



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



**Paulo Roberto Côrrea de Araújo**

**Propostas Logísticas para o Suprimento de Estruturas Metálicas  
Utilizando Ferramentas *Lean***

**Rio de Janeiro  
2005**

**Paulo Roberto C6rrea de Ara6ujo**

**Propostas Log6sticas para o Suprimento de Estruturas Met6licas  
Utilizando Ferramentas *Lean***

**Disserta66o apresentada como requisito parcial  
para obten66o do grau de Mestre, ao Programa  
de P6s-Gradua66o em Engenharia Civil da  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro.**

**Orientador: Cyro Alves Borges Junior.**

**Rio de Janeiro  
2005**

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/NPROTEC

A663 Araújo, Paulo Roberto Corrêa de.  
Propostas logísticas para o suprimento de estruturas  
metálicas utilizando ferramentas lean / Paulo Roberto  
Corrêa de Araújo. – 2005.  
148 f. : il.

Orientador : Cyro Alves Borges Junior  
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do  
Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Construção civil – Controle de produção – Teses. 2.  
Estruturas metálicas – Teses. 3. Logística empresarial -  
Teses. 4. Just-in-time – Teses. I. Borges Junior, Cyro Alves.  
II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de  
Engenharia. III. Título.

CDU 69:658.5

# Propostas Logísticas para o Suprimento de Estruturas Metálicas Utilizando Ferramentas *Lean*

**Paulo Roberto Corrêa de Araujo**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, PGE CIV, da Faculdade de Engenharia, FEN, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Ênfase: Estruturas.

Aprovada pela seguinte Comissão Examinadora:



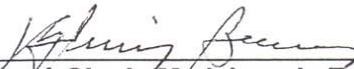
---

**Prof. Cyro Alves Borges Junior, DSc – Presidente**  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ



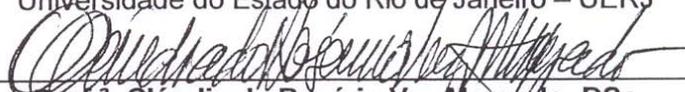
---

**Prof.ª Maria Elizabeth da Nóbrega Tavares, DSc**  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ



---

**Prof. José Glenio Medeiros de Barros, DSc**  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ



---

**Prof.ª Cláudia do Rosário Vaz Morgado, DSc**  
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Universidade do Estado do Rio de Janeiro  
Dezembro de 2005

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof. Cyro Alves Borges Junior por compartilhar os seus conhecimentos sempre com presteza , pela paciência em momentos difíceis e pela amizade desenvolvida durante o curso.

A Amanda Virgínio de Oliveira por todo o apoio e incentivo dado durante o curso, sempre acreditando na realização deste trabalho.

Ao colega de Curso, Rodrigo Rodrigues Lyra da Silva pelas várias horas de debates sobre o trabalho, pela contribuição técnica e pela amizade criada durante o curso.

A Vanessa da Silva Azevedo pela contribuição ao trabalho.

Aos funcionários do LABBAS pela atenção e pelo apoio técnico em vários momentos.

Aos Professores do programa PGECIV que ajudaram na minha formação.

Aos colegas de trabalho que sempre me incentivaram e torceram pela realização deste trabalho.

## RESUMO

Araujo, Paulo Roberto Corrêa. **Propostas Logísticas para o Suprimento de Estruturas Metálicas Utilizando Ferramentas *Lean***. Rio de Janeiro, 2005. 148p. (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

Este trabalho propõe uma organização para o processo de abastecimento de estruturas metálicas na construção de um prédio comercial, correlacionando a logística de suprimento do canteiro com a montagem das estruturas metálicas. A proposta foi desenvolvida a partir dos conceitos da logística empresarial e da concepção construtiva *lean* originário do Sistema Toyota de Produção e, posteriormente, foram aplicados em outros setores como o da construção civil. Para enfatizar problemas críticos do processo abastecimento de materiais e identificar suas soluções, foi estudada uma proposta logística para o suprimento das estruturas em uma obra localizada no Centro da cidade do Rio de Janeiro. A sincronização entre a atividade logística e o processo de montagem das estruturas seguiu a lógica *lean* de redução de tempos de espera, de eliminação de estoques em canteiro, como condição para a melhoria de produtividade da obra. Foi analisado o mapeamento da cadeia de valor do fluxo de materiais e operações compreendidos entre o depósito de estruturas e a obra, verificando o balanceamento de atividades de produção e os possíveis ganhos de produtividade. Os resultados obtidos evidenciariam potencial de ganho na medida em que fornece justificativas para a aplicação das atividades logísticas e das ferramentas *lean* na proposta de suprimento de estruturas. A proposta logística apresentada integra os fabricantes de estruturas com a obra e principalmente reduz as esperas e estoques em processo, que são considerados desperdícios na concepção construtiva *lean*. Conclui-se, portanto, que a logística é fator decisivo na viabilidade de qualquer processo construtivo, e que, especificamente, sob os conceitos do sistema de construção *lean*, reúne condições para a melhoria de produtividade do processo construtivo e por conseguinte aumento de competitividade.

**Palavras-chave:** Logística, Construção Civil; Construção Predial; Produção *Lean* (Produção Enxuta); Construção *Lean* (Construção Enxuta); Mapeamento da Cadeia de Valor; Estruturas Metálicas.

## **ABSTRACT**

In this Work is proposed the organization for structural steel supply process in the construction of a commercial building, correlating the supply logistic of the site with the assembly of the steel structures. The proposal was developed using the concepts of business logistic and of the original lean construction conception that was developed by Toyota Production system and later applied in other sections as the one of the building site. In order to emphasize critical problems of the provisioning process of materials and to identify there the main solutions, it was studied a logistic proposal for the supply of the structures in a located work downtown of Rio de Janeiro. The synchronization between the logistics activity and the structures assembly process followed the lean logic of reduction of wait time, of elimination of stocks in construction site, as condition for the improvement of the productivity of construction. It was analyzed the value stream mapping of the materials flow and operations understood between the structures warehouse and the construction site, verifying the swinging of production activities and the possible productivity gains. The obtained results would evidence potential earnings in the measure that it supplies justifications for the application of logistics activities and of the lean tools for structural steel supply. The proposal presented logistic integrates the manufacturers of structures with the work and mainly it reduces the waits and stocks in process, that wastes are considered in lean constructive conception. We can conclude that the logistic is a decisive factor in the viability of any construction process, and that, specifically, under the concepts of lean construction system, it gathers conditions for the improvement of productivity of the constructive process and consequently increase of competitiveness.

**Key-words:** logistic, civil construction, building construction, lean production, lean construction, value stream mapping, steel structures

## SUMÁRIO

RESUMO	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE QUADROS	xiii
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO</b>	<b>4</b>
1.1.1 Objetivo Geral	4
1.1.2 Objetivos Específicos	5
<b>1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO</b>	<b>5</b>
<b>1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO</b>	<b>5</b>
<b>1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO</b>	<b>5</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>7</b>
<b>2.1 LOGÍSTICA</b>	<b>7</b>
2.1.1 Evolução do conceito de logística	7
2.1.2 O trabalho da logística	9
2.1.3 Atividades primárias e de apoio a logística	22
2.1.4 Níveis de administração da distribuição física	24
2.1.5 Integração da logística	25
2.1.6 A logística na construção	26
<b>2.2 FERRAMENTAS <i>LEAN</i></b>	<b>30</b>
2.2.1 Princípios <i>Lean</i>	31
2.2.2 Definição de perdas ou desperdício	33
2.2.3 A ferramenta <i>Just-in-Time</i> - JTI	34
2.2.4 Mapeamento do fluxo de valor	38
<b>2.3 A LOGÍSTICA COMO FERRAMENTA DE CONSTRUÇÃO <i>LEAN</i></b>	<b>45</b>
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>48</b>
<b>3.1 ESTRUTURA DA PESQUISA</b>	<b>48</b>
<b>3.2 MOTIVADORES DA PESQUISA</b>	<b>52</b>
<b>3.3 MEIOS EMPREGADOS NA PESQUISA</b>	<b>52</b>

<b>4 PROJETO LOGÍSTICO</b>	<b>54</b>
<b>4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>	<b>54</b>
4.1.1 Aspectos gerais do local da obra	54
4.1.2 Os materiais	57
4.1.3 Origem e forma de disponibilização das estruturas	59
4.1.4 O processo de construção	60
4.1.5 O modo de transporte	61
<b>4.2 PLANEJAMENTO DA LOGÍSTICA BALANCEADA COM O PROCESSO PRODUTIVO</b>	<b>65</b>
<b>4.3 DEPÓSITO</b>	<b>67</b>
4.3.1 Localização do depósito	68
4.3.2 Características do terreno	69
4.3.3 Armazenagem	70
4.3.4 Manuseio das estruturas	72
4.3.4.1 Escolha do equipamento de manuseio	74
4.3.4.2 Interpretação da tabela de carga do guindaste Grove RT525E	79
4.3.4.3 Plano de içamento e movimentação de carga	83
4.3.4.4 Amarração da carga	85
<b>4.4 PLANEJAMENTO DOTRANSPORTE</b>	<b>88</b>
4.4.1 Fatores externos que influenciam o transporte	88
4.4.1.1 Acessibilidade da carreta	89
4.4.1.2 Trânsito	90
4.4.1.3 Legislação sobre transporte de carga no centro da cidade	91
4.4.2 Definição da rota depósito / obra	93
4.4.3 Cálculo dos tempos de transporte	95
4.4.4 Fator de segurança	96
4.4.4 Cálculo do número de carretas	97
<b>4.5 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR</b>	<b>100</b>
<b>4.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>103</b>

