encontrar o que procura sem a necessidade de pedir ajuda, mas o desafio em se encontrar algum item em um local inexplorado e sem demarcações torna-se bastante custoso.

Também não há somente uma única abordagem que possa ser chamada de “Planejamento Enxuto e Programação”, mas existem alguns princípios que podem ser aplicados de diferentes maneiras dependendo das circunstâncias:

- **Separar o “trabalho frequente” do “trabalho esporádico”:** ao dizer para a planta o que deve ser feito, quando deve ser feito, e com quais recursos, a abordagem lean também deve se adaptar às diferenças de demandas que a planta deve suportar. Existe uma distinção chave entre os itens: aqueles que são frequentemente produzidos e aqueles esporádicos. Esta classificação é baseada na relação da quantidade de produtos e de sua periodicidade. Isso nos leva a uma classificação ABC, onde tanto os produtos como seus componentes devem ser analisados. Os produtos na categoria A devem possuir linhas de produção dedicadas e os B linhas dedicadas por famílias de produtos. Juntos, normalmente os produtos das categorias A e B representam cerca de 90% do volume total. Os produtos C são de baixo volume, de alta variedade e esporádicos. Programar os produtos A não passa de uma questão de ajuste de volume. Para os B, significa sequenciar os itens através das linhas de produção visando maximizar a saída, minimizar o material em processo, ou regulando o fluxo de chegada de materiais. Ordens C são tratados como “projetos individuais” e são feitos a partir do zero;

- **Não priorizar itens de trabalho frequente que já estejam em processo:** até mesmo os itens de trabalho frequente chegam através de ordens dos clientes, que podem ser priorizadas como desejado somente até antes de serem liberadas para a produção. Ao atingir esse ponto os materiais estão comprometidos e o trabalho ocorre seguindo a lógica FIFO (*First In First Out*) até que a ordem completa saia da linha de produção. Isso só é aplicável com a abordagem enxuta que visa reduzir o *lead time* das ordens de produção. Caso a planta já esteja totalmente ocupada, o lead time da ordem pode aumentar, mas a espera deve ocorrer somente antes da produção ser iniciada e não no meio do processo. As exceções, por definição, são em respeito ao trabalho esporádico, feito por recursos ou tempo alocados para esse propósito, não sendo permitido interferir no trabalho frequente, deve ser planejado;

- **Não construir produtos incompletos:** produtos incompletos significa a formação parcial de itens com a falta de alguns componentes, o que cria estoque de unidades que estão “99% prontas”, mas que não podem ser expedidas e que geralmente implicam em erros de operação e dificultam a montagem. Curtos *lead times* também auxiliam para que esse princípio possa ser praticado; e

- **Integrar o planejamento e programação da produção com o sistema puxado:** com um sistema puxado, programação explícita só é necessária no topo da cadeia – o início da montagem final em uma montadora de veículos – através de sinais de puxada a informação corre a montante. O resultado final não é a eliminação da necessidade de programação, mas sim a sua descentralização. Programar algumas células é muito mais simples do que programar toda uma planta com centenas de máquinas e milhares de componentes.

Na Logística Lean a comunicação com os fornecedores vai muito além de simples transações comerciais:

- **Utilizar o MRP para previsão:** MRP, o original “Materials Requirements Planning”, é executado na produção enxuta como em qualquer outra abordagem. A diferença está no uso da saída que ele fornece. Na produção enxuta, o MRP é utilizado estritamente para traduzir previsões de demanda de bens acabados em previsão de compra de matérias-primas;

- **EDI e Kanbans:** *Kanbans* são sinais que circulam pela produção, normalmente em forma de cartões, que servem como sinal de puxada e foram usados pela Toyota como um meio de emitir ordens para fornecedores para alguns itens desde 1949. Atualmente podem ser utilizados códigos de barras, códigos RFID para gerar eletronicamente o sinal de puxada do sistema kanban, os chamados EDI (*Electronic Data Interchange*);

- **Gestão de estoque e consignação:** o acesso ao inventário do cliente pode ser liberado ao fornecedor, que por sua vez possui permissão para expedir itens assim que os pontos de pedido forem atingidos. A consignação delega mais responsabilidades para o fornecedor, permitindo que ele ainda seja o responsável pelo estoque no cliente: até que as partes sejam utilizadas. Pode-se adotar o método de pagamento por uso, onde o fornecedor é pago baseado na quantidade de seus itens incorporados nos produtos acabados que foram expedidos,

- **Monitorar o desempenho do fornecedor:** o histórico de transações com cada fornecedor deve ser sumarizada dentro de algumas métricas de desempenho que são utilizadas para certificar alguns fornecedores como fidedignos, outros como precisando de auxílio para obter essa certificação e os que são candidatos à substituição.

## **2.4 TRANSPORTE INTERNO**

### **2.4.1 MEDIÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE TRANSPORTE**

Para as logísticas de recebimento e de distribuição, as distâncias podem variar de alguns poucos quilômetros para milhares, e com certeza trata-se de uma consideração central. Dentro das fábricas, em contraste, comumente ocorrem transportes entre 50 e 500 metros, mas independentemente da distância, internamente, os pontos a seguir devem acontecer:

- A quantidade mínima para transporte deve ser acumulada no ponto de origem;
- Os itens devem estar preparados para serem transportados, o que pode implicar, por exemplo, na necessidade de arranjá-los em caixas e colocá-las em paletes;
- Um veículo precisa buscar os itens, por exemplo uma empilhadeira com um motorista; e
- No ponto de destino, as partes devem ser preparadas para produção (ser removidas dos paletes e caixas e possivelmente serem colocadas em prateleiras de uso).

Diminuir a distância entre duas linhas pela metade não fará muita diferença, mas integrar as duas linhas e eliminar o transporte, sim.

O primeiro passo para análise do transporte interno é medir o volume de tráfego entre destinos. Se um paleté é transportado do ponto A para o ponto B a cada 20 minutos, então provavelmente seja interessante encontrar uma melhor solução, o que pode envolver alteração do arranjo físico da planta para integrar os pontos A e B e



eliminar o transporte. Por outro lado, se essa rota é percorrida somente uma vez por mês, não trata-se de um alvo potencial para essa melhoria.

Após a identificação da rota de maior volume, o próximo passo é seguir uma entrega e observar o que ocorre com ela. Uma maneira de mensurar isso é contando quantas vezes o item é tocado ao percorrer do fluxo, como uma unidade e como um palete. Em uma planta onde a produção ocorre em diferentes andares, existe a movimentação vertical do produto, o que implica na necessidade de mais recursos em comparação à cenários de um único andar, portanto é necessário contar as ocorrências nos dois casos (movimentações verticais e horizontais).

Até mesmo onde a produção ocorre em um andar simples, podem haver movimentações verticais para armazenamento e retirada de paletes de prateleiras, implicando na necessidade de equipamentos mais caros e operadores capacitados.

Segundo FREIRE (2008), outro método empregado para análise do desempenho do sistema de transporte está baseado na seguinte classificação:

- **Movimentações Ativas:** deslocamentos dos produtos na direção do consumidor; são as movimentações mais úteis para a empresa, pois aproximam produtos e consumidores;
- **Movimentações Passivas:** deslocamentos dos meios necessários para a movimentação dos produtos na direção do consumidor, mas que não fazem parte deles. Embalagens, empilhadeiras, meios de transporte em geral, que se movimentam dentro da empresa e levam os produtos na direção do consumidor, são os principais recursos envolvidos na movimentação passiva; e
- **Movimentações Parasitas:** deslocamentos realizados na direção contrária à do consumidor. Geralmente retornam embalagens, meios de transporte ou até mesmo produtos entregues em excesso ou com problemas de qualidade.

É fácil notar que somente movimentações ativas deveriam ser realizadas. Movimentações passivas deveriam ser minimizadas, pois sua redução significa aumento da eficiência e da produtividade no uso de recursos para viabilizar as movimentações ativas. Já as movimentações parasitas deveriam ser eliminadas, pois não acrescentam valor direto ao produto. Isso, porém, nem sempre é possível nas tecnologias disponíveis.

As movimentações possuem, em geral, duas dimensões, que, combinadas, produzem bons indicadores: distância percorrida e peso. A multiplicação dessas dimensões produz o indicador mais utilizado na avaliação das movimentações internas, o momento logístico. O cálculo do momento logístico para operações internas mostra, em geral, surpreendentes valores de eficiência.

Para exemplificar esse conceito FREIRE (2008), utiliza a seguinte análise: considere-se o seguinte movimento típico dentro de áreas de produção: uma empilhadeira de 1500 kg, levando uma carga completa de 1500 kg (1450 kg de produto acondicionado em 50 kg de embalagens), por um trajeto de 50 metros entre linha de produção e estoque final. As seguintes movimentações são geradas:

$$\begin{aligned} \text{Movimentação ativa} &= 1450 \text{ kg de produto} \times 50\text{m} \\ &= 72500 \text{ kg.m (47\% da movimentação total)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Movimentação passiva} \\ &= [1500 \text{ kg (empilhadeira)} + 50 \text{ kg (embalagens)} \\ &\quad + 70 \text{ kg (operador)}] \times 50 \text{ m} \\ &= 81000 \text{ kg.m (53\% da movimentação total)} \end{aligned}$$

Os momentos logísticos das movimentações do exemplo mostram que somente parte (47%) da movimentação total realmente acrescenta algum valor ao produto (movimentação ativa); o restante é fruto da distância entre as áreas de produção e estoques e da tecnologia de deslocamento e embalagem empregadas, ou seja, empilhadeiras e embalagens especificadas. Se lembrarmos que movimentações desse tipo ocorrem dezenas de vezes por dia, durante meses e anos, podemos avaliar o potencial de melhoria existente nessas pequenas operações.

Ao se considerarem, também, as viagens de empilhadeiras com cargas parciais, vazias ou de retorno de paletes e embalagens do estoque final para pontos intermediários da produção, que caracterizam a movimentação parasita, tem-se um quadro mais real das movimentações dentro das empresas, cuja parcela ativa raramente

ultrapassa 30% do total. Isso significa muita movimentação para pouco produto transportado.

Mudanças nas tecnologias de deslocamentos internos e de embalagens, evitando a movimentação de equipamentos (como o uso da gravidade entre linha e estoque) e reduzindo o peso total de não-produtos transportados, tendem a reduzir o momento logístico passivo, melhorando a produtividade das atividades. Investimentos nessas tecnologias, que privilegiam a movimentação ativa, têm-se mostrado altamente vantajosos a médio e longo prazos. Além de reduzirem custos em operações repetitivas, essas tecnologias trazem também um impacto ambiental positivo, reduzindo o uso de energias pagas, como combustíveis e eletricidade, além da correspondente redução de emissões de gases e poluentes.

## **2.4.2 EQUIPAMENTOS DE TRANSPORTE**

Os equipamentos de transporte são os itens que proporcionam agilidade, além de melhores condições aos operadores no manuseio e transporte interno das empresas. Devem ser dimensionados corretamente para obtenção do máximo desempenho de suas funções que, conseqüentemente contribuirão para o aumento de produtividade.

Segundo Dias (1993), a classificação que normalmente é adotada para os equipamentos de movimentação e transporte situa-os em grupos bastante amplos, de acordo com uma generalização geométrica funcional.

Tabela 2 – Características dos movimentos e tipos de equipamentos

CARACTERÍSTICAS DOS MOVIMENTOS		EQUIPAMENTOS
Roteiro	Programação repetitiva	Monovias ou manipuladores
	Programação aleatória	Empilhadeiras, paleteiros
Frequência de movimentação	Fluxo contínuo de materiais	Correia transportadora, correntes
	Fluxo intermitente de materiais	Tratores para movimento horizontal
Distâncias percorridas	Distancias curtas e freqüentes	Empilhadeiras, paleteiros
	Distancias longas e sistemáticas	Comboios tracionados por tratores industriais
Ambiente fabril	Interno	Empilhadeiras elétricas que evitam a contaminação das mercadorias e dos operários
	Externo	Tratores movidos a GLP ou diesel
Direção do fluxo	Horizontal	Tratores industriais, correias, correntes
	Vertical	Elevadores de carga
Acionamento	Manual	Paleteiros
	Motorizado	Empilhadeiras e tratores industriais

Fonte: Francischini e Gurgel (2004)

São vários os equipamentos para movimentação de materiais, cada um com sua finalidade (tipos de roteiro, frequência de uso, distâncias a serem percorridas, ambiente de operação). Alguns fatores devem ser considerados para a escolha do melhor item de movimentação: deve-se observar o tipo de piso (características de resistência e conservação), as medidas dos corredores e passagens, o pé direito (altura máxima para utilização de equipamentos de elevação dentro do prédio), a adequação quanto aos tipos de combustíveis em locais fechados, possibilidade de acidentes e energias a serem utilizadas.

Também é importante avaliar o investimento necessário, custos de operação, tempo envolvido, manutenção necessária e expectativa de vida. Entretanto, muitas organizações não adotam as vantagens que dos diversos tipos de veículos podem proporcionar às suas diversas necessidade. Por exemplo, eles podem utilizar somente empilhadeiras ou esteiras, que são desnecessariamente caras e desempenham um trabalho inadequado em tarefas em que possuem baixo desempenho. Existem diversas opções de veículos e dispositivos disponíveis, entre os mais comuns são encontrados:

## 1. Empilhadeiras

São bastante comuns e imediatamente veem a mente em qualquer discussão sobre logística interna. São versáteis e poderosas, mas também possuem desvantagens:

- Custam dezenas de milhares de reais.
- Só podem ser operadas por motoristas com treinamento específico.
- São um perigo para a segurança e devem circular em áreas delimitadas.
- São apropriadas para transportar cargas em paletes e não pequenas quantidades.

Figura 6 – Empilhadeira



Fonte: <http://armquip.com/>. Acessado em Out. 2013

## 2. Paleteiras

Paleteiras manuais ou elétricas como as mostradas na Figura 7 são alternativas mais baratas em relação às empilhadeiras e são utilizadas para pequenas movimentações horizontais e não necessitem de treinamento especializado. Comumente não são utilizadas para longos carregamentos, mas as únicas tarefas que não conseguem realizar: acessar paletes empilhados ou os compartimentos mais elevados de prateleiras.

Figura 7 - Paleteira Elétrica e Paleteira Manual



Fonte: <http://armquip.com/>. Acessado em Out. 2013

### 3. Carrinhos de empurrar

Quando movimentando peças em caixas ao invés de cargas paletizadas, o simples carrinho de empurrar (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) é barato, seguro, e pode ser operado por qualquer um em corredores mais estreitos. São fáceis de manobrar quando somente as rodas da frente giram, mas modelos com as quatro rodas móveis podem ser úteis em cantos apertados.

Como uma variação, os carrinhos podem possuir prateleiras que inclinam quando estiverem vazias, facilitando o acesso às inferiores. O carrinho articulado é um dispositivo eficiente para o transporte, mas não para ficar no ponto de uso, pois ocuparia muito espaço para um único tipo de item.

Figura 8 - Carrinho de Empurrar



Fonte: <http://armquip.com/>. Acessado em Out. 2013

#### **4. Comboios e Rebocadores**

Nem mesmo a empilhadeira ou o carrinho de empurrar são adequados para entregar milhares de itens através de caixas, em múltiplos locais a cada meia hora, cenário muito comum em montadoras automobilísticas. A solução é conectar diversos carrinhos em um rebocador e puxá-los através das rotas designadas, onde o motorista também é responsável por carregar e descarregar as caixas ao longo do trajeto.

Figura 9 – Rebocador



Fonte: <http://www.ktecinc.com>. Acessado em: Out. 2013

#### **5. Correias e Esteiras**

Desempenham um papel central na abordagem não enxuta para a automação. Eles são muito menos favoráveis no mundo da produção enxuta, o que pode parecer surpreendente, pois podem oferecer um modelo de fluxo contínuo para pequenas quantidades, mas podem tornar-se um acúmulo de cargas descontínuas. Se forem mal projetadas ou muito extensas estaremos automatizando o desperdício. Devem ser usados para transporte dentro de uma linha e não entre linhas ou para consumos altos e estáveis.

Figura 10 - Correias e Esteiras



Fonte: <http://www.dematic.com>. Acessado em Out. 2013

## **6. Veículos Automaticamente Guiados (AGVs)**

Surgiram em torno da década de 80, mas ainda não são comumente vistos. O problema atrelados aos AGVs é devido a normalmente realizarem somente a tarefa do transporte propriamente dito o que é uma preocupação menor do que preparar e carregar os materiais no ponto de origem e descarregar e posicionar devidamente no ponto de uso.

### **2.4.3 MILK RUN INTERNO**

Empilhadeiras movimentando paletes é uma cena bastante comum em muitas fábricas, e provavelmente o método mais comum para transporte, tanto onde desempenham um papel apropriado tanto como onde possuem um desempenho insatisfatório em que outros métodos se encaixariam melhor.

BAUDIN (2004) exemplifica com um projeto dentro de uma organização, uma equipe liberou, limpou e demarcou uma área que estava destinada à montagem de uma célula de manufatura. Em poucos minutos, uma empilhadeira se aproximou e depositou um palete, de um material não relacionado à área, dentro do espaço delimitado. A equipe advertiu o empilhadeirista e o instruiu para que leva-se a carga para outro local.



Durante as próximas horas, diversas empilhadeiras tentaram utilizar o espaço disponível e ficavam desacreditados que um grupo de pessoas queriam manter o espaço vazio enquanto eles necessitavam depositar seus carregamentos.

Essas tentativas só diminuíram quando a equipe se reportou ao gerente de materiais, mas, mesmo assim, o problema não terminou completamente. Obviamente, os empilhadeiristas estavam sob ordens para entregar os materiais para o setor, provavelmente os materiais não tinham sido requisitados, não havia espaço para armazenamento preparado e a gestão de materiais possuía autoridade para mandar tais ordens. Esse é retrato da essência de um sistema empurrado.

Assim que a decisão de transportar o material era tomada, uma empilhadeira era designada para a tarefa através de comunicação via rádio. A pessoa que requisitava o serviço ligava para uma central de despacho que comunicava através do rádio à frota de empilhadeiras e enviava a próxima disponível. Normalmente, moradores de uma cidade usam táxis ocasionalmente, para tarefas eventuais, e não para se deslocar diariamente entre duas localizações fixas. Utilizam ônibus, trens ou metrô que passam através de rotas pré-estabelecidas dentro de intervalos também pré-estabelecidos, pegando e deixando passageiros em paradas programadas. Trata-se de uma magnitude mais barata e a duração da viagem é previsível.

A primeira questão sobre utilizar o modelo de táxi para despachar materiais no chão de fábrica é sobre o tempo que será necessário para que uma empilhadeira esteja disponível. Se uma empresa de táxis dentro de uma cidade possui 100 veículos em sua frota, cada um ocupado 90% do tempo, então basicamente nunca estarão todos ocupados simultaneamente. A probabilidade dessa ocorrência é:

$$\text{Probabilidade (todos os táxis ocupados)} = (90\%)^{100} = 26 \text{ ppm}$$

Mas se um chão de fábrica possui 10 empilhadeiras ocupadas 90% do tempo, então:

$$\text{Probabilidade (todos os táxis ocupados)} = (90\%)^{10} = 35\%$$

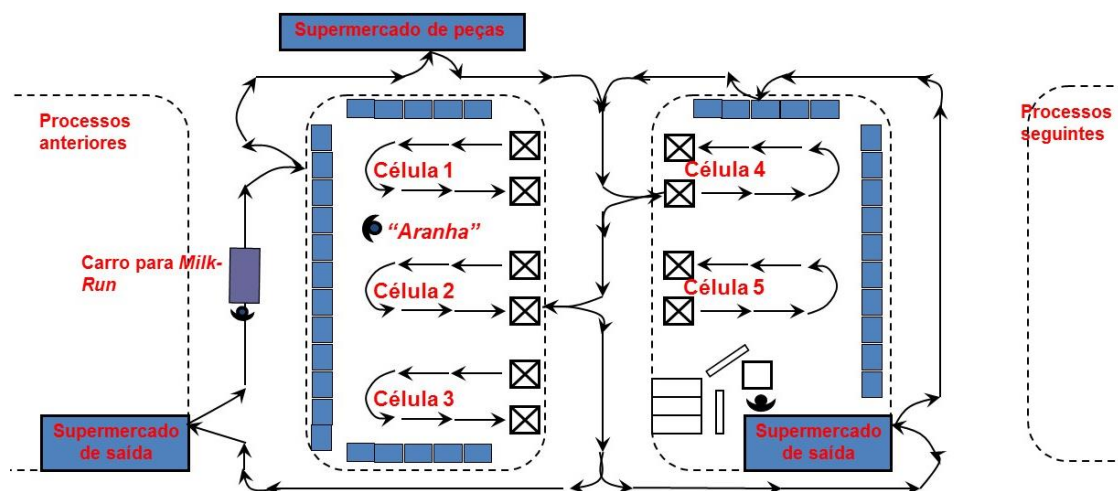
O que significa que em um terço do tempo disponível, nenhuma das empilhadeiras estará disponível e o próximo transporte terá que aguardar. Se precisarmos do equivalente a 9 empilhadeiras trabalhando em tempo integral e de uma

empilhadeira disponível 99% das vezes, necessitaríamos de 13 empilhadeiras, cada uma ocupada somente 70% do tempo. Dado que as empilhadeiras custam algumas dezenas de milhares de reais e nessa situação ficar com quatro em ociosidade o tempo todo não é uma proposta atraente. Contudo, qualquer proposta inferior, seguindo o mesmo padrão, implicará na geração de fila nos transportes.

A segunda questão é que empilhadeiras e o modelo de paletes é uma solução pobre para um fluxo repetitivo de itens entre os mesmos locais. Carrinhos de Empurrar ou Comboios circulando em rotas pré-estabelecidas em intervalos definidos, como ônibus urbanos e metrô, coletando quantidades de materiais que usualmente não são paletes completos, proporcionam um mais econômico, confiável e mais previsível serviço.

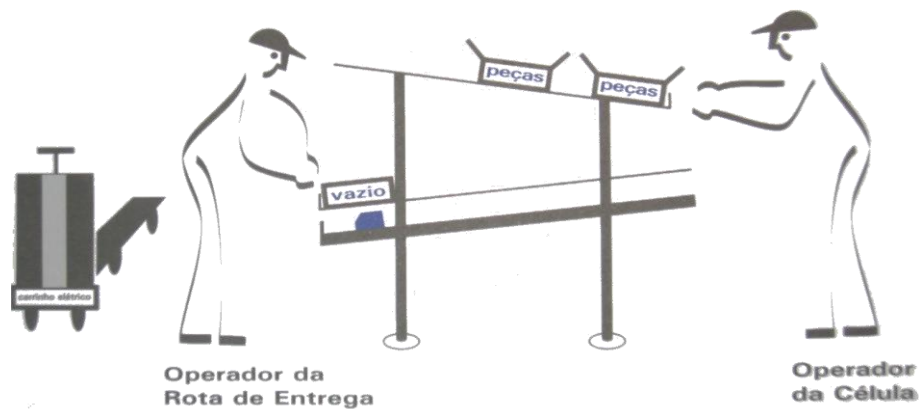
Este é o modelo interno para o conceito “*Milk Run*”, como ilustrado na Figura 11. As células em formato de “U” mostradas compreendem a área de responsabilidade de um supervisor e possuem suas áreas de entrada e saída voltadas para um corredor de transporte. O operador do “*Milk Run*”, do departamento de materiais, deposita caixas cheias em retira as vazias das bordas mais externas. Estes podem ser “*Flow Racks*” alimentando diretamente as células de produção (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), ou as partes podem ser coletadas pelo “Aranha” do departamento de produção. O operador do “*Milk Run*” realiza o trajeto padrão completo uma vez a cada 30 minutos.