<b>5 CONCLUSÕES</b>	<b>107</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>110</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>115</b>
<b>ANEXO 1 – ARTIGO PUBLICADO NO XII SIMPEP (2005)</b>	<b>116</b>
<b>ANEXO 2 – LISTA DE MATERIAL DO EDIFÍCIO</b>	<b>125</b>
<b>ANEXO 3 – LISTA DE MATERIAIS QUE COMPÕE OS LOTES</b>	<b>126</b>
<b>ANEXO 4 – DETALHAMENTO DO LOTES MAIS PESADO E                     DO LOTE COM MAIOR NÚMERO DE PEÇAS</b>	<b>129</b>
<b>ANEXO 5 – CATÁLOGO DA CARRETA RANDON S/A</b>	<b>130</b>
<b>ANEXO 6 – ESTUDO DE MANOBRABILIDADE DA GUERRA S/A</b>	<b>131</b>
<b>ANEXO 7 – CATÁLOGOS DO CAMINHÃO VOLVO FM 12</b>	<b>132</b>
<b>ANEXO 8 – FORMULÁRIOS COM PLANEJAMENTO DE                     SEPARAÇÃO DAS ESTRUTURAS NOS LOTES</b>	<b>133</b>
<b>ANEXO 9 – MANUAL TÉCNICO DO GUINDASTE GROVE</b>	<b>135</b>
<b>ANEXO 10 – PLANTA COM O POSICIONAMENTO DOS                     EQUIPAMENTOS NO DEPÓSITO</b>	<b>143</b>
<b>ANEXO 11 – ÍNDICES DE MOBILIDADE</b>	<b>144</b>
<b>ANEXO 12 – ÍNCONES USADOS POR ROTHER E SHOOK (1999)                     NO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR</b>	<b>146</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Divisão da logística	9
Figura 2.2 – Divisão do trabalho da logística	10
Figura 2.3 – Funções do transporte	12
Figura 2.4 – Funções do estoque	15
Figura 2.5 – Tipos de estoque	18
Figura 2.6 – Divisão da atividade de manuseio dos materiais	21
Figura 2.7 – Relação entre as atividades primárias	23
Figura 2.8 – Relações entre as atividades logísticas	24
Figura 2.9 – Subdivisão da logística na construção civil	27
Figura 2.10 – Comparativo dos trabalhos de logísticas com outros trabalhos	28
Figura 2.11 – Mapeamento do fluxo de valor no estado atual	40
Figura 2.12 – Mapeamento de fluxo de valor no estado futuro	41
Figura 4.1 – Detalhe da Rua Buenos Aires	54
Figura 4.2 – Posicionamento da carreta na obra	55
Figura 4.3 – Foto da localização prevista para a obra	56
Figura 4.4 – Croqui do centro da cidade com localização da obra, bancos, ósgão públicos, metrô e estacionamentos	57
Figura 4.5 – Divisão das etapas de construção do prédio	58
Figura 4.6 – Verificação das secções de vigas e colunas utilizadas no projeto	59
Figura 4.7 – Formato dos lotes e vigas e colunas fornecidos pela fábrica	60
Figura 4.8 – Seqüência de montagem das estruturas	61
Figura 4.9 – Detalhe da carreta carga seca de três eixos	62
Figura 4.10 – Definição do raio mínimo para manobra da carreta de três eixos	62
Figura 4.11 – Detalhe do caminhão	63
Figura 4.12 – Modo de fornecimento de estruturas da fábrica versus necessidade da obra	66
Figura 4.13 – Atividade do guindaste, seus tempos e logística de suprimento	67
Figura 4.14 – Transporte das estruturas entre a fábrica, depósito e obra	68

Figura 4.15 – Mapa com a rota do depósito / obra	69
Figura 4.16 – Foto do local do depósito	70
Figura 4.17 – Layout do depósito	71
Figura 4.18– Forma de armazenagem das estruturas no depósito	72
Figura 4.19 – Armazenagem das estruturas	72
Figura 4.20 – Guindaste sobre esteira treliçada	75
Figura 4.21 – Guindaste sobre chassi de lança telescópica	76
Figura 4.22 – Guindaste autopropelido	76
Figura 4.23 – Guindaste autopropelido Grove RTE 525 E	78
Figura 4.24 – Simbologia utilizada na tabela de cargas do guindaste Grove RT525E	79
Figura 4.25 – Tabela de carga do guindaste Grove RT525E	83
Figura 4.26 – Planta com posicionamento do guindaste e carreta para a movimentação de carga nos lotes	84
Figura 4.27 – Corte com posicionamento do guindaste e carreta para a movimentação de carga nos lotes 33 a 47	85
Figura 4.28 – Corte com posicionamento do guindaste e carreta para a movimentação de carga no lote 33	85
Figura 4.29 – Detalhe do pega chapa	86
Figura 4.30 – Formas de utilização do pega chapa	87
Figura 4.31 – Exemplo de acessório de amarração	88
Figura 4.30 – Exemplo de fatores de carga	85
Figura 4.32 – Estudo de acesso da carreta à rua Buenos Aires	89
Figura 4.33 – Índice de Mobilidade da Av. Brasil	91
Figura 4.34 – Planta com locação da Av. Presidente Vargas e da obra	92
Figura 4.35 – Croqui do Centro da cidade do Rio de Janeiro	93
Figura 4.36 – Mapa do centro da cidade com as opções de rotas	94
Figura 4.37 – Ponto intermediário entre o depósito e a obra	97
Figura 4.38 – Mapeamento do fluxo de valor das estruturas metálicas	100

## LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 – Formulário de separação das peças da 1ª etapa	73
Quadro 4.2 – Resumo de configurações de movimentação e içamento do prejeito B	83
Quadro 4.3 – Comparação das rotas A e B	95
Quadro 4.4 – Cálculo dos tempos de transporte	96
Quadro 4.5 – Detalhamento do tempo de ciclo das carretas	98
Quadro 4.6 – Detalhamento dos tempos de utilização das carretas	99

# 1 INTRODUÇÃO

Com a globalização, as empresas de todos os níveis se viram num ambiente de intensa competitividade. Isto se refletiu num rápido processo de desenvolvimento tecnológico, tanto para produtos quanto para processos produtivos. As empresas avançaram em pesquisa, aplicação e melhoria da forma de produção pretendendo atingir os novos padrões de competição.

Dentre as técnicas desenvolvidas, destacou-se o STP - Sistema Toyota de Produção, que modificou a forma de produção da indústria automobilística, trazendo melhoria significativa à produtividade. Daí surgiu uma nova concepção de produção denominada *Lean Production* (Produção Enxuta), que é articulada pela eliminação de desperdícios e sustenta-se no fluxo integrado dos processos produtivos. Os processos são analisados em partes, requerendo balanceamento com os demais processos a fim de promover uma cadeia produtiva uniforme. Pode-se desta forma observar melhoria no processo como um todo.

Neste ambiente de melhoria de processos, a logística, que já existe há muito tempo, passou a ter maior atenção no processo produtivo das empresas, aumentando seu escopo e importância estratégica. A logística gerencia uma variedade de funções empresariais díspares, como transporte, distribuição e tecnologia de informações, visando à otimização da produção e da entrega de produtos. A integração da cadeia de abastecimento de resposta rápida, e o gerenciamento do inventário com o *Kanban e Just-in-Time*, revolucionaram não somente a forma pela qual as empresas gerenciam suas atividades logísticas, mas também o gerenciamento de todo o seu negócio. As estratégias logísticas influenciam no projeto do produto, nas parcerias, nas alianças e na seleção de fornecedores e outros processos vitais de negócios (MOURA, R., 2005).

Moura (2005), diz ainda que o principal papel da infra-estrutura logística será integrar as funções logísticas e de manufatura num único sistema estratégico focado no cliente. Movimentar produtos, serviços e informações é somente um aspecto da logística de hoje. Seu novo papel mais amplo é o da integração e coordenação de suas atividades. À medida que os recursos produtivos estão cada

vez mais dispersos, a logística torna-se a inteligência da empresa. Seu papel é coordenar as competências e a distribuição num único recurso produtivo. Resumindo, a logística é o que fará a produção funcionar.

A construção civil vem absorvendo os conhecimentos de produtividade desenvolvidos pela indústria e feito adaptações para aplicação na construção. Esse é o caso da Construção *Lean*, que evoluiu e se adaptou a partir da Produção *Lean*. Já a logística na construção tem absorvido os conhecimentos da logística empresarial. Conceitos de administração de logística e suas ferramentas têm um grande valor para a construção civil, que está procurando maior produtividade e melhoria de competitividade, visando redução de custos e maior satisfação do cliente. Algumas observações podem ser notadas numa revisão preliminar da literatura:

Silva (2000), desenvolveu um estudo sobre logística voltada para o setor de construção de edifícios e o associou a diversas estratégias de construção. Seu trabalho baseou-se em estudos de caso, em algumas empresas construtoras de edifícios na cidade de São Paulo e redondezas. Concluiu que a logística exerce importante papel na racionalização do processo de produção dos edifícios. Observou ainda que as características dos fluxos logísticos encontrados envolvem uma multiplicidade de agentes, entre engenheiros, arquitetos, projetistas, subempreiteiros, fornecedores e clientes, e que sua interação ainda carece de estudos mais aprofundados por construtoras e pesquisas acadêmicas.

Yin (2003), também fez um estudo enfocando a contribuição ao estudo da logística no sub-setor de edificações. Lidou com estudos de caso em canteiros de obra na cidade de Vitória-ES. Concluiu que os objetivos das estratégias implantadas pelas empresas visam primordialmente incorporar vantagens competitivas, não redundando em melhoria do desempenho logístico. As empresas usam algum tipo de procedimento apropriado, porém, por falta de sedimentação do conhecimento sobre o enfoque logístico, isto não é feito de forma coordenada, sistematizada nem integrada.

A logística na construção é um tema que tem sido pouco explorado por pesquisadores. Alguns dos trabalhos que abordam o assunto, como Silva (2000) e

Yin (2003), estão fortemente ligados à forma de construção *lean*. Já os trabalhos de construção *lean* citam atividades logísticas sem se aprofundar em seus conceitos, como é o caso do trabalho de Polat e Ballard (2003). Neste trabalho há a abordagem da cadeia de provisão de componentes construtivos, analisando a forma de produção das fábricas e não se detendo no trabalho logístico de levar os materiais da fábrica até a obra.

Um outro estudo sobre construção *lean*, de Fotanini e Picchi (2004), sugere a aplicação da mentalidade enxuta na cadeia de fornecedores de janelas de alumínio para construção civil. Assim como Polat e Ballard (2005), não se aprofunda nas questões logísticas. Os autores estabelecem diretrizes de análise e um mapeamento do estado atual e futuro, eliminando desperdícios de fluxo.

Sobre *lean*, aquele que mais destacou a importância da aplicação da logística como fator decisivo para o sucesso da construção, foi o estudo de Tommelein e Weisseberger (1999). Neste trabalho foi sugerido um planejamento estratégico para implantação de um depósito, objetivando um ajuste entre a forma de produção industrial e a necessidade da construção *lean*. Eles sugerem a utilização da ferramenta *Just-In-Time* para entrega de estruturas metálicas na obra. Uma vez que esse tipo de construção geralmente é localizado em ambiente urbano e freqüentemente não dispõe de muito espaço, não permite estoques na obra. As entregas das estruturas se deparam com problemas de tráfego e com exigência de licenças especiais de transporte. Todos esses problemas se acentuam com a necessidade de entrega de lotes com componentes pré-definidos, num momento específico, devido à atividade de içamento e montagem que, utilizando um guindaste, é o que demanda mais recursos em todo processo: não pode ficar ocioso.