Figura 11 - Milk Run Interno



Fonte: Adaptado pelo autor com base em BAUDIN (2004)

Figura 12 - Flow Rack alimentando diretamente a célula de produção



Fonte: Adaptado pelo autor

Comparado ao modelo de “*Milk Run*” externo, o interno possui as seguintes características:

- O período de recorrência é de minutos ao invés de horas;
- A quantidade de itens no recolhimento e entrega varia de peças únicas a caixas, opostamente a paletes;
- É gerido através de um único departamento de uma única organização, ao contrário de diversos fornecedores e de um possível terceirizado para os serviços logísticos; e
- Dentro do chão de fábrica ele não é afetado pelas variações meteorológicas, ou condições de tráfego, e suas entregas são mais confiáveis.

O essencial sobre transporte interno é que o sistema precisa ser customizado às necessidades da fábrica, utilizando uma variedade de métodos. Usar somente um, como a maioria das fábricas, é mais fácil de estabelecer, mas tem como resultado a utilização de veículos que deveriam atender especialmente as tarefas de maior demanda atendendo a todas as tarefas, o que é um desperdício e ineficiente.

### 3. MÉTODO PROPOSTO

#### 3.1 QUADRO DE ANÁLISE DA PRODUÇÃO

Uma das maneiras de se diagnosticar os problemas que mais recorrentes no chão de fábrica é através da utilização de um Quadro de Acompanhamento da Produção (Tabela 3):

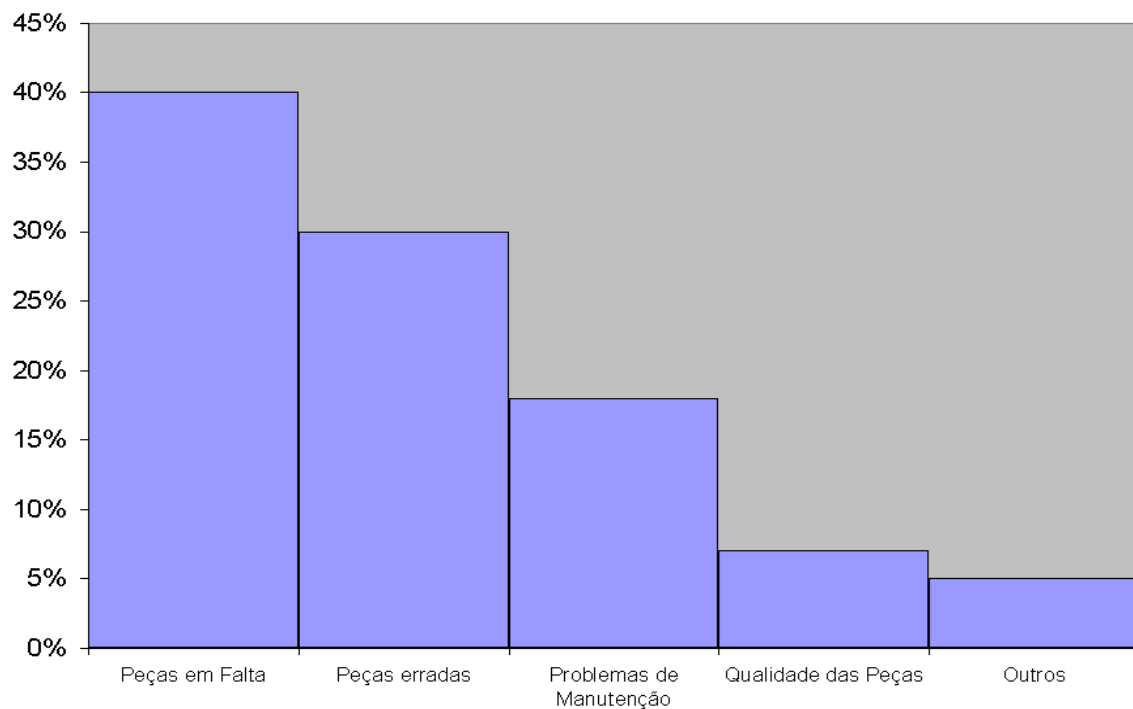
**Tabela 3 - Quadro de Análise da Produção**

<b>Linha:</b> Célula do Tubo de Combustível		<b>Líder da Equipe:</b> Paulo Silva		
<b>Quantidade Solicitada:</b> 690		<b>Takt time:</b> 40 s		
Tempo		Plano / Real (horário)	Plano / Real (cumulativo)	Problema / Causas
06:00	07:00	90 / 90	90 / 90	
07:00	08:00	90 / 79	180 / 169	peças em falta
08:00	09:10	90 / 82	270 / 251	peças em falta
09:10	10:10	90 / 71	360 / 322	peças erradas
10:10	11:10	90 / 90	450 / 322	
11:40	12:40	90 / 84	540 / 406	peças erradas
12:40	13:40	90 / 86	630 / 492	peças em falta
13:40	14:30	60 / 60	690 / 552	
Hora Extra		138	690 / 690	(2h 35 min)

Fonte: Hominiss Consulting (2013)

Esse quadro deve ser posicionado próximo à célula que representa e ser preenchido conforme os horários da coluna de tempo. De hora e hora é realizado o apontamento do total realizado, para que possam ser comparado com o total planejado. Nos períodos em que não houve o atendimento do programado deve ser apontada a Causa/Problema da ocorrência. Esses dados devem ser compilado ao término do turno e ser inseridos em um banco de dados que deverá alimentar um gráfico de Pareto para as Causas/Problemas de não cumprimento do programado:

Gráfico 1 - Pareto para Causas/Problemas de não cumprimento da Programação



Fonte: Adaptado pelo autor de Hominiss Consulting (2013)

No exemplo ilustrado, 40% das ocorrências acontecem por falta de materiais e 30% pela chegada de peças erradas, desse modo fica evidenciado quais são os problemas mais recorrentes e que merecem os esforços iniciais das equipes de melhorias.

Caso seja constatada uma situação semelhante, a logística interna torna-se uma grande candidata para reestruturação.

### **3.2 ANALISANDO A SITUAÇÃO ATUAL E PROJETANDO A SITUAÇÃO FUTURA**

### 3.2.1 DESENVOLVER UM PLANO PARA CADA PEÇA (PPCP)

Inicialmente deve ser analisado se a empresa possui um banco de dados para cada tipo de peça que entra na planta, contendo as especificações da peça, do fornecedor, a localização do fornecedor, os pontos de estocagem, os pontos de uso, a taxa de utilização e outras informações importantes. É ideal termos essas informações centralizadas para serem facilmente utilizadas nas atividades criadoras de valor. Alguns exemplos de informações utilizadas:

Tabela 4 - Exemplo 1 de Informações PPCP

<b>Número de Peça ("part number")</b>	Número utilizado para identificar o material na planta
<b>Descrição</b>	Nome do material (ex.: moldura, parafuso, porca, suporte)
<b>Utilização Diária</b>	Quantidade média de material utilizado em um dia
<b>Local de Uso</b>	Processos / áreas nas quais os materiais são utilizados (ex.: célula 14)
<b>Local de armazenamento</b>	Endereço (local) onde os materiais são armazenados
<b>Frequência de pedido</b>	Frequência de solicitação do material para o fornecedor (ex.: diário, semanal, mensal, de acordo com solicitação)
<b>Fornecedor</b>	Nome do fornecedor do material
<b>Cidade do Fornecedor</b>	Cidade onde o fornecedor está localizado
<b>Estado do Fornecedor</b>	Região, estado e município onde o fornecedor está localizado
<b>País do Fornecedor</b>	País onde o fornecedor está localizado
<b>Tipo de embalagem</b>	O tipo da embalagem (ex.: descartável, retornável)
<b>Peso da embalagem</b>	Peso de uma embalagem vazia
<b>Peso de uma peça</b>	Peso de uma unidade de material

Fonte: Hominiss Consulting (2013)

Tabela 5 - Exemplo 2 de Informações PPCP

<b>Peso total do carregamento</b>	Peso de uma embalagem cheia de material
<b>Comprimento da embalagem</b>	Comprimento ou profundidade da embalagem
<b>Largura da embalagem</b>	A largura da embalagem
<b>Altura da embalagem</b>	A altura da embalagem
<b>Uso por montagem</b>	Número de peças necessárias para um produto acabado
<b>Uso horário</b>	Número máximo de peças utilizadas por hora
<b>Qte padrão da embalagem</b>	Número de peças em uma embalagem
<b>Embalagens usadas por hora</b>	Número máximo de embalagens necessárias por hora
<b>Tamanho da entrega</b>	Tamanho da entrega padrão em dias (entrega de uma semana = 5 dias)
<b>Transportadora</b>	Quem fornece serviços de transporte para a peça
<b>Tempo em trânsito</b>	Tempo de percurso necessário do fornecedor à planta (em dias)
<b>Número de cartões no circuito</b>	Número de sinais de puxada que estão no sistema
<b>Desempenho do fornecedor</b>	Índice de desempenho do fornecedor, incluindo entrega pontual, qualidade, etc.

Fonte: Hominiss Consulting (2013)

Após obtermos um bom PPCP podemos:

- Iniciar projetos no sistema lean de movimentação de materiais;
- Armazenar os dados pertinentes a todas as peças em um local central, de fácil acesso;
- Selecionar os dados das peças por categorias: tamanho da embalagem, localização do fornecedor, utilização diária, etc; e
- Fornecer respostas rápidas às questões das operações relacionadas a peças e fornecedores.

### **3.2.2 MERCADO DE PEÇAS COMPRADAS**

Como próximo passo é aconselhada a criação de um único mercado de peças compradas para todas as peças que entram na planta e devem ser implementadas regras para o seu funcionamento. Uma área suficientemente grande deve ser reservada para acomodar as peças compradas por toda a planta e deve estar alocada, o máximo possível, próxima à doca de recebimento. Em casos que isto não seja possível, deve-se pensar seriamente em até mesmo realocar atividades produtivas.

Assim que a quantidade mínima para transporte for atingida, procure direcionar o material diretamente para o mercado, evitando oportunidades de erros, peças danificadas, alocadas incorretamente ou itens perdidos pela fábrica

Para dimensionamento do supermercado deve ser calculada a quantidade máxima necessária para operações normais de trabalho, levando em consideração a média diária de uso, tempo de reposição, TPT, margem de segurança e desvio-padrão. Os valores encontrados devem ser divididos entre os diferentes tipos de embalagem e multiplicados pelas suas dimensões físicas. Essa tarefa se torna relativamente fácil caso tenhamos um PPCP bem estruturado.

Devemos utilizar prateleiras de fluxo (*flow racks*), determinar fileiras, quantas caixas por fileira e quantas caixas por altura, sempre visando mantê-lo o mais flexível possível, pois mudanças serão frequentemente necessárias (mais peças, demanda variável, mais produtos acabados, diminuição do tamanho de entrega, aumento da frequência de entrega, entre outros) e o esforço inicial será compensado diversas vezes em cenários futuros.

### **3.2.3 MOMENTO LOGÍSTICO, ROTAS DE ENTREGA E SINAIS DE PUXADA**

Durante essa etapa deve ser definido como será o transporte de peças do supermercado às células e como traçar a rota que as entregas farão, implementar um



sistema de informação utilizando sinais de puxada para disparar o reabastecimento de peças e controlar a entrega de materiais.

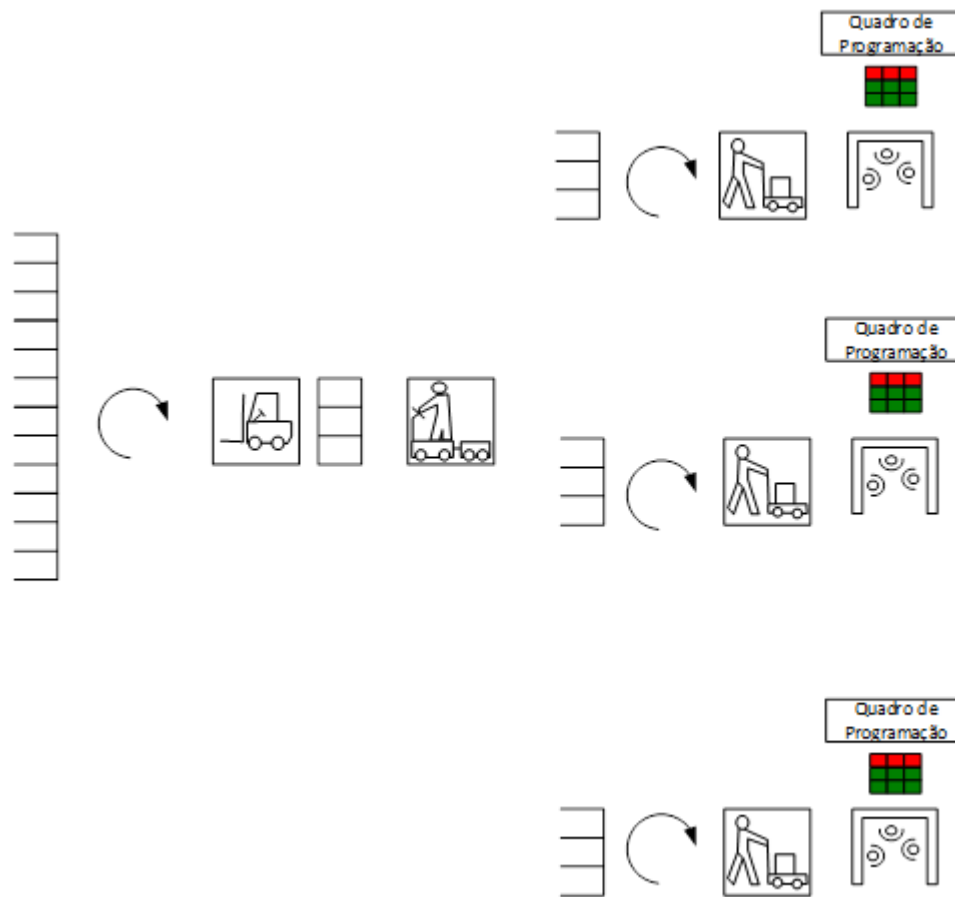
Conforme BAUDIN (2004), sugere, o primeiro passo para se analisar o desempenho logístico de uma unidade reside em localizar quais são os destinos com tráfego mais volumosos. Para realizar essa análise utilizaremos o método do Momento Logístico, (FREIRE, 2008), onde a classificação ABC será fundamentada pela somatória dos momentos das movimentações ativas e passivas das famílias de produtos presentes dentro da organização.

O método consiste em realizar uma análise quanto ao tipo de movimentação (Ativa, Passiva ou Parasita), relacionando-as e verificando, através da grandeza denominada Momento Logístico ( $\text{Peso} \times \text{Distância}$ ), qual é o percentual de cada tipo de movimentação presente no transporte total de determinado item. Um exemplo ilustrativo é apresentado na seção 2.4.1. Devemos realizar a análise de momento logístico para as famílias de produto verificar, através de uma análise ABC, qual é a que apresenta o maior montante de movimentações parasitas e passivas.

Selecionada a família de produtos, podemos iniciar o raciocínio de desenvolvimento da solução partindo de um benchmarking, mas sempre tendo em mente que não existe um tipo de veículo único que atenda a todas as necessidades e diversas adaptações serão necessárias. Diversos pontos relevantes e recomendações para o desenvolvimento da situação futura são abordados dentro das seções 2.3 e 2.4.

Um modelo inicial bastante interessante é baseado seguinte forma:

Figura 13 - Proposta de Raciocínio Inicial



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

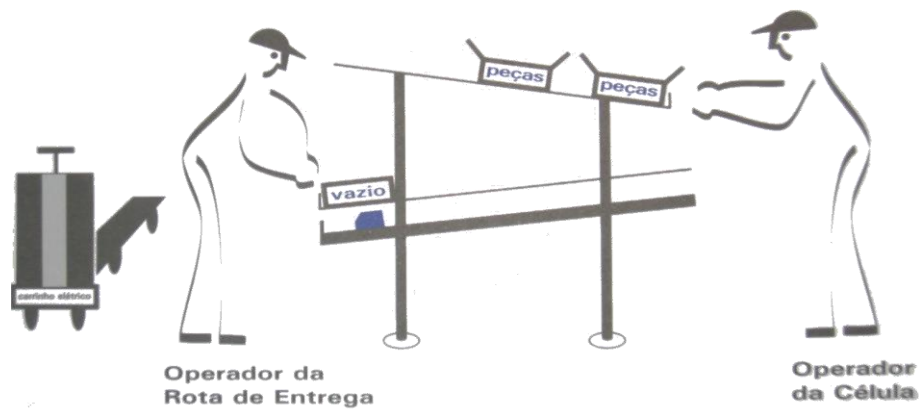
Ao chegarmos nessa etapa já possuímos um supermercado central consolidado e funcionando. É bastante comum encontrar casos onde diversas empilhadeiras retiram o material do supermercado e os distribuem para as linhas de produção. Nessa proposta as empilhadeiras possuem uma área restrita de atuação e podem somente atuar na área anterior ao primeiro *buffer* (

Figura 13).

O primeiro *buffer* é destinado exclusivamente para alocação dos itens que devem ser transportados para as células. Os comboios, por sua vez, recolhem os itens posicionados no buffer e os leva até os mercados dentro de sua rota de milk run. Os comboios também possuem a função de retirar as caixas que ficaram vazias e destiná-las até o local de descarte ou ao local do início do ciclo da logística reversa. Dessa maneira os mercados próximo das células devem ser projetados de maneira que as caixas vazias também fiquem voltadas para o lado de abastecimento. Uma maneira de

viabilizar isso é através de Flow Racks (Figura 14) ou de sistemas projetados internamente, como por exemplo, o sistema de duas gavetas com um eixo giratório (Erro! Fonte de referência não encontrada.).

Figura 14 - *Flow Rack* com abastecimento e retirada pelo menos lado de acesso



Fonte: HARRIS (2004)

Figura 15 - Sistema 2 Gavetas com Eixo Giratório



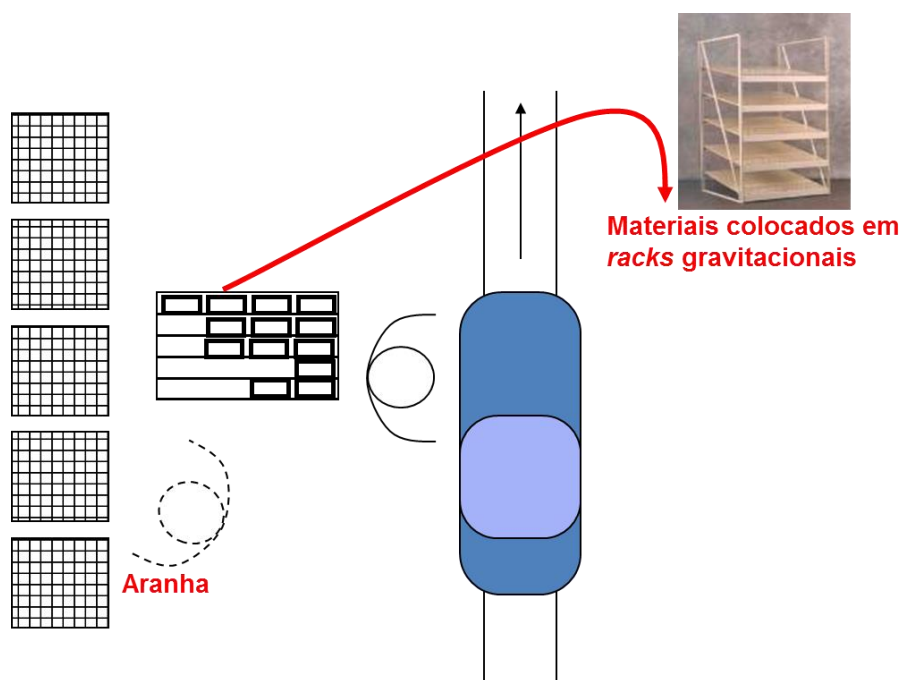
Fonte: IVECO (2011)

No momento da retirada da caixa vazia deve ser disparado um sinal de puxada, para que o início da produção ou compra, para reposição do primeiro supermercado seja iniciada e para que o empilhadeiraista posicione um item similar no buffer de retirada. Esse sinal pode ser emitido através da própria embalagem vazia, através de andons,

através do sistema *kanban* tradicional ou até mesmo eletronicamente com a utilização de EDIs.

O transportadores posicionados após os mercados, informalmente denominados de “Aranhas” são responsáveis por realizar a preparação dos kits, de acordo com os quadros de programação, que serão utilizados pelas células e devem posicioná-los de modo que os operadores tenham fácil acesso às peças necessárias (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

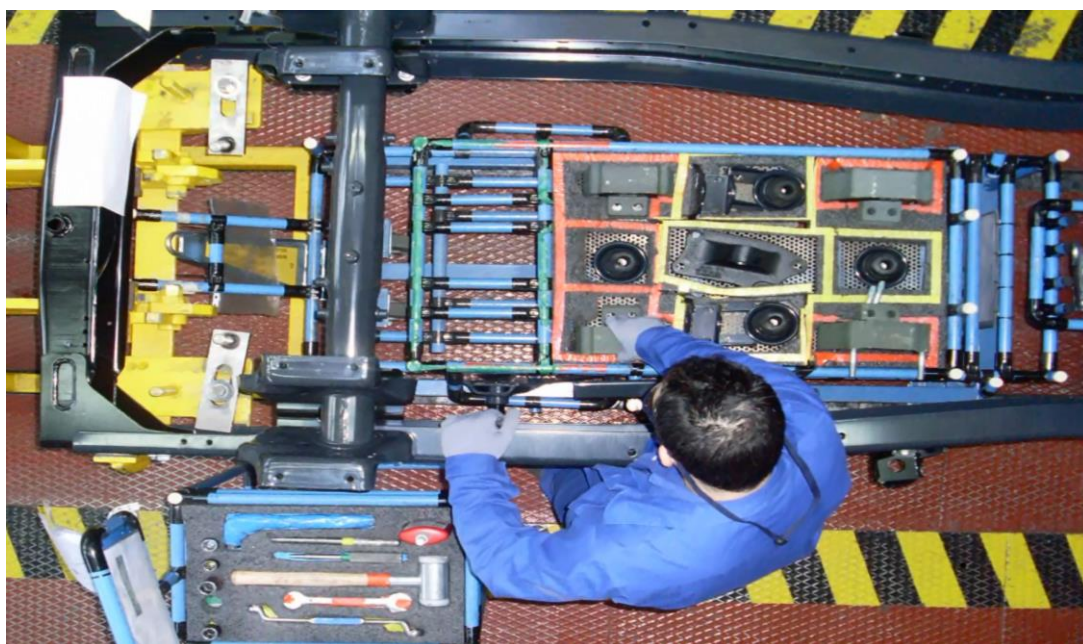
Figura 16 - Preparação de Kits de Montagem



Fonte: Adaptado pelo autor com base em BAUDIN (2004)

Em alguns casos os próprios dispositivos utilizados para a separação dos *kits* podem ser projetados para serem utilizados auxiliando no momento da produção (Figura 17).