Neste ambiente, que exige total controle das operações logísticas, pretendendo-se garantir a chegada de materiais no momento certo, mesmo em condições adversas, observou-se a oportunidade de demonstrar a importância da logística no ambiente da construção civil. Decidiu-se então, elaborar um projeto logístico de suprimento de estruturas metálicas para construção de um prédio

comercial no Centro da Cidade do Rio de Janeiro. Nesse local há necessidade de novas construções, com interesse de bancos, do comércio, de escritórios, órgãos públicos e serviços em geral. Soluções para essa situação apresenta aspecto de generalidade em relação a outros centros urbanos.

Quanto ao depósito foi feito um estudo conjunto com Vanessa da Silva Azevedo (Azevedo, 2006) como parte dos trabalhos de pesquisa na área de construção. A aluna desenvolveu projeto de graduação com o título: Manual de Procedimentos de Campo para Manuseio e Carregamento de Estruturas Metálicas (*rigging*) em Depósito de Abastecimento de Construção Predial. O trabalho, apesar de concluído, não foi apresentado. Sua defesa é prevista para o primeiro semestre de 2006.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Verificar a aplicação dos conceitos, métodos, ferramentas e procedimentos da logística no suprimento de materiais para construção predial. Verificar melhorias no processo logístico com a aplicação de ferramentas *lean*, e finalmente analisar a importância da logística na produtividade da construção, principalmente quando se trata da forma de construção *lean*, que busca o aumento de produtividade do processo construtivo por meio da eliminação de desperdícios operacionais.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos estão associados à formulação de uma proposta logística para movimentação de materiais entre a fábrica e a obra. Trata-se do suprimento de estruturas metálicas para construção de um prédio comercial de oito pavimentos, localizado no Centro da Cidade do Rio de Janeiro. Desta forma, os objetivos específicos da dissertação compreendem:

- Apresentar soluções logísticas que superem os problemas de movimentação de carga em centro urbano;
- Atender as necessidades de suprimento exigidas pela Construção *Lean*;
- Buscar alternativas que possam reduzir custos logísticos dentro do nível de serviço exigido pela Construção *Lean*.

## **1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO**

O estudo para elaboração do projeto logístico limitou-se a analisar as atividades necessárias para o abastecimento e as atividades de içamento e de montagem das estruturas metálicas. Para tal, estudou-se a articulação das atividades logísticas com ferramentas da produção *lean*, como: *Just-in-Time*, fluxo e, principalmente, do Mapeamento da Cadeia de Valor para balancear as etapas analisadas e reduzir os desperdícios de espera e estoque.

## **1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO**

Pretende-se por meio dos resultados obtidos por esse estudo, facilitar mudanças dos processos de suprimento de materiais permitindo o aumento da produtividade na construção civil. Por outro lado, a importância deste estudo reside também na não existência na literatura nacional, de uma quantidade significativa de trabalhos publicados relacionados à adequação e aplicabilidade da logística na construção civil. Este setor é caracterizado por trabalhos direcionados à movimentação de produtos acabados da indústria e da logística empresarial. Entretanto, a construção civil necessita evoluir nesse processo de suprimento, acompanhando a melhoria de seus equipamentos e materiais. A possível mudança do processo de suprimento, aplicando-se os conceitos de logística e fazendo-se uso de novos equipamentos e materiais industriais, pode ser uma solução para melhoria da produtividade, juntamente com a forma de construção *lean*.

## 1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação foi estruturada em cinco capítulos, sendo o Capítulo 1 este da Introdução, que aborda a importância da logística apresentando trabalhos voltados para a construção civil, apresenta os objetivos do trabalho, passa pela delimitação e relevância do estudo e finaliza com esta parte.

O Capítulo 2 apresenta a Revisão da Literatura, onde a primeira parte engloba os objetivos e conceitos da logística utilizada na indústria e o seu direcionamento para aplicação na construção civil. A segunda parte apresenta os conceitos *lean* e algumas ferramentas que interferem diretamente na logística.

O Capítulo 3 apresenta a Metodologia do trabalho, onde é feita uma discussão sobre logística empresarial, conceitos *lean* e algumas de suas ferramentas, como: *Just-in-Time* e Mapeamento do Fluxo de Valor. Toda discussão leva a uma abordagem de como a logística voltada para a construção e utilizando ferramentas *lean* no seu planejamento pode contribuir para a viabilidade e elevação da produtividade da construção.

O Capítulo 4 define um problema logístico para aplicação da Metodologia apresentada. Inicia-se com a apresentação da descrição da obra, identificando as dificuldades e restrições de suprimento de estruturas. Segue com a apresentação de uma proposta logística adequada à forma de construção, onde resgata conhecimentos adquiridos na revisão da literatura e apresenta procedimentos logísticos para o suprimento de estruturas metálicas à obra. O capítulo termina com a avaliação dos resultados obtidos com o projeto logístico.

No Capítulo 5, são apresentadas as Conclusões, avaliando os principais resultados obtidos com o estudo e aplicação da logística na construção predial utilizando ferramentas *lean*.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 LOGÍSTICA**

#### **2.1.1 Evolução do conceito de logística**

A logística é um termo que envolve questões estratégicas, há muito tempo utilizado pelos militares com a finalidade de transportar, abastecer e alojar tropas. Para Tixer et al. (1983), a logística é a aplicação prática da arte de mover exércitos, compreendendo os meios e arranjos que permitem aplicar os planos militares estratégicos e táticos.

A partir da década de 50, após a 2ª Guerra Mundial, a logística começou a ganhar força e importância no ambiente empresarial, impulsionada por diversos fatores tais como: alteração de padrões e atitudes na demanda dos consumidores, pressão por diminuição dos custos na indústria, avanço na tecnologia de computadores e influência da logística militar (BALLOU, 1993).

Devido ao aumento da competição nos mais diversos setores, as empresas tiveram que se reorganizar internamente e melhorar a distribuição dos produtos no mercado. A capacidade de abastecimento dos mercados não estava adequada à capacidade de produção. No período do pós-guerra, houve uma grande preocupação com os aspectos logísticos relacionados à distribuição física dos materiais ou produtos.

Segundo Magee (1977), na década de 60, estimou-se que, devido, principalmente, ao problema da inadequação dos instrumentos de distribuição física, somente um terço da quantidade total de alimentos produzidos no mundo era efetivamente consumida pelo homem.

Em meados da década de 60, os setores industriais tiveram que aprimorar os aspectos logísticos relativos ao suprimento de materiais, devido à escassez de matérias primas de boa qualidade, ao encarecimento do custo do transporte com a crise do petróleo e ao crescimento da competição mundial entre os bens manufaturados.

Silva (2000) apresenta a evolução da logística empresarial em três fases (MASTERS; POHLEN; LA LONDE, 1994):

1) Gestão funcional (1960-1970) – nesta época, a maioria das empresas começou a fazer uma transição gradual da administração de processos individuais, tais como transporte, compras, armazenagem, controle de estoque, programação da produção e atendimento ao cliente, para uma integração da administração de funções correlatas convergindo para duas grandes áreas – **gestão de materiais e distribuição física**. Contribuíram para o avanço da logística nesta época; o início da utilização de computadores (sobretudo para auxiliar a gestão de materiais); a preocupação com o serviço de atendimento ao cliente e com o aumento da produtividade; a formação das funções de gestão dos materiais e distribuição física e a desregulamentação da indústria de transporte.

2) Integração interna (1980) – nessa fase, não houve grandes mudanças de caráter organizacional nas empresas, mas sim uma mudança de mentalidade na gestão dos fluxos de materiais. Promoveu-se, no âmbito interno das empresas, maior integração entre as atividades de aquisição, operação (ou produção) e distribuição. Foi nesta época que surgiu o termo logística integrada. Alguns fatores que contribuíram para que isso ocorresse, como: a desregulamentação e a expansão de serviços de transporte marítimo; o surgimento de empresas de logística de terceira parte; o início do desenvolvimento da Tecnologia da Informação (**TI**); aumento da importância do serviço de atendimento ao cliente e o desenvolvimento de novos princípios e ferramentas de gestão como o **JIT** e o **MRP**.

3) Integração externa (1990) - foi nesta fase, pela qual ainda estamos passando, que surgiu o conceito de gestão da cadeia de suprimento. As empresas começaram a buscar a eficiência logística não somente internamente, mas também nas suas relações com os fornecedores, distribuidores, prestadores de serviço de terceira parte e clientes. A globalização, os movimentos demográficos e o desenvolvimento das **TI** influenciaram este novo comportamento.

A logística evoluiu em sua base conceitual, passando a considerar atividades relacionadas aos fluxos físicos e de informações da cadeia de suprimentos. Hoje é entendida tanto como a integração da administração de materiais como de sua distribuição física (vide Figura 2.1). Sua incorporação pela indústria redundou na ampliação do conceito, passando a significar a forma de prover bens e serviços quanto, quando e onde, na condição desejada pelos consumidores. Constituiu-se em uma função essencial na empresa, pois envolve o gerenciamento do transporte, da distribuição física, do

armazenamento de materiais e produtos e dos níveis de serviços ofertados ao cliente.

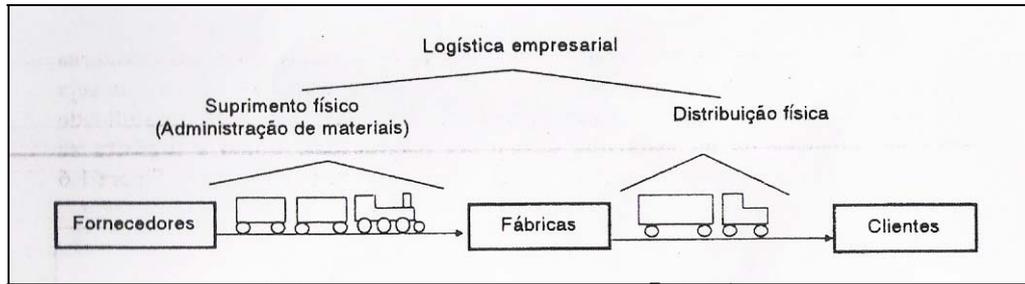


Figura 2.1 – Divisão da logística.

Fonte: Ballou (1993).