Figura 17 - Kit posicionado em carrinho móvel no ponto de uso



Fonte: IVECO (2011)

Desse modo teremos as peças disponíveis, nas quantidades certas, bem apresentadas e próximas para a execução da ordem de produção. Deve ser lembrado que todo esse fluxo é fundamentado por rotas pré-determinadas dentro da lógica do *milk run*. Cada comboio é responsável por determinados trajetos e deve realizá-los periodicamente fazendo as retiradas e reposições necessárias.

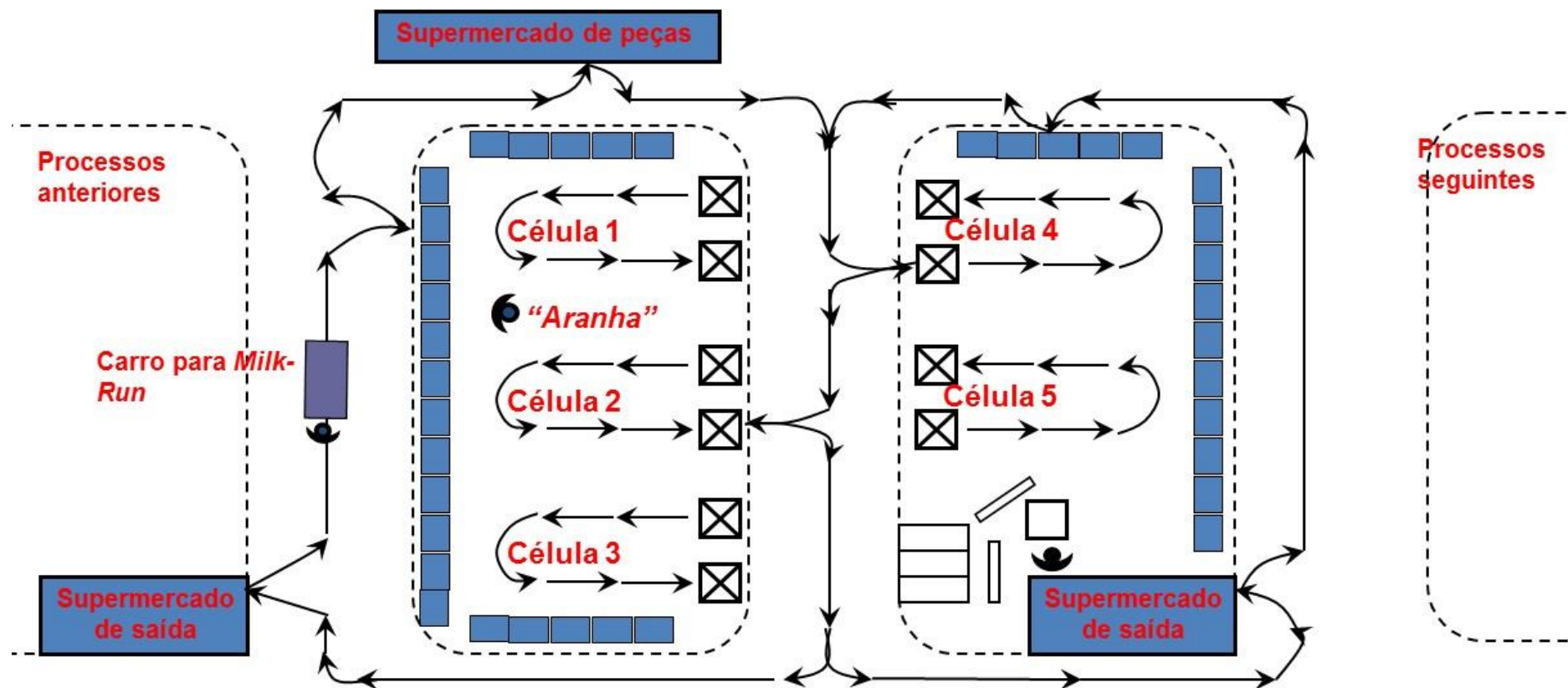


Figura 18 - Milk Run Interno

Fonte: Adaptado pelo autor com base em BAUDIN (2004)

### **3.3 NOVO MOMENTO LOGÍSTICO**

Após a proposta de situação futura ser esboçada é bastante interessante a reaplicação do método do momento logístico. Com um novo cenário bem projetado, será fácil observar um aumento substancial da eficiência e da produtividade no uso de recursos para viabilizar as movimentações ativas. Tal parâmetro mostra, de maneira geral, o impacto das melhorias propostas e auxilia a validar as mudanças.

No próximo tópico será abordado um estudo de caso referente ao método, ilustrando assim, os conceitos aqui discutidos.

## 4. ESTUDO DE CASO

O trabalho descrito nessa monografia foi realizado em uma empresa de grande porte, que conta com cerca de 500 colaboradores, localizada na cidade de Mococa, atuando no segmento metalúrgico.

Os dados relatados e o nome da empresa serão preservados. A empresa em questão será tratada por Empresa X e os valores mostrados nesta monografia serão multiplicados por uma constante.

### 4.1 ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL

A etapa inicial do trabalho desenvolvido na Empresa X foi a verificação da representatividade de cada família de produtos através da classificação ABC de Custo e Volume. A classificação foi assim definida, pois a quantidade de matéria-prima que é utilizada está intimamente ligada ao retorno que o produto gera à empresa e é basicamente a mesma para todos eles.

Tabela 6 - Classificação ABC de Produtos - Empresa X

Família	Representatividade	
CAÇAMBA	31,9%	38,8%
SUPORTE	2,5%	
ARTICULAÇÃO	1,1%	
LÂMINA	0,8%	
ARCO DE FORÇA	0,4%	
LINK	5,9%	12,9%
OUTROS INDLS COM USIN	4,0%	
YOKE	3,0%	
RIPPER, BANDEJA	29,9%	36,0%
CONTRAPESO	4,8%	
BRAÇO, LANÇA	3,4%	
OUTROS INDLS SEM USIN	5,4%	12,3%
BLANKS	3,1%	
PROTEÇÕES	2,1%	
DRAWBAR	1,7%	
ESPECIAL	0,1%	

Fonte: Elaborado pelo autor



Com a família de maior representatividade definida, iniciou-se o mapeamento da situação atual através da ferramenta de Mapa de Fluxo de Valor. O fluxo da família selecionada (38,8%), de agora em diante denominada família das caçambas, na situação atual, baseia-se em 5 grandes setores: Corte de Chapas, Primeiras Operações (Operações de Usinagem, Calandra e Dobra), Caldeiraria (Montagem e Solda), Acabamento e Pintura.

O escopo desse estudo de caso visa abranger, principalmente o fluxo entre as Primeira operações e a Caldeiraria. Para isso, através do Mapa de Fluxo de Valor (Figura 19) esboçado verificou-se a presença de diversos problemas e desperdícios. Dentro desses problemas podemos citar o fenômeno da falta e sobra de componentes e uma desorganização e descentralização bastante grande dos estoques da empresa. Desse modo, tornou-se claro o quão interessante seria a análise para implementação de um possível supermercado de peças logo após o setor de Primeiras Operações, visando atender às necessidades do setor de Montagem, possuindo disponíveis as diversas peças necessárias para o início de uma montagem.