Vários títulos têm sido utilizados para descrever todos ou parte dos assuntos discutidos em logística: logística empresarial, distribuição física, administração física, administração da logística de materiais, administração de materiais, suprimento físico, logística de distribuição, logística interna e distribuição total. Em 1991, o *Council of Logistics Management* modificou o termo administração da distribuição física para logística e em seguida, alterou a definição para:

“Logística é a parte do processo de gestão da cadeia de suprimento, que trata do planejamento, implementação e controle eficiente e eficaz do fluxo e armazenagem de mercadorias, serviços e informações relacionadas desde o ponto de origem até o seu ponto de consumo, com o objetivo de atender as necessidades do cliente”.

### 2.1.2 O trabalho da logística

Para Bowersox e Closs (2001), o trabalho da logística é dividido em cinco partes, e torna-se eficiente quando consegue coordená-los. O desafio está em gerenciar o trabalho relacionado a essas áreas funcionais de maneira ordenada, com o objetivo de gerar a capacidade necessária ao atendimento das exigências.

A Figura 2.2 apresenta a divisão do trabalho da logística em cinco partes diferentes, definidas por Bowersox e Closs (2001).



Figura 2.2 – Divisão do trabalho da logística

### **Projeto de Localização**

Tem o objetivo de determinar a quantidade e a localização de todos os tipos de instalações necessárias para a execução do processo logístico. Sua importância foi durante muito tempo negligenciada. Quando se discutia as relações entre oferta e demanda, os diferenciais de custos de transporte e de localização de instalações eram considerados inexistentes ou iguais entre os concorrentes. No entanto, o número, o tamanho e as relações entre instalações utilizadas para executar as operações logísticas afetam diretamente o custo e a capacidade de prestação de serviços aos clientes.

O projeto de localização é responsabilidade básica da gerência logística, visto que a estrutura das instalações é usada para fornecer produtos e materiais aos clientes. A determinação da quantidade necessária de cada tipo de instalação, sua localização geográfica e o trabalho a ser executado em cada um, é uma das questões mais importantes do projeto de localização.

### **Sistema de informação**

Influencia diretamente o desempenho da logística. Durante muito tempo não teve devido destaque por falta de tecnologia adequada na geração das informações desejadas. Os níveis gerenciais não possuíam uma avaliação completa e uma compreensão aprofundada da maneira como uma comunicação rápida e precisa podia melhorar o desempenho logístico. Essas

deficiências históricas foram eliminadas. A tecnologia atual é capaz de atender aos requisitos de informação necessários. Se desejado, a informação pode ser obtida em tempo real. Hoje, podem ser utilizadas novas tecnologias de informação para elaborar soluções logísticas únicas e inovadoras.

No entanto, o nível da tecnologia utilizada não é acompanhado pela qualidade da informação. Deficiências na qualidade da informação podem criar inúmeros problemas operacionais. Os mais comuns enquadram-se em duas amplas categorias. Em primeiro lugar, as informações recebidas podem estar incorretas quanto a tendências e acontecimentos, visto que uma grande parte das atividades logísticas ocorre em antecipação a necessidades futuras. Uma projeção ou avaliação imprecisa pode resultar em falta ou excesso de estoque. Projeções excessivamente otimistas podem resultar no posicionamento inadequado do estoque. Em segundo lugar, informações sobre o processamento de pedidos podem estar imprecisas com respeito às exigências de um cliente específico. O processamento incorreto de um pedido cria todos os custos logísticos, mas normalmente não resulta consumo final. De fato, os custos logísticos são freqüentemente aumentados em função de despesas de devolução da mercadoria ao estoque e, se a oportunidade de consumo ainda existir, são aumentados com o custo de uma nova tentativa de fornecimento. Cada erro na composição das necessidades de informação cria uma provável ruptura na cadeia.

O gerenciamento de pedidos e as projeções são duas áreas do processo logístico que dependem de informação. A projeção, em logística, é um esforço no sentido de calcular necessidades futuras. Nesse sentido, é usada para orientar o posicionamento do estoque de modo a satisfazer as necessidades futuras do cliente. Contudo, constata-se que o desempenho dos executivos de logística, quanto a projeções, não tem sido dos melhores. Um dos principais motivos pelos quais os executivos utilizam informação para a obtenção de um controle efetivo das operações logísticas é o seu desejo de substituir a imprecisão das projeções por uma resposta mais rápida às necessidades do cliente.

Em resumo, fica claro que uma das principais atividades dos executivos de logística é planejar e implementar a estratégia da empresa tendo como base a combinação desejada entre controle operacional e projeções.

Quanto mais eficiente for o projeto do sistema logístico de uma empresa, mais precisas deverão ser as informações. Sistemas logísticos bem elaborados, baseados no tempo, não têm excesso de estoque para compensar erros operacionais, pois os estoques de segurança são mantidos em um nível mínimo. No entanto, informações incorretas e atrasos no processamento de pedidos podem prejudicar o desempenho da logística. O fluxo de informações torna um sistema logístico dinâmico. Assim, a disponibilidade de informação de boa qualidade, em tempo hábil, é fator-chave para as operações logísticas.

### **Transporte**

É a área operacional que posiciona geograficamente o estoque. É um dos elementos mais visíveis das operações. Consumidores estão acostumados a ver caminhões e trens transportando produtos ou estacionados em um depósito de distribuição. Embora esta visão dê uma noção razoável da natureza dos serviços de transporte, ela não propicia maior conhecimento sobre o papel do transporte nas operações de logística.

O principal objetivo do transporte é movimentar produtos de um local de origem até um determinado destino minimizando ao mesmo tempo os custos financeiros, temporais e ambientais. As despesas de perdas e danos também devem ser minimizadas. Ao mesmo tempo, a movimentação deve atender às expectativas de clientes em relação ao desempenho das entregas e à disponibilidade de informações relativas às cargas transportadas.

O transporte tem duas funções principais: movimentação e armazenagem temporária de produtos, conforme destacado na Figura 2.3.

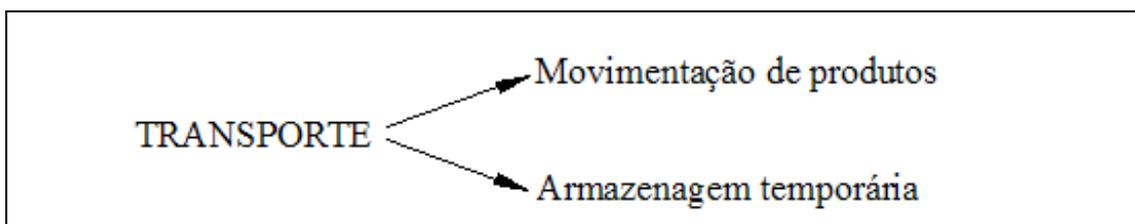


Figura 2.3 – Funções do transporte

## **Movimentação de produtos**

O transporte é necessário para movimentar produtos até a fase seguinte do processo de fabricação ou até um local fisicamente mais próximo do cliente final, estejam os produtos na forma de materiais, componentes, subconjuntos, produtos semi-acabados ou acabados. O transporte movimenta produtos para frente e para trás na cadeia de agregação de valores. Como utiliza recursos temporais, financeiros e ambientais, é importante que o movimento seja feito apenas quando realmente há aumento do valor dos produtos.

O transporte utiliza recursos temporais (isto é, tempo), já que o produto transportado torna-se inacessível durante o transporte. Produtos neste estágio, normalmente conhecidos como estoque em trânsito, têm-se tornado uma questão importante à medida que várias estratégias que envolvem a cadeia de suprimento, como a prática *Just-In-Time*, visa reduzir os estoques das fábricas e dos centros de distribuição.

O transporte utiliza recursos financeiros porque são necessários gastos internos para manter uma frota própria ou externos, para a contratação de terceiros. As despesas resultam do trabalho de motoristas, dos custos operacionais de veículos e da eventual apropriação de custos gerais e administrativos. Além disso, devem ser considerados outras despesas decorrentes de possíveis perdas ou danos aos produtos.

O transporte utiliza recursos ambientais, tanto direta como indiretamente. De forma direta, ele é um dos maiores consumidores de energia (combustível e óleo lubrificante). Indiretamente, o transporte causa danos ambientais em consequência de engarrafamentos, poluição do ar e poluição sonora. Embora seja cada vez mais comum apurar os custos com o meio ambiente, eles não cobrem todos os aspectos dessa questão.

### **Armazenagem temporária de produtos.**

Uma função menos comum do transporte é a estocagem temporária. Os veículos representam um local de estocagem bastante caro. Entretanto, se o produto em trânsito precisa ser estocado para ser movimentado novamente em curto período de tempo, o custo com a descarga e o recarregamento do

produto em um depósito pode exceder a taxa diária de uso do próprio veículo de transporte.

Quando o espaço do depósito é limitado, a utilização dos veículos de transporte para a guarda dos produtos pode tomar-se uma opção viável. Um dos métodos é o transporte do produto por um itinerário mais longo até seu destino, com maior tempo de trânsito ou alguma parada em um ponto intermediário. Esta é uma opção quando o depósito de origem ou de destino possui capacidade limitada de armazenagem. Nesse caso, o veículo de transporte é utilizado como uma opção de armazenagem temporária. Em alguns casos permanece em movimento; em outros, fica estacionado aguardando as necessidades do fluxo de produção.

Em suma, embora a armazenagem de produtos em veículos de transporte envolva um custo muito alto, ela pode ser justificada por uma perspectiva de melhor desempenho ou pelo custo total, quando são considerados os custos de carga e descarga, restrições de capacidade ou a possibilidade de aumento dos tempos de viagem e de espera.

### **Estoque**

Tem papel crítico para a produção. Falta de materiais podem parar a produção ou alterar programações, o que aumenta os custos e a possibilidade de falta de produto acabado. A falta de materiais pode prejudicar as operações de produção, porém o estoque excessivo também gera problemas, pois aumenta os custos e reduz a lucratividade em razão da armazenagem mais longa, da imobilização do capital de giro, da deterioração do produto, do gasto com seguro e do risco de obsolescência.

A formulação de políticas de estoque requer conhecimento de seu papel na área de produção. A logística tem reduzido os níveis de estoque operacional. Esta redução é devida à ênfase gerencial que o assunto tem recebido e à adoção de estratégias baseadas em prazos, como o *Just-in-Time*, por exemplo. Existem muitas oportunidades para melhorar a "produtividade" do estoque. Elas derivam da capacidade que as cadeias de suprimento integradas têm com o intercâmbio de informações e do esforço gerencial para reduzir incertezas na demanda e nos tempos do ciclo de processamento. A

reestruturação de processos na cadeia de suprimento visando à redução de estoque exige conhecimento de seus elementos e de sua dinâmica.

A política de estoques ideal seria aquela decorrente da fabricação de produtos conforme as especificações de clientes, após a colocação de pedidos, a chamada produção sob encomenda, característica de produtos customizados. Este sistema não exige a formação de estoque de materiais ou de produtos acabados em antecipação a vendas futuras. Embora um sistema de produção e distribuição sem estoque nem sempre seja possível, é importante considerar que o valor investido em estoque deve ser avaliado em conjunto com outros recursos logísticos, para obtenção do menor custo total.

O estoque implica substancial investimento em ativos e, portanto, deve proporcionar pelo menos algum retorno de capital. Os profissionais em logística há muito reconheceram que existem problemas de apuração, já que os demonstrativos de resultados não refletem adequadamente os verdadeiros custos, nem mesmo as vantagens dos investimentos em estoque. A falta de metodologias mais sofisticadas para a apuração dos custos torna difícil avaliar o intercâmbio entre níveis de serviço, eficiência das operações e níveis de estoque. A maioria das empresas mantém estoque médio que excede suas necessidades normais. Essa afirmação pode ser mais claramente compreendida por meio do exame cuidadoso das quatro principais funções desempenhadas pelos estoques: especialização geográfica, estoques intermediários, equilíbrio entre suprimento e demanda e gerenciamento de incertezas. Estas funções esquematizadas na Figura 2.4 com o objetivo de destacar a variedade de funções desempenhada pelo estoque.

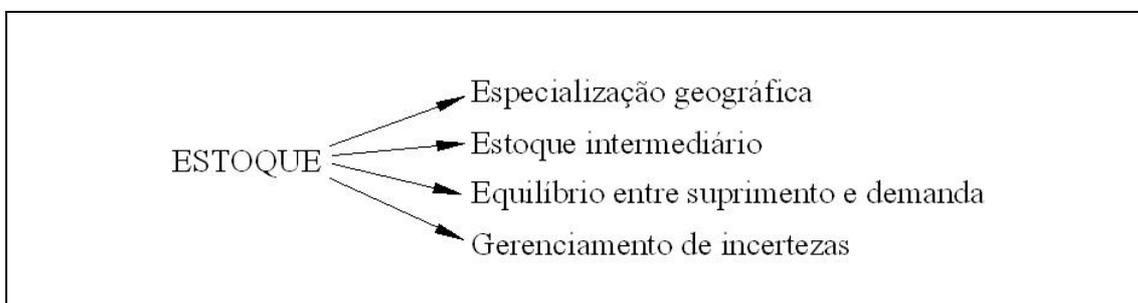


Figura 2.4 – Funções do estoque

### **Especialização geográfica**

É a função do estoque que se preocupa em permitir a produção de alguns componentes em locais distantes, pois a disponibilidade de fatores de produção, como energia elétrica, materiais, água e mão-de-obra está freqüentemente distante dos principais mercados. A tecnologia e o conhecimento especializado para cada um dos componentes de um produto devem estar localizados nas proximidades das fontes dos respectivos materiais, a fim de minimizar custos de transporte. Essa estratégia leva à dispersão geográfica dos materiais e exige transferência de estoques para integrar os componentes durante o estágio de montagem final. Produtos manufaturados em vários locais são reunidos num único depósito e, em seguida, combinados numa única carga, composta de diversos produtos. Embora difíceis de avaliar, a economia proporcionada pela especialização geográfica pode compensar com folga os aumentos de custo de manutenção de estoque e de transporte.

### **Estoques Intermediários**

É a função do estoque que possibilita máxima eficiência operacional em unidades de produção, pois a acumulação de produtos não acabados entre operações de produção permite que cada produto seja fabricado e distribuído em lotes maiores do que a demanda de mercado. A armazenagem de produtos em antecipação à demanda permite sua distribuição em grandes quantidades, com menores custos de transporte. Na comercialização, permite que os produtos sejam paulatinamente fabricados e depois vendidos. O uso de estoques intermediários tende a regular o fluxo das operações, amenizando as incertezas. Diferente da especialização geográfica: o estoque intermediário proporciona aumento de eficiência operacional num único local, enquanto a especialização geográfica considera múltiplos locais.

### **Equilíbrio entre suprimento e demanda**

É a função reguladora do estoque, concilia a disponibilidade de materiais e produtos à demanda, e está relacionada com o tempo decorrido entre produção e consumo. Conciliar gerencialmente os aspectos referentes ao tempo de produção e à demanda envolve difícil problema de planejamento.

Quando a demanda se concentra num curto período de tempo, fabricantes, atacadistas e varejistas são forçados a formar estoques muito antes do período crítico de vendas. A acumulação de estoque permite produção ou consumo em massa, mesmo quando existe sazonalidade. A função reguladora do estoque exige investimento em estoque sazonal, que é formado com a expectativa de saída total dentro da estação. O problema crítico do planejamento é determinar a quantidade de estoque que permitirá máximas vendas, sem o risco de arcar com sobras para a estação seguinte.

### **Gerenciamento de incertezas**

É a função que se preocupa com a segurança do estoque. Quando existem incertezas é necessário proteger os níveis de estoque correntes, o que gera a necessidade de estoque de segurança, também chamado estoque regulador. O estoque de segurança ameniza variações de curto prazo e protege a empresa contra dois tipos de incertezas. O primeiro é o de excesso de demanda sobre as quantidades projetadas, durante o ciclo das atividades. O segundo envolve tempos de espera no ciclo das atividades. Incerteza de demanda seriam, por exemplo, pedidos de clientes em quantidades maiores ou menores do que as planejadas. Incertezas no ciclo de atividades decorrem de variações nos tempos de espera no recebimento e no processamento de pedidos ou no transporte. São dedicados esforços consideráveis ao planejamento e à determinação do estoque de segurança. Na realidade, a maioria dos excessos de estoque é resultante de mau planejamento.

As funções de estoque devem ser capazes de cumprir os objetivos de desempenho, que é gerado a partir do nível de serviço que se deseja dar ao cliente. O nível de serviço pode ser definido em termos de tempo de ciclo de pedido, de percentagem de quantidades atendidas, ou de combinação desses objetivos. O ciclo de atividades compreende o período entre a entrega de pedidos pelos clientes e o do recebimento das mercadorias correspondentes. A percentagem de quantidades atendidas é a percentagem de quantidades pedidas que é prontamente expedida de uma só vez. Uma percentagem de 95%, por exemplo, indica que, em média 95 caixas de cada lote de 100 podem ser expedidas do estoque disponível. As cinco caixas restantes podem ser entregues mais tarde ou canceladas.

Existem quatro tipos de estoques: estoque médio, estoque básico, estoque de segurança e estoque em trânsito. O estoque médio é a soma dos demais estoques. Conforme demonstrado na Figura 2.5.

$$\text{Estoque Médio} = \text{Estoque Básico} + \text{Estoque em Trânsito} + \text{Estoque de Segurança}$$

Figura 2.5 – Tipos de estoque

Estoque Médio - compreende quantidade de materiais, componentes, estoque em processo e produtos acabados. O nível de estoque adequado deve ser determinado para cada instalação física.

Estoque Básico - é a porção do estoque médio que se recompõe pelo processo de ressurgimento. No início de um ciclo de atividades, este estoque está em seu nível máximo. O atendimento diário dos clientes vai reduzindo o estoque até que seu nível chegue a zero. Antes disso, porém, é emitido um pedido de ressurgimento, de forma que as mercadorias cheguem antes de ocorrer a exaustão. O pedido de ressurgimento deve ser emitido quando o estoque disponível ainda é maior ou igual à demanda de clientes a atender durante o prazo de ressurgimento.

Estoque de segurança - é uma parte do estoque médio destinada a armazenar o impacto de incertezas. O estoque de segurança é usado somente no fim dos ciclos de ressurgimento, quando há demanda mais alta do que a esperada ou os períodos de ressurgimento são mais longos. O princípio básico do estoque de segurança é que uma parte do estoque médio deve ser destinada a cobrir variações de curto prazo de demanda e de tempo de ressurgimento.

Estoque em trânsito - representa o estoque que se encontra em viagem ou aguardando transporte já sobre veículos. Estoque em trânsito é condição necessária no processo de ressurgimento de estoque e está normalmente associado a alto grau de incerteza, porque muitas vezes os embarcadores não dispõem de informações sobre a localização dos veículos e sobre a data e hora de sua chegada. Embora as comunicações por satélite tenham reduzido um pouco essas incertezas, os expedidores, em geral, ainda têm acesso limitado a

essas informações. Atualmente, o estoque em trânsito tem representado uma crescente proporção do estoque total, pela tendência de redução do tamanho dos pedidos, do aumento de sua frequência e da adoção de estratégias baseadas no tempo (exemplo: *Just-in-Time*).

O gerenciamento de estoque é um fator importante que deve estar integrado ao processo logístico para que os objetivos de serviço sejam alcançados. A tática tradicional para prestar um nível de serviço superior é aumentar os níveis de estoque; todavia, há outras abordagens, que incluem o uso de modalidades mais rápidas de transporte, melhor gerenciamento de informações para reduzir incertezas e fontes alternativas de suprimento. O gerenciamento de estoque desempenha papel preponderante no conjunto de esforços da operação logística necessários para atingir os objetivos de serviço estabelecidos.

### **Armazenagem, manuseio de materiais e embalagem**

Fazem parte de uma área da logística diferente das outras, pois o fato de que as mercadorias necessitam ser armazenadas em momentos específicos durante o processo logístico acarreta dependência entre estas etapas. Os veículos de transporte exigem manuseio de materiais para carregá-los e descarregá-los eficientemente. Por fim, os produtos são manuseados de uma maneira mais eficiente quando embalados em quantidades certas e em tipos de embalagens adequadas.

Antigamente, as empresas procuravam ter operações eficientes entre locais de suprimento, fabricação e consumo, mas davam pouca atenção às operações internas dos depósitos. A abertura de depósitos era essencial à operação de fluxo logístico, porém pouca importância era dada a aspectos como a melhoria da eficiência da estocagem e do manuseio. Os esforços de engenharia concentravam-se em problemas pertinentes à produção. As operações dos primeiros depósitos demonstravam a falta de atenção dada aos princípios de manuseio de materiais. Geralmente, os depósitos recebiam mercadorias por ferrovia ou caminhão. As mercadorias eram levadas manualmente para áreas de estocagem, onde eram, também manualmente, empilhadas no chão. Isso permitia extravios quando a mesma instalação armazenava produtos diferentes. Pouca atenção era dada à rotação do

estoque. Quando eram recebidos pedidos de clientes, os produtos eram separados manualmente, colocados em carrinhos manuais, e estes eram empurrados até o ponto de embarque, onde, mais uma vez, eram manualmente retirados e carregados em caminhões de entrega.