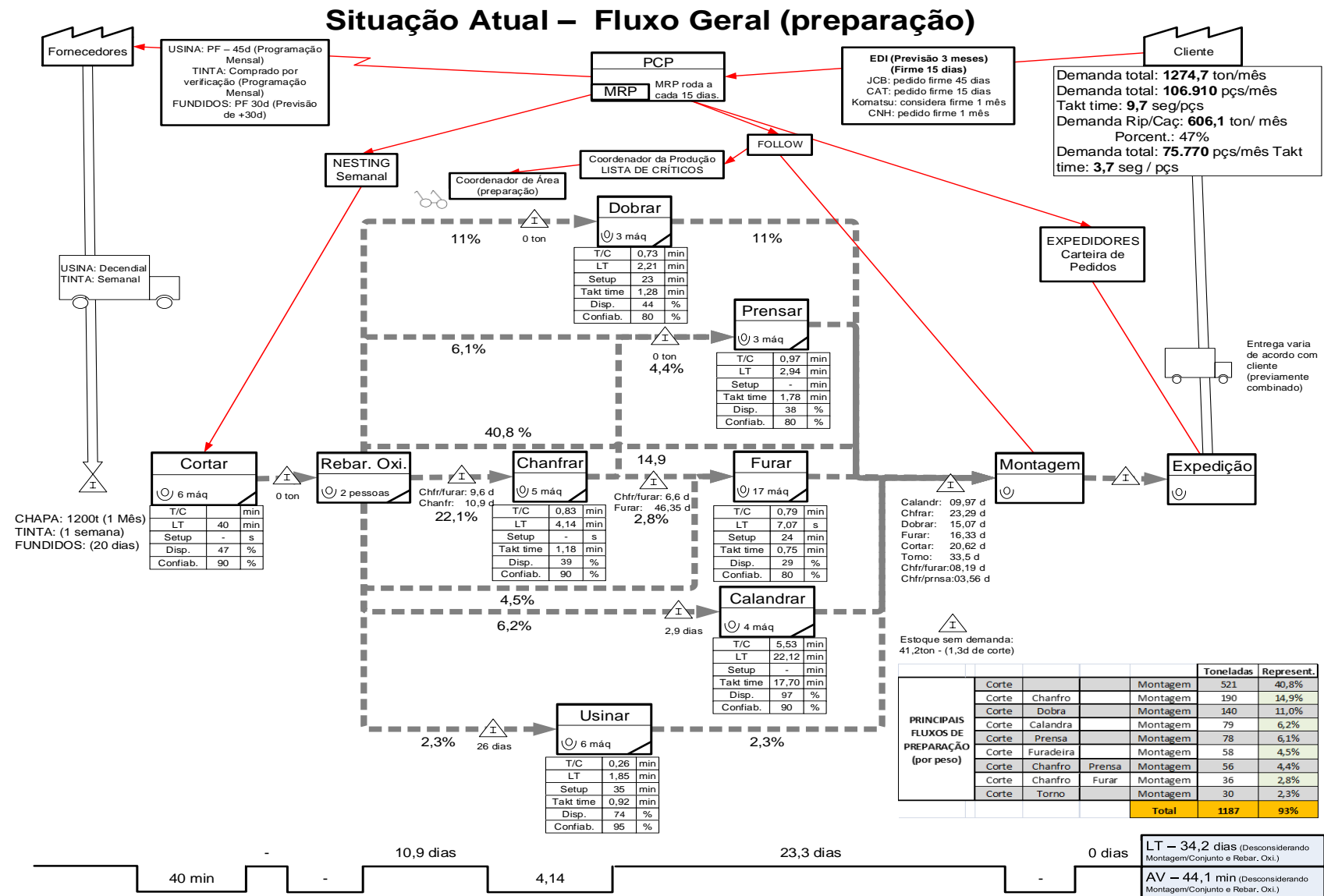


Figura 19 - MFV Situação Atual - Empresa X

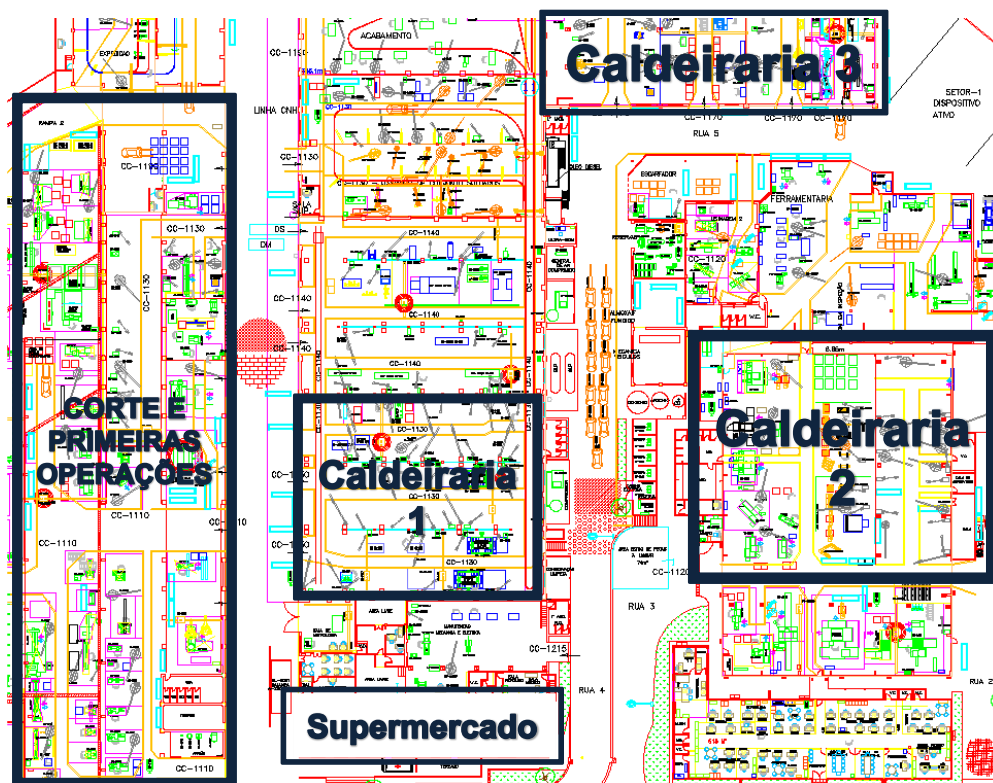
Fonte: Adaptado pelo autor

## 4.2 IMPLANTAÇÃO DA SITUAÇÃO PLANEJADA

Após o estudo realizado na Empresa X, através da coleta de tempos de processo, análise da dimensão das peças, estudo da demanda dos clientes, dos tempos de troca de ferramentais e dos tempos de reposição o supermercado foi dimensionado, a situação futura foi projetada e fora realizado um Evento Kaizen.

O Evento *Kaizen* tinha como requisitos reduzir o lead time de Corte e Primeiras Operações, criar um sistema de gestão visual no chão de fábrica, reduzir o estoque com a criação do supermercado de produtos acabados, acabar com o efeito de falta e sobra e melhorar o atendimento às Caldeirarias. A fábrica adquiriu um sistema puxado e a seguinte configuração após a implantação do supermercado:

Figura 20 - Layout Empresa X



Fonte: Adaptado pelo autor



O Fluxo de peças dava-se da área de Corte e Primeiras Operações para o supermercado e na sequência o supermercado alimentava as áreas: Caldeiraria 1, Caldeiraria 2 e Caldeiraria 3 (Figura 20).

### **4.3 ETAPAS DE APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO NA EMPRESA X**

O supermercado encontrava-se sempre abastecido e com os itens à disposição, porém os apontamentos de ocorrências de parada de linha nas Caldeirarias apontavam para a falta de peças (Gráfico 2). Como isso era possível? Iniciou-se uma verificação mais cautelosa quanto ao transporte de materiais dentro da empresa.

Constatou-se que a empresa possuía, ao todo, uma frota de sete empilhadeiras para atender toda sua fábrica. Havia, basicamente, uma empilhadeira dedicada em abastecer o setor de Caldeiraria 1, duas o setor Caldeiraria 2 e uma para o Caldeiraria 3. Em cada trajeto as empilhadeiras levavam um palete completo para o ponto de uso, percorrendo um caminho médio de:

Tabela 7 - Distâncias entre Supermercado e Caldeirarias

<b>Trajeto</b>	<b>Distância</b>
<b>Supermercado – Caldeiraria 1</b>	98m
<b>Supermercado – Caldeiraria 2</b>	167m
<b>Supermercado – Caldeiraria 3</b>	173m

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com a demanda atual, diariamente eram produzidos:

Tabela 8 - Demanda Diária por Setor

<b>Setor</b>	<b>Total de Produtos</b>
<b>Caldeiraria 1</b>	18
<b>Caldeiraria 2</b>	26
<b>Caldeiraria 3</b>	5

Fonte: Elaborado pelo autor

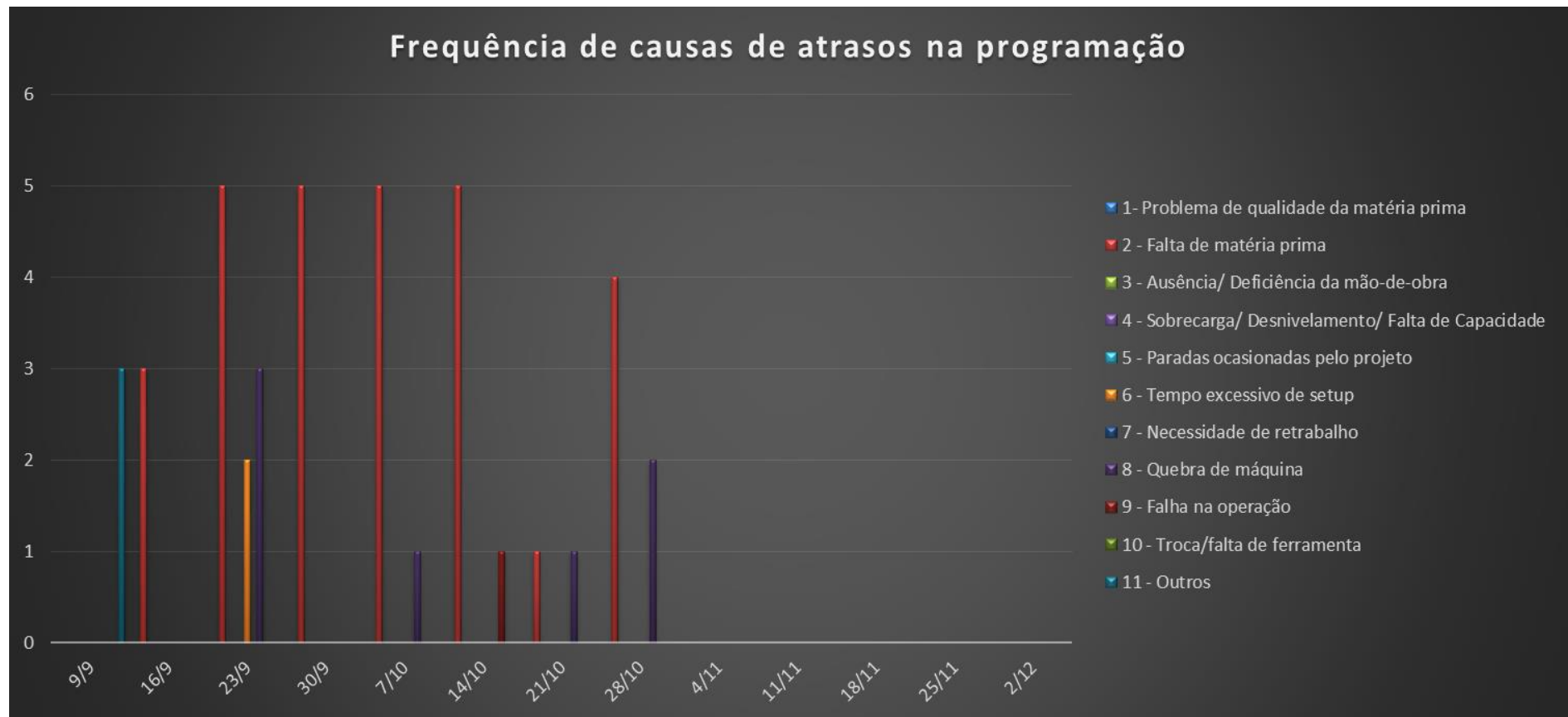


Gráfico 2 - Frequência de causas de atrasos na programação

Fonte: Adaptado pelo autor

Observou-se também que a média de itens diferentes, utilizados para montar o produto estava em 16 unidades, o que nessa situação também representa 16 paletes movimentados, um de cada vez. Para uma análise mais detalhada os seguintes parâmetros foram levantados e adotados:

- Peso médio do palete: 40 Kg, tratam-se de paletes robustos feitos de chapas de metal.
- Peso médio das empilhadeiras: 4320 Kg (Capacidade de Carga 3000 Kg).
- Peso médio dos empilhadeiristas: 80 Kg.
- Peso médio de cada carga:
  - Caldeiraria 1: 380 Kg
  - Caldeiraria 2: 320 Kg
  - Caldeiraria 3: 415 Kg

Através dos dados levantados foi realizada a análise sobre o Momento Logístico (apresentado na Seção 2.4.1) presente na interface do supermercado e caldeirarias. Os seguintes dados foram utilizados:

Tabela 9- Dados Momento Logístico Atual 1

Momento Logístico Atual - Empresa X					
Trajeto		Distância (m)	Peso Médio do Material no Paleta (Kg)	Peso médio das empilhadeiras (Kg)	Peso Médio do Paleta (Kg)
Supermercado	Caldeiraria 1	98	380	4320	40
Supermercado	Caldeiraria 2	167	320	4320	40
Supermercado	Caldeiraria 3	173	415	4320	40

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 10 - Dados Momento Logístico Atual 2

Momento Logístico Atual - Empresa X				
Trajeto		Peso Médio do Operador (Kg)	Quantidade de Produtos Fabricados por dia	Total de Itens/Movimentações por produto
Supermercado	Caldeiraria 1	80	18	16
Supermercado	Caldeiraria 2	80	26	16
Supermercado	Caldeiraria 3	80	5	16

Fonte: Elaborado pelo autor

Trabalhando com esses dados e separando as grandezas necessárias foram realizados os cálculos necessários para definição da Movimentação Ativa, Movimentação Passiva e Movimentação Total:

***Movimentação ativa (Caldeiraria 1)***

$$\begin{aligned} &= 380 \text{ kg de produto} \times 98 \text{ m} \times 18 \text{ (produtos)} \times 16 \text{ (componentes)} \\ &= \mathbf{10.725.120 \text{ kg.m (8\% da movimentação total)}} \end{aligned}$$

***Movimentação passiva (Caldeiraria 1)***

$$\begin{aligned} &= [4320 \text{ kg (empilhadeira)} + 40 \text{ kg (paletes)} \\ &+ 80 \text{ kg (operador)}] \times 98 \text{ m} \times 18 \text{ (produtos)} \times 16 \text{ (componentes)} \\ &= \mathbf{125.314.560 \text{ kg.m (92\% da movimentação total)}} \end{aligned}$$

***Movimentação ativa (Caldeiraria 2)***

$$\begin{aligned} &= 320 \text{ kg de produto} \times 167 \text{ m} \times 26 \text{ (produtos)} \times 16 \text{ (componentes)} \\ &= \mathbf{22.231.040 \text{ kg.m (7\% da movimentação total)}} \end{aligned}$$

***Movimentação passiva (Caldeiraria 2)***

$$\begin{aligned} &= [4320 \text{ kg (empilhadeira)} + 40 \text{ kg (paletes)} \\ &+ 80 \text{ kg (operador)}] \times 167 \text{ m} \times 26 \text{ (produtos)} \times 16 \text{ (componentes)} \\ &= \mathbf{308.455.680 \text{ kg.m (93\% da movimentação total)}} \end{aligned}$$

***Movimentação ativa (Caldeiraria 3)***

$$\begin{aligned} &= 415 \text{ kg de produto} \times 173 \text{ m} \times 5 \text{ (produtos)} \times 16 \text{ (componentes)} \\ &= \mathbf{5.743.600 \text{ kg.m (9\% da movimentação total)}} \end{aligned}$$