Após a 2ª Guerra Mundial, a atenção gerencial voltou-se para o aumento da eficiência dos depósitos. Melhorias de eficiência de armazenagem entre atacadistas, para servir os varejistas, logo foram adotadas pelas indústrias. Para as empresas com múltiplos locais de produção, a armazenagem eficiente ofereceu oportunidades de diminuição de estoque de materiais e peças, bem como redução de custos de manuseio, resultando em melhoria da produção. A armazenagem tornou-se parte integrante do *Just-in-Time* e de estratégias de produção baseadas na eliminação de estoque.

A armazenagem requer a administração do espaço necessário à manutenção dos estoques. Envolve problemas como localização, dimensionamento de área, arranjo físico, recuperação do estoque, projeto de docas e configuração do armazém. Não se enquadra em esquemas de classificação específicos, por envolver muitos componentes logísticos, como no caso de processamento de pedidos, estoque ou transporte.

Deve ser abordada de forma estratégica, englobando todo o sistema logístico. As vantagens da armazenagem estratégica são de natureza econômica e de eficiência de serviço, que advêm da redução direta de custos logísticos em função da quantidade de instalações, que pode ser menor ou maior desde que traga economia para o processo logístico como um todo. As vantagens de serviço podem ser obtidas com a utilização de depósitos, que advêm de melhorias ligadas a tempo e localização. Um depósito é considerado um lugar onde são guardados materiais e produtos. No entanto, em muitos projetos de sistemas logísticos, o depósito é considerado mais uma instalação de processamento do que um local de guarda de mercadorias.

É difícil quantificar o retorno de investimento desse tipo de vantagem, porque se trata de analisar relação entre custo e capacidade de prestação de serviço.

A principal preocupação na etapa de manuseio dos materiais é o fluxo de entrada e de saída de produtos, e não com a armazenagem em si. Apesar disso, a armazenagem influencia a eficiência deste manuseio. O projeto e as operações nos depósitos o afetam, podendo inclusive prejudicar o alcance do seu objetivo que é a separação das cargas de acordo com as necessidades dos clientes. Bowesox e Closs (2001), divide em três partes a atividade de manuseio de materiais: recebimento, manuseio interno e expedição. Elas são executadas numa seqüência lógica, conforme apresentada na Figura 2.6.

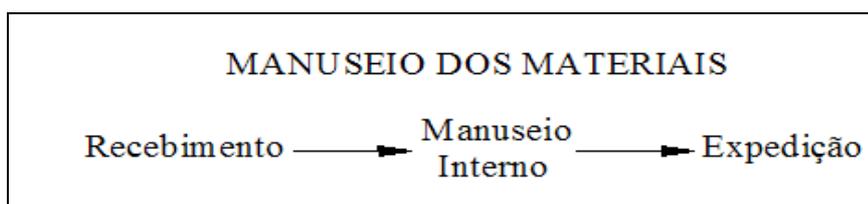


Figura 2.6 – Divisão da atividade de manuseio dos materiais

Recebimento - é a primeira atividade de movimentação de materiais. Começa com a descarga de mercadorias dos veículos, que chegam normalmente ao depósito em quantidades maiores do que as expedidas. Na maioria dos depósitos, a descarga é manual. Entretanto, têm sido desenvolvidos métodos mecanizados e parcialmente automatizados capazes de adaptar-se às diferentes características dos produtos.

Manuseio interno - no processo logístico convencional existem pelo menos dois tipos de transferência. No primeiro, as mercadorias são levadas para dentro do depósito e colocadas no local previamente estipulado; no segundo, as mercadorias são transferidas para área de separação ou seleção na medida em que são processados os pedidos. A separação dos produtos é uma função básica de armazenagem. O processo de separação agrupa materiais, peças e produtos em função dos pedidos de clientes. Geralmente, a área de separação é localizada em um ponto do depósito que minimiza as distâncias a serem percorridas. Os processos de separação são normalmente coordenados por sistemas de controle informatizado e têm sido o principal foco das atenções do ponto de vista da automação de depósitos.

Expedição - consiste basicamente na verificação e no carregamento das mercadorias nos veículos. Como o recebimento, a expedição é executada

manualmente na maioria dos sistemas. A expedição de cargas unitizadas (arrumadas em um único lote) está tornando-se cada vez mais comum porque, dessa forma, o tempo de carregamento de veículos pode ser reduzido consideravelmente. Embalagens unitizadas contêm grupos de produtos, enquanto cargas comuns consistem em volumes e caixas que devem ser carregados diretamente da plataforma para o veículo. As conferências do conteúdo são feitas quando as mercadorias trocam de dono, no ato da expedição. A conferência consiste geralmente em contagens das caixas, mas, em alguns casos, também são necessárias contagens de peças e verificação das marcas, tamanhos, etc., para que se tenha total certeza de que todos os itens solicitados pelo cliente estão sendo carregados.

O aumento de produtividade no depósito pode ser alcançado por meio de investimentos em equipamentos de manuseio de materiais. Em logística, o manuseio de materiais é uma atividade que não pode ser evitada, podendo, no entanto, ser muito reduzida.

A embalagem influencia o manuseio dos materiais. Tem três funções principais: eficiência de manuseio, proteção contra avarias e comunicação. O custo de manuseio depende da capacidade de unitização e das técnicas adotadas. Os custos de transporte e de armazenamento são influenciados diretamente pelas dimensões e pela densidade das unidades embaladas. O controle de estoques depende da precisão dos sistemas de identificação manuais ou automatizados, os quais se baseiam em informações afixadas nas embalagens dos produtos. Rapidez na separação de pedidos, precisão e eficiência são influenciadas pela rápida identificação das embalagens, por meio de configuração e facilidade de manuseio. A qualidade do serviço prestado ao cliente depende da embalagem para manter as especificações de controle durante a distribuição, transmitindo não apenas informação e conveniência ao consumidor, mas também atendendo às legislações ambientais vigentes.

### **2.1.3 Atividades primárias e de apoio à logística**

Ballou (1993), divide a logística em atividades primárias e de apoio.

As atividades primárias são: o transporte, a manutenção dos estoques e o processamento dos pedidos. São consideradas primárias porque contribuem com a maior parcela do custo total da logística ou porque são essenciais para a coordenação e o cumprimento da logística. Estas atividades compõem um “ciclo crítico de atividades logísticas” necessárias para cumprir a missão de entregar o pedido quando e onde os clientes desejarem. A Figura 2.7 apresenta a relação existente entre as atividades primárias.

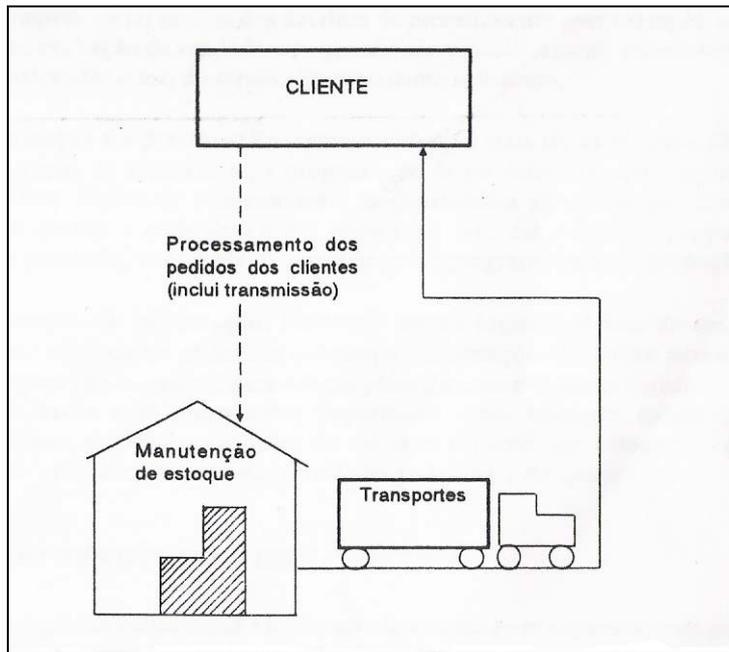


Figura 2.7 – Relação entre as atividades primárias. Fonte: Ballou (1993)

As atividades de apoio dão suporte para as atividades primárias. Têm a função de torná-las eficientes e eficazes. Dividem-se em: armazenagem, manuseio de materiais, embalagem de proteção, obtenção, programação de produtos e manutenção de informação.

As atividades de armazenagem, manuseio de materiais e embalagem de proteção tem as mesmas funções apresentadas por Bowersox e Closs (2001).

A atividade de obtenção trata da seleção das fontes de suprimento, das quantidades a serem adquiridas, da programação de compras e da forma pela qual o produto é comprado.

A atividade de programação de produtos refere-se às quantidades que devem ser produzidas e ao tempo e local em que devem ser fabricadas.

Enquanto a obtenção trata do suprimento (fluxo de entrada), a programação de produto lida com a distribuição (fluxo de saída).

A última atividade de apoio, a manutenção de informação, tem a função de manter atualizadas as informações de custo e desempenho do sistema, essenciais para a operação eficiente do sistema logístico.

Segundo Ballou (2003), cada atividade de apoio influencia diretamente uma determinada atividade primária, conforme representado na Figura 2.8.

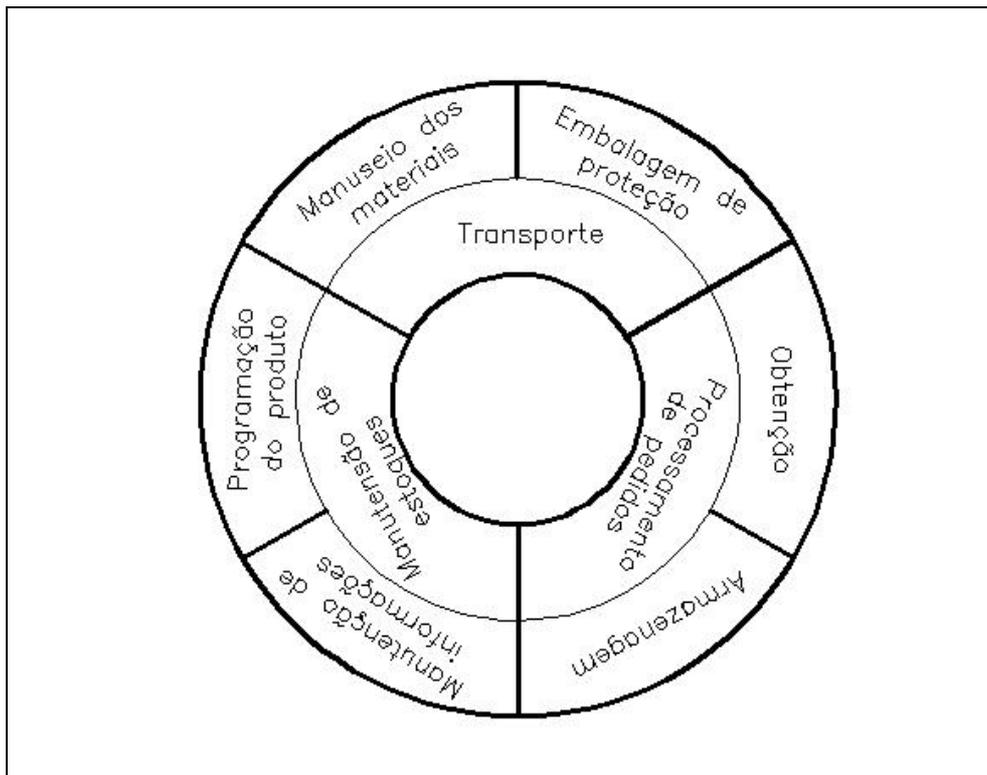


Figura 2.8 Relações entre atividades logísticas.

Fonte: Adaptação de Ballou (1993).

#### 2.1.4 Níveis de administração da distribuição física

Ballou (1993), divide a administração da distribuição física em três níveis: estratégico, tático e operacional.

O nível estratégico decide qual deve ser a configuração global do sistema de distribuição. Mais precisamente, qual a localização dos armazéns, a seleção dos modos ou modais de transporte e o projeto do sistema de processamento de pedidos.

O nível tático é o planejamento da utilização mais eficiente dos recursos investidos no sistema logístico, como: caminhões, armazéns, equipamentos de manuseio e dispositivos para transmissões de pedidos. É neste nível de planejamento que é avaliada a necessidade de os equipamentos de transporte movimentarem-se sempre completamente carregados, se a área dos armazéns pode ficar totalmente ocupada e se o equipamento de transmissão de pedidos está ocioso.

O nível operacional refere-se às tarefas diárias que devem ser executadas para garantir que os produtos fluam através do canal de distribuição até o último cliente. Inclui atividades como: carregamento, registro dos níveis de estoque, pedidos para ressuprimento etc. O foco principal deste nível de planejamento é a supervisão e realização das tarefas.

Estes planejamentos respondem às seguintes perguntas, de ordem estratégica, tática e operacional, respectivamente:

- Como deve ser nosso sistema de distribuição?
- Como o sistema de distribuição pode ser utilizado da melhor forma possível?
- Como fazer as mercadorias saírem?

### **2.1.5 Integração da Logística**

A logística tem tratado cada operação de maneira independente. Segundo Bowersox e Closs (2001), o transporte e o estoque, por exemplo, têm sido gerenciados por unidades organizacionais separadas, com pouca ou nenhuma atenção às inter-relações. As metas do transporte podem resultar em um estoque médio maior de modo a obter as vantagens econômicas do movimento consolidado. Por outro lado, metas financeiras podem procurar reduzir o estoque médio para obter uma alta rotação dos ativos. Em algum ponto entre essas duas metas dicotômicas estará a melhor prática. Para alcançá-la, é preciso integrar as operações e analisar o desempenho como um todo. O desempenho isolado pode criar sérias barreiras à realização das metas operacionais de logística integrada.

Na análise final, pouco importa quanto uma empresa gasta para executar qualquer atividade individual com transporte, contanto que as metas de todo o desempenho logístico possam ser realizadas pelo menor custo total.

O aperfeiçoamento da tecnologia de informação aumentou a possibilidade de execução da logística integrada, despertando interesse renovado na reengenharia de processos. Enquanto a análise tradicional de sistemas costumava concentrar-se na integração de funções amplas, as técnicas de reengenharia são aplicáveis a todos os aspectos da logística, desde trabalhos específicos até o reprojeto do sistema inteiro.

Segundo Bowersox e Closs (2001), para a logística ser totalmente eficaz, a empresa deve expandir sua abordagem de integração para incorporar clientes e fornecedores.

#### **2.1.6 A logística na construção**

Na realidade da atividade de construção, pode-se dizer que a logística é um processo multidisciplinar inserido no processo produtivo de um ou mais empreendimentos que visa garantir o dimensionamento dos recursos (materiais e humanos) necessários à produção, a disponibilização destes recursos nas frentes de trabalho, a armazenagem de matérias-primas e bens processados, o fluxo e a seqüência das atividades de produção e a gestão das informações relacionadas aos fluxos físicos de produção (SILVA, 2000).

Este tema só recentemente tem sido abordado por pesquisadores. Um marco inicial é um trabalho realizado por Koskela (1992), propondo a aplicação de uma nova filosofia de produção da construção direcionada para adaptar-se aos princípios *Lean Production*. Este trabalho traz importantes conceitos de logística, principalmente quanto aos aspectos pertinentes aos fluxos de produtos e de informações.

Os primeiros estudos sobre aplicação de logística nos sistemas de produção de edifícios no Brasil foram publicados por Cardoso (1996), no I Seminário Internacional *Lean Construction* - São Paulo. Neste trabalho é apresentada uma subdivisão para logística aplicável as empresas construtoras,

classificando-as quanto a sua função em: logística de suprimento (externa) e logística de canteiro de obra (interna), conforme apresentado na figura 2.9.

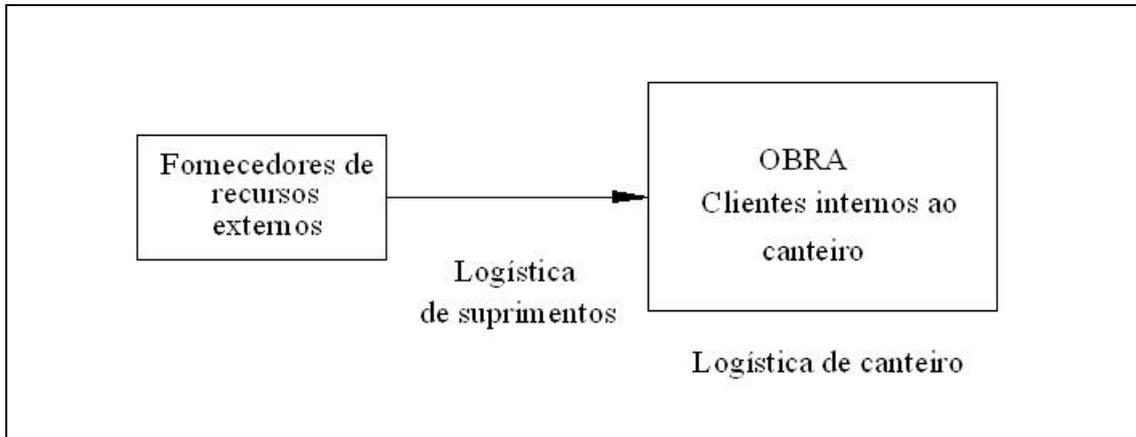


Figura 2.9 – Subdivisão da logística na construção civil. Fonte: Silva (2000)

A logística de suprimento é aquela relacionada com o transporte e o suprimento dos recursos a serem deslocados (mão-de-obra, materiais, equipamentos, etc.). Ela se preocupa com a gestão de suprimentos de materiais, componentes e outros recursos necessários à produção dos edifícios. As tarefas mais importantes desta função compreendem: especificação e planejamento de necessidades de recursos materiais, emissão e transmissão de pedidos de compra, transporte dos recursos até a obra, recebimento e inspeção dos materiais e manutenção do suprimento de recursos previstos no planejamento.

A logística de canteiro está relacionada com o planejamento e a gestão dos fluxos físicos e dos fluxos de informações associados à execução de atividades no canteiro de obras. As principais tarefas da logística de canteiro, para o caso dos materiais, são:

- gestão dos fluxos físicos ligados à execução, ou seja, o conhecimento das datas de início e término de serviços, o detalhamento dos fluxos que serão realizados na execução de cada serviço (normalmente detalhado nos projetos para produção) e a definição do ritmo e seqüência dos serviços e seus mecanismo de controle;

- gestão da interface entre diferentes agentes no processo de produção de uma edificação, ou seja, fornecimento das informações necessárias para que exerçam suas atividades dentro de padrões preestabelecidos e promoção da resolução de interferências entre os serviços;
- gestão física da praça de trabalho, incluindo a definição e implantação dos elementos de canteiro, tais como: sistemas de transportes, zonas de estoque, zonas de pré-fabricação e equipamentos coletivos de segurança.

Yin (2003) fez um comparativo dos trabalhos de Cardoso (1996) e Silva (2000), que enfocam ambos a logística na construção civil, com os de Novaes e Alvarenga (1994) e Gurgel (1996) que enfocam a indústria de manufatura. O comparativo é apresentado no Quadro 2.1.

Autores	<b>Novaes &amp; Alvarenga (1994)</b>	<b>Gurgel (1996)</b>	<b>Cardoso (1996); Silva (2000)</b>
<b>Logística</b>	de Materiais	de Abastecimento	de Suprimento
	Interna	de Manufatura	de Canteiro
	de Distribuição Física	de Distribuição	não existe

Figura 2.10 – Comparativo dos trabalhos de logística com outros trabalhos

Fonte: Yin (2003), adaptado pelo autor.

Yin (2003) percebeu que o tema, logística na construção, tem sido objeto de discussão em sobreposição com outras áreas de investigação, tendo como base o desenvolvimento de métodos e técnicas com vistas à melhoria da Gestão da Produção. Um caso a parte nestas investigações é desempenhado pelos estudos sobre *Lean Construction* e sua interseção com a Logística, que têm merecido especial atenção por parte de diversos pesquisadores.

A maioria dos trabalhos de logística na construção abordam de forma superficial a logística de suprimento. É dada maior ênfase ao processo produtivo dentro da obra, abordando-se, portanto, com maior profundidade, a

logística de canteiro. Desta forma foi o trabalho de: Silva (2000), apresentando um estudo de caso detalhando o fluxo de materiais na obra; de Cruz (2002), que abordou a logística empresarial em empresas do setor de edificações e focalizou o fluxo dos materiais existentes nos canteiros desde sua origem, que para o seu trabalho é a chegada de matéria-prima na obra e de Yin (2003), que fez um estudo de caso em canteiros de obra na cidade de Vitória-ES.

Segundo Vieira (2005), a introdução da logística na construção civil pode ser efetivada de uma forma bastante similar ao seu emprego numa indústria de transformação seriada, dada a analogia existente entre um canteiro de obras e uma unidade fabril. Prega que se deve definir, inicialmente, a cadeia de suprimentos sob a ótica de uma indústria seriada: “é o conjunto de organizações que se inter-relacionam, criando valor na forma de produtos e serviços, desde o fornecedor da matéria-prima até o consumidor final”.

Esta definição sugere que ao longo de uma cadeia de suprimentos exista uma sucessão de serviços, manuseios, movimentações e armazenagens, possibilitando esta analogia, onde o canteiro de obras seria a unidade fabril, com suas diversas organizações internas interdependentes (relação de continuidade) e intervenientes (relação de qualidade). Estas organizações internas seriam as diversas etapas e equipes constituintes de uma obra, ou seja, equipes de infra-estrutura (sondagem, escavação, cravação de estacas, confecção de blocos, etc.), equipes de supra-estrutura (formas, ferragem, concretagem, alvenaria, pintura, hidráulica, elétrica, etc.), apresentando numa extremidade os fornecedores externos e na outra o consumidor do produto. Estas equipes nada mais são do que clientes internos que necessitam serem supridos de frentes de serviço, mão-de-obra ou materiais.

Vieira (2005), apresenta ainda algumas diferenças básicas entre a construção civil e a indústria manufatureira seriada que devem ser consideradas, uma vez que constituem barreira ou empecilho para introdução da logística:

- imobilidade do produto: a mão-de-obra é que se desloca ao longo do produto;

- mão-de-obra com alta rotatividade e, geralmente, desqualificada: cria produto único e não seriado;
- alto custo e tempo elevado de produção;
- não existe distribuição física.

Vieira (2005) sugere, ainda, a introdução de um operador logístico, que gerencie o canteiro em harmonia com o engenheiro da obra, ou seja, uma pessoa física com elevado conhecimento da tecnologia logística, associado a uma experiência no setor construtivo, e não um operador nos moldes da indústria seriada, com estrutura jurídica especializada em gerenciar as atividades produtivas de uma determinada empresa contratante.

O operador logístico, segundo a sugestão de Vieira (2005), é a pessoa física que irá materializar todo o processo, ou seja, a pessoa que irá planejar, implementar e controlar todo o fluxo de materiais, serviços, mão-de-obra e armazenagem com as respectivas informações associadas, sendo a ele atribuída, portanto, a gestão da cadeia de suprimentos necessários à produção, seja de materiais, serviços ou mão-de-obra. Cabe ao engenheiro de obras a análise, o acompanhamento e o controle das especificações técnicas do projeto. Depreende-se daí que numa obra existirão dois gestores: o gerente técnico (engenheiro da obra) e o gerente de suprimentos (operador logístico). Entende-se que este desmembramento gerencial trará benefícios significativos ao processo produtivo como um todo, uma vez que cada gestor irá concentrar-se apenas em sua atividade específica.

## **2.2 FERRAMENTAS *LEAN***

Algumas ferramentas do sistema *Lean Production* (Produção *Lean*) como o *Just-in-Time* e Mapeamento do Fluxo de Valor influenciaram diretamente as atividades da logística de hoje. Estas ferramentas foram concebidas para auxiliar a Produção *Lean* na busca da produção sem perdas. Para melhor entendimento destas ferramentas é necessário primeiramente o conhecimento dos princípios *lean* e da definição de perda ou desperdício tratado por esse processo produtivo.

### **2.2.1 Princípios *lean***

A concepção *lean* é uma filosofia de produção desenvolvida por Ohno e Toyota para o sistema Toyota de Produção - STP, no Japão de pós-guerra. Apresenta conceitos e princípios para uma produção sem perdas. Foi difundida no Ocidente por inúmeras publicações, tendo como destaque Womack et al (1992).

Womack e Jones (1998) comenta que a difusão das técnicas de produção *lean* é fruto de um processo de criação e desenvolvimento de novos valores e premissas sobre como desenvolver, manufaturar e distribuir produtos. Apresenta, ainda, cinco princípios do pensamento *lean* nas organizações, que visam à eliminação de perdas:

### **Especificação do valor**

Este é o ponto de partida da Produção *Lean*. É diferente do que muitos pensam, pois não é a empresa que define valor, este deve ser feita pelo cliente final do produto. É preciso que o produto satisfaça seus anseios, ao invés de ser apenas entregue o resultado de um processo de produção perfeito, mas que não lhe é atraente. O cliente deve ser atendido de forma eficaz, no momento certo e com preço adequado. Para isso, não é suficiente apenas ter um processo eficiente com um corpo técnico capacitado e meios produtivos sofisticados, é preciso saber se o que se está produzindo está sendo reconhecido pelo cliente. Em caso negativo, não estará agregando valor, e todas as atividades executadas são consideradas perdas.

### **Identificação do fluxo de valor**

A cadeia de valor consiste em ações necessárias à condução de um produto através dos fluxos de planejamento e produção. Inicia-se na concepção do produto, passa pelo fluxo de produção de matéria-prima ao produto acabado, contempla as especificações detalhadas de projeto e os prazos estabelecidos, e finaliza-se com a entrega do produto ao cliente final. Durante cada uma dessas etapas, irão existir atividades agregadoras e não agregadoras de valor ao produto. Por esse motivo, todos os envolvidos no processo de produção devem buscar um entendimento destes conceitos visando à eliminação de passos desnecessários em cada atividade e entre as

mesmas, ajustando assim toda a cadeia em torno de um objetivo comum, que é a entrega do produto ao cliente com o valor por ele reconhecido.

## **Fluxo**

O princípio do fluxo prega a fluidez de todas as atividades, geradoras ou não de valor e condena as paradas dos materiais baseadas no conceito de lotes em estoque, em que uma atividade só é iniciada quando se tem um grande número de peças a serem processadas. Algumas abordagens são consideradas no estudo do fluxo de valor:

- Focalizar o produto do início ao fim do processo após a definição do valor e da cadeia de valor;
- Ignorar as fronteiras tradicionais, tais como divisões entre departamentos e empresas e atribuições funcionais, eliminando os obstáculos ao fluxo contínuo;
- Repensar as práticas e ferramentas de trabalho específicas, buscando eliminação de retrofluxos, sucata e paralisações de todos os tipos;

Ao se utilizar estas abordagens, pode-se visualizar toda a cadeia produtiva e identificar quais os passos e partes que necessitam ser revistos, a fim de permitir um fluxo contínuo. O estudo do fluxo pode ser conduzido através do mapeamento do fluxo de valor, através do qual analisa-se toda a cadeia de valor e não apenas pontos isolados. Além disso, pode-se apontar as fontes geradoras de perdas na cadeia de valor e, também as ligações entre os fluxos de material e informação (ROTHER e SHOOK, 1999).

## **Produção Puxada**

Este princípio prega que o cliente é quem deve puxar a produção, ou seja, apenas o que for solicitado será fabricado. As empresas não mais empurram os produtos para o consumidor através de descontos e promoções. O consumidor passa a “puxar” a produção, eliminando estoque e dando valor ao produto. Para tanto, deve-se ter flexibilidade e agilidade para que sejam atendidos os desejos do cliente.

## **Perfeição**

É o quinto e último princípio Lean, deve ser o objetivo constante de todos envolvidos nos fluxos de valor. Ao se alcançar o sucesso na integração dos princípios anteriores, parte-se então em busca da maior satisfação possível do cliente, o qual receberá produtos mais próximos de suas necessidades. Os autores comentam que o estímulo mais importante para o alcance da perfeição pode ser a transparência, que possibilita que todos os envolvidos no processo possam ver tudo, e contribuir para melhorar a agregação de valor ao produto em toda a cadeia.

Portanto, observa-se que a utilização dos princípios apontados por Womack e Jones (1998), têm como objetivo principal a eliminação das perdas criando um fluxo contínuo de valor que alcance todas as etapas da cadeia produtiva, visando à obtenção da perfeição no atendimento aos requisitos dos clientes.

### **2.2.2 Definição de perda ou desperdício**

De acordo com Campos (1996), o desperdício é todo e qualquer recurso que se gasta na execução de um produto ou serviço além do estritamente necessário (matéria-prima, materiais, tempo, energia, por exemplo). É um dispêndio extra que aumenta os custos normais do produto ou serviço sem trazer qualquer tipo de melhoria para o cliente.

Na visão de Shingo (1996), a base teórica do STP – Sistema Toyota de Produção, é articulada sobre a eliminação do desperdício. Com base nesta observação, ele se deteve a relacionar as perdas no processo produtivo, com vistas a facilitar as ações necessárias à eliminação das mesmas. Sete perdas foram destacadas.

1. SUPERPRODUÇÃO: produzir excessivamente ou cedo demais, resultando em um excesso de produtos acabados;
2. ESPERA: longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informação, resultando em um fluxo pobre, bem como em *lead time* longos;

3. TRANSPORTE EXCESSIVO: movimentação excessiva de pessoas, informação ou peças resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia;

4. PROCESSOS INADEQUADOS: utilização do jogo errado de ferramentas, sistemas ou procedimentos, geralmente quando uma aproximação mais simples pode ser mais efetiva;

5. ESTOQUES DESNECESSÁRIOS: armazenamento excessivo de componentes nas diferentes atividades do processo, resultando em custos excessivos;

6. MOVIMENTAÇÃO DESNECESSÁRIA: desorganização do ambiente de trabalho, com ações desnecessárias, resultando baixa performance dos aspectos ergonômicos.

7. PRODUTOS DEFEITUOSOS: problemas freqüentes nas cartas de controle, problemas de qualidade do produto, ou baixa performance na entrega.

### **2.2.3 A ferramenta *Just-in-Time* – JIT**

O *Just-in-Time* – JIT - surgiu no Japão em meados da década de 70, sendo sua idéia básica e desenvolvimento creditados a *Toyota Motor Company*, que buscava um sistema de administração que pudesse coordenar a produção com a demanda específica de diferentes modelos e cores de veículos, com um mínimo de atraso.

A ferramenta surgiu ao se analisar que não era viável dispor recursos para armazenar grandes quantidades de peças e/ou produtos acabados. Foi examinado em suposição de contabilidade um outro método possível: redução do tamanho do lote e conseqüentemente do espaço para armazenagem.

O *Just-in-Time*, que em português significa “no momento exato”, ou, na linguagem cotidiana, “em cima da hora”, é um sistema de produção cuja idéia principal é fabricar produtos na quantidade necessária e no momento exato em que o item foi requisitado.

A exigência de um produto pode ter origem interna ou externa à fábrica. No caso da exigência interna, ela é feita por uma