### ***Movimentação passiva (Caldeiraria 3)***

$$\begin{aligned} &= [4320 \text{ kg (empilhadeira)} + 40 \text{ kg (paletes)} \\ &+ 80 \text{ kg (operador)}] \times 173 \text{ m} \times 5 \text{ (produtos)} \times 16 \text{ (componentes)} \\ &= \mathbf{67.193.200 \text{ kg.m (91\% da movimentação total)}} \end{aligned}$$

A tabela a seguir resume os resultados obtidos:

Tabela 11 - Resultados Momento Logístico Atual

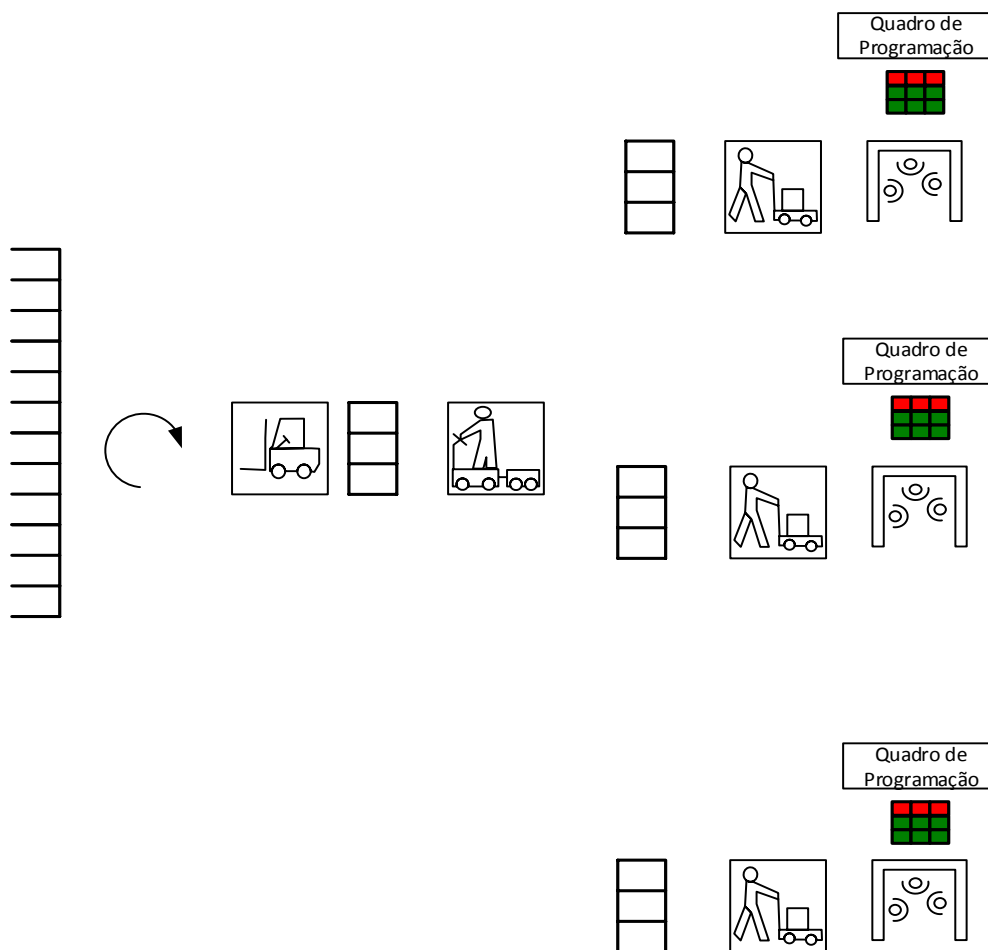
Trajeto		Movimentação Ativa (Kg*m)	Movimentação Passiva (Kg*m)	Movimentação Total (Kg*m)	% Ativo	% Passivo
Supermercado	Caldeiraria 1	10725120	125314560	136039680	8%	92%
Supermercado	Caldeiraria 2	22231040	308455680	330686720	7%	93%
Supermercado	Caldeiraria 3	5743600	61449600	67193200	9%	91%
Total		38699760	495219840	533919600		

Fonte: Elaborado pelo autor

Através dos resultados fica claro o quão ineficiente era o sistema de transporte empregado. Podemos verificar que o percentual de movimentação ativa não atingia a casa das dezenas, chegando, no melhor dos cenários, em apenas 9%.

Constatada a deficiência do método, iniciou-se a elaboração de uma situação futura para o abastecimento das caldeirarias. Já estimava-se com um supermercado recém instalado, porém com uma restrição de espaço bastante grande nas áreas produtivas. Os setores da empresa foram crescendo desordenadamente gerando algumas restrições de espaço, entretanto a fábrica está próxima a realizar uma mudança de local, uma planta totalmente nova foi desenvolvida e a previsão para conclusão da construção e início da mudança está previsto para janeiro de 2014. Por conta dessa mudança torna-se difícil justificar algumas mudanças que necessitam de investimento financeiro e que envolvam a estrutura da empresa atual. Lidando com essa restrição fora esboçada uma nova situação para a fábrica futura:

Figura 22 - Esboço da Situação Futura para Transporte entre o supermercado e caldeirarias



Fonte: Adaptado pelo autor

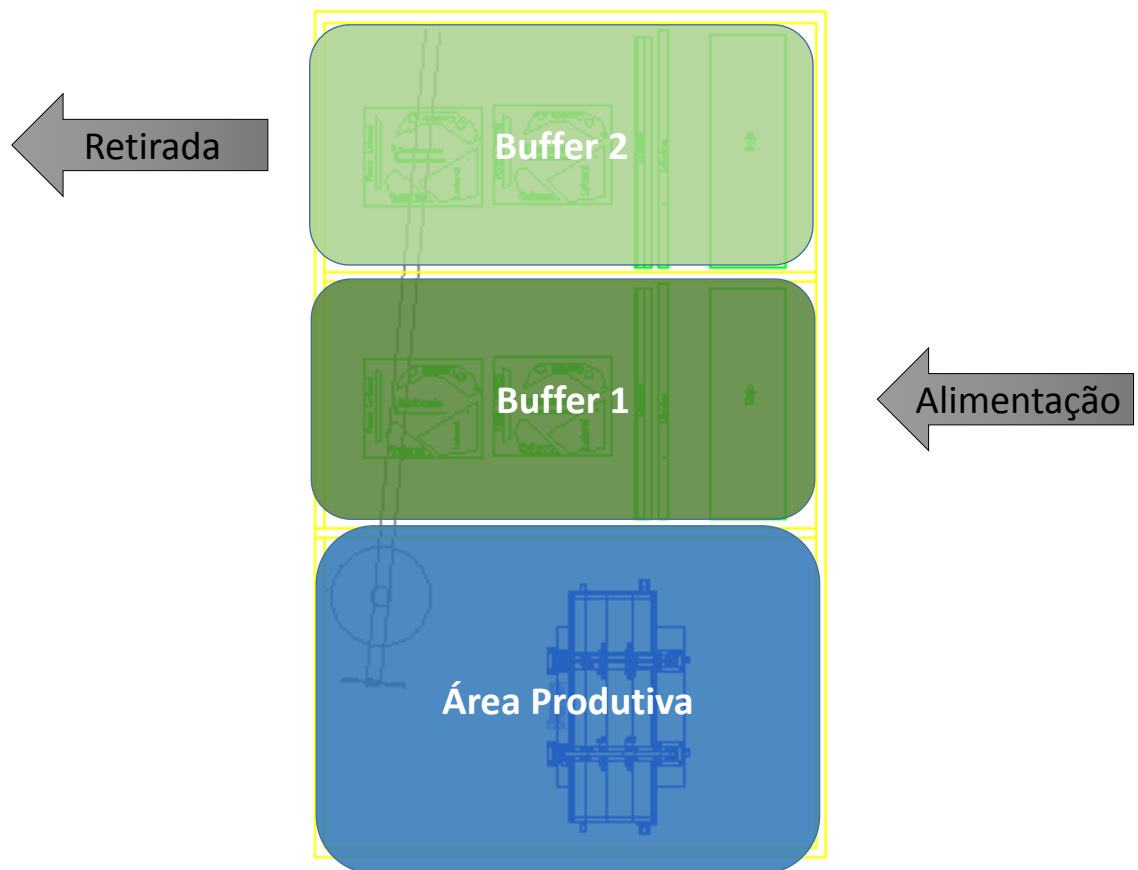
Ela consiste na consolidação dos conjuntos de peças que serão utilizados na montagem de acordo com o quadro de programação do dia. Passará a existir um encarregado, dedicado ao supermercado, responsável por separar as peças que compõem os produtos programados nas caldeirarias e disponibilizá-las em um *buffer*, logo na área de saída do supermercado. Os itens irão nas quantidades corretas, cada comboio representará aquilo que é necessário para montagem de um novo produto e não haverá peças sobressalentes no setor de produção.

Esses itens passarão a ser recolhidos não mais por empilhadeiras, mas sim por comboios que tracionam até 4 paletes por viagem. Esses comboios atuarão baseados no conceito do *milk run* interno, porém abastecendo os *buffers* de entrada dos processos de montagem. Infelizmente a restrição de espaço e a natureza dos produtos, tamanho e

complexidade geométrica, não permitem a viabilização de mercados próximos às áreas de montagem. São peças grandes que não são manuseadas facilmente, necessitam de suporte de uma ponte rolante ou braço giratório, por exemplo.

Para diminuir o tempo e facilitar o abastecimento os rebocadores trabalharão utilizando o conceito de engate rápido, onde ao chegarem ao buffer de entrada das montagens, simplesmente deixarão seu comboio e engatarão o comboio vazio disponível, levando-o de volta ao supermercado e viabilizando um processo cíclico (Figura 23). As áreas dos buffers de entrada estarão cobertas por um braço giratório para auxiliar o manuseio e montagem das peças.

Figura 23 – Exemplo de Alimentação e Retirada dos comboios dos *buffers*



Fonte: Adaptado pelo autor

Essa lógica no sistema só é possível por conta do tempo de montagem de cada item. O tempo necessário para um ciclo do milk run é suficientemente menor que o tempo de uma montagem: o tempo médio de montagem está em 42 minutos.

Nesse sistema ao invés de necessitarmos de 4 empilhadeiras realizando grande quantidade de movimentação passiva, necessitaremos de uma empilhadeira dedicada à consolidação dos kits de montagem e dois comboios realizando o milk run interno. Há o ganho de um operador para ser alocado em alguma outra atividade ou auxiliar na organização do supermercado e preparação dos kits.

Para efeito comparativo, caso a situação seja implementada na fábrica atual, obteríamos os seguintes dados:

Tabela 12 - Dados Momento Logístico Futuro 1

Momento Logístico Futuro - Empresa X					
Trajeto		Distância (m)	Peso Médio do Material no Paleta/Comboio (Kg)	Peso médio dos dispositivos de transporte	Peso Médio do Paleta/Comboio (Kg)
Supermercado	Supermercado	25	370	4320	40
Supermercado	Caldeiraria 1	98	1520	3510	480
Supermercado	Caldeiraria 2	167	1280	3510	480
Supermercado	Caldeiraria 3	173	1660	3510	480

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 13 - Dados Momento Logístico Futuro 2

Momento Logístico Futuro - Empresa X				
Trajeto		Peso Médio do Operador	Quantidade de Produtos Demandados por dia	Total de Paletes/Movimentações por produto
Supermercado	Supermercado	80	49	16
Supermercado	Caldeiraria 1	80	18	1
Supermercado	Caldeiraria 2	80	26	1
Supermercado	Caldeiraria 3	80	5	1

Fonte: Elaborado pelo autor

O total de movimentação, por produto, nos setores de caldeiraria foi reduzido para 1 pois total os itens necessários para a montagem estarão consolidados no comboio.

Realizando a análise do Momento Logístico para a situação futura obtemos os seguintes valores:

Tabela 14 - Resultados Momento Logístico Futuro

Trajeto		Movimentação Ativa (Kg*m)	Movimentação Passiva (Kg*m)	Movimentação Total (Kg*m)	% Ativo	% Passivo
Supermercado	Supermercado	14504000	174048000	188552000	8%	92%
Supermercado	Caldeiraria 1	2681280	7179480	9860760	27%	73%
Supermercado	Caldeiraria 2	5557760	17671940	23229700	24%	76%
Supermercado	Caldeiraria 3	1435900	3520550	4956450	29%	71%
Total		24178940	202419970	226598910		

Fonte: Elaborado pelo autor

## 4.4 COMPILAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na sequência segue o Gráfico 3, onde há um comparativo sobre os valores que encontramos para os momentos logísticos, atuais e futuros, nas categorias: Ativo, Passivo e Total:

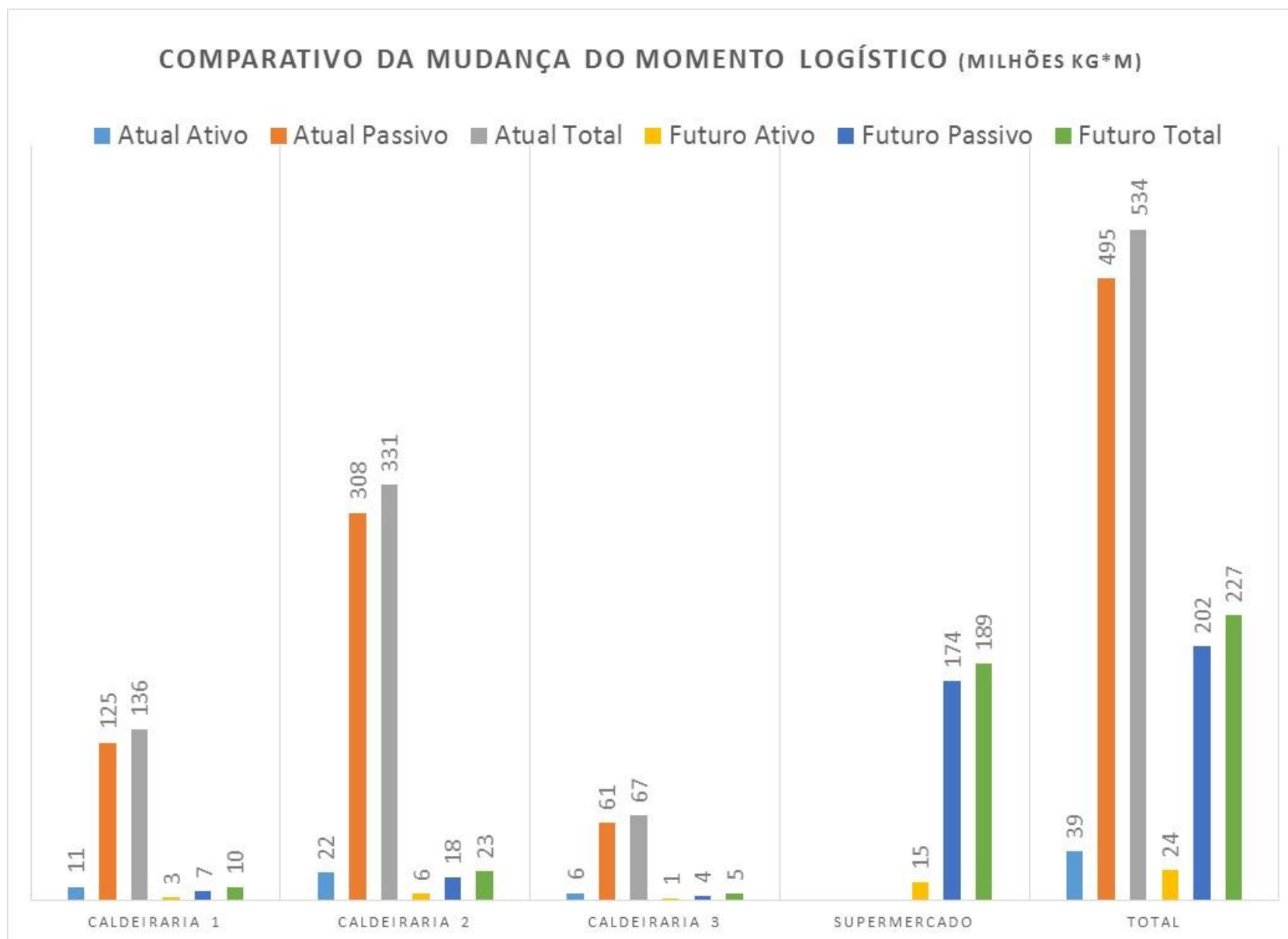


Gráfico 3 - Comparativo da Mudança do Momento Logístico

Fonte: Elaborado pelo autor

Podemos resumir os dados do Gráfico 3 analisando a movimentação ativa total, movimentação passiva total e a movimentação total global na situação atual e na situação futura:

Tabela 15 - Comparativo da Mudança do Momento Logístico 1

<b>Comparativos</b>		
<b>Tipo de Movimentação</b>	<b>Atual (Kg*m)</b>	<b>Futuro (Kg*m)</b>
<b>Movimentação Passiva</b>	495219840	202419970
<b>Movimentação Ativa</b>	38699760	24178940
<b>Movimentação Total</b>	533919600	226598910

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 16 - Comparativo da Mudança do Momento Logístico 2

	<b>Atual</b>	<b>Futuro</b>
<b>Movimentação Ativa/Movimentação Total</b>	7%	11%
<b>Movimentação Passiva/Movimentação Total</b>	93%	89%
<b>Movimentação Total Futura/Mov. T. Atual</b>	<b>42%</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor

Pode-se observar um aumento no percentual da movimentação ativa em relação à movimentação total. Em um primeiro momento somente 7% da movimentação total era considerada ativa, enquanto 93% era passiva. Na situação futura esses números mudaram para 11% e 89% respectivamente. Isso já indica uma tendência para uma melhora na eficiência do sistema de transporte da organização, mas o ponto mais relevante é referente à quantidade total do Momento Logístico Futuro. Ele representa somente 42% do valor apresentado na situação atual, indicando uma melhora bastante significativa no modelo de transporte adotado e demonstrando que entre as diversas possibilidades de cenários futuros trata-se de uma ótima alternativa. Vale ressaltar que se trata de uma medida generalista e outros parâmetros devem ser utilizados para tomada de decisão de implementação, entretanto a medida consegue, de maneira integrada, trazer uma visão global sobre o sistema de transporte da organização.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este capítulo tem por objetivos apresentar as conclusões finais sobre esta tese. O trabalho realizado apresentou uma breve revisão bibliográfica sobre Produção Enxuta e suas ferramentas, enfatizando as diferenças para com o sistema de produção em massa. Em seguida foi apresentada a revisão bibliográfica sobre Logística, que está intimamente ligada com movimentação e transporte de materiais, que são considerados desperdícios dentro da abordagem de manufatura enxuta.

Posteriormente foram apresentadas as revisões bibliográficas sobre a abordagem lean na logística e o transporte interno, enfatizando recomendações de aplicações de equipamentos e ferramentas para maximizar os resultados da logística interna. Dado a medição de desempenho através do momento logístico foi então apresentado o método utilizado na aplicação no caso.

A aplicação do método na Empresa X foi capaz de fornecer importantes informações para auxiliar na seleção do melhor cenário futuro. Entretanto, a aplicação do momento logístico pode ser complexa caso a empresa não possua um PPCP bem estruturado.

Com um PPCP (Plano Para Cada Peça) bem estruturado tornam-se menos custosos os esforços necessários para desenvolvimento de soluções utilizando a abordagem da Logística Enxuta. Conseguir mensurar de maneira integrada a melhora no desempenho dos sistema interno de transporte é um fator bastante interessante para comparação da situação atual com projetos de situação futura.

Durante o desenvolvimento do método na Empresa X foi notada uma dificuldade para trabalhar com produtos que dependem diretamente de dispositivos de transporte, que não podem ser manuseados facilmente e por serem grandes, dificultando a elaboração de mercados próximos às operações de produção.

Apesar desta dificuldade, em sistemas como o descrito na Empresa X, é interessante destacar o Momento Logístico como uma importante maneira de fornecer informações, condizentes com os princípios da Produção Enxuta, para a tomada de decisão e seleção do melhor cenário de melhoria através de uma medida global e integrada.



## 6. BIBLIOGRAFIA

BAUDIN, Michel. *Lean Logistics – The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods*. Productivity Press, 2004.

BUSSINGER, Vera. *O que é Logística?* Ecommerceorg, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.e-commerce.org.br/artigos/logistica.php>>. Acesso em 14 de Junho de 2013.

DIAS, Marco Aurélio P. *Administração de Materiais: Uma abordagem Logística*. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 1993.

FARIA, A. C.; COSTA, M.F. *Gestão de Custos Logísticos: Custeio Baseado em Atividades (ABS) Balanced Scorecard (BSC) Valor Econômico Agregado (EVA)*. 1.ed. São Paulo: Atlas, 2005.

FRANCISCHINI P. G; GURGEL, F. A. *Administração de Materiais e do Patrimônio*. 1. Reimpr. Da 1. Ed. 2002. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

FRAZZELE, E. *Supply Chain Strategy*. Logistics Management Library, 2001.

FREIRE, G. *Logística Interna Como Ferramenta de Competição*, 2008. Disponível em: <[www.maua.br/arquivos/artigo/h/4bbdc554fc3f1538295141a8949088b0](http://www.maua.br/arquivos/artigo/h/4bbdc554fc3f1538295141a8949088b0)>. Acesso em 20 de outubro de 2013.

GOLDSBY, T.; MARTICHENKO, R. *Lean Six Sigma Logistics – Strategic Development to Operational Success*. J. Ross Publishing, Inc., 2005.

HARRIS, R.; HARRIS, C.; WILSON, E. *Fazendo Fluir os Materiais*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004.

HOMINISS CONSULTING. *Programa de Capacitação em Produção Enxuta* Hominiss Consulting 2013. Notas e Slides de Treinamento. São Carlos – SP, Brasil, 2013.

LIKER, J. K. (2005). *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman.

MOURA, Reinaldo A. *Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais*. 5. Ed. São Paulo: IMAM, 2005.

OLIVÉRIO, José L. *Projeto de Fábrica: Produtos processos e instalações Industriais*. São Paulo: IBCL, 1985.

OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção - Além da produção em larga escala*. Ed. Bookman: Porto Alegre, 1997.

POZO, Hamilton. *Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais: uma abordagem logística*. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2004

RENTES, A. F. *Apresentação sobre Mapa de Fluxo de Valor aplicado em Projetos de Layout Industrial*. Encontro de Especialistas Hominiss, São Carlos, 2011.

RENTES, A. F. *TransMeth – Proposta de uma Metodologia para Condução de Processos de Transformação de Empresas*. Tese (Livre Docência). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

SILVA, A. L. *Desenvolvimento de um modelo de análise e projeto de layout industrial, em ambientes de alta variedade de peças, orientado para a Produção Enxuta*. 2009. 244p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

SLACK, N. et al. (2002). *Administração da Produção*. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas.

SLACK, N. (1993), *Vantagem Competitiva em Manufatura - atingindo competitividade nas operações industriais* São Paulo, Editora Atlas.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. *A Máquina Que Mudou o Mundo*: Baseado no estudo do Massachusetts Institute of Technology sobre o futuro do automóvel. 13ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D.T. *Lean thinking - banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster: New York, 1996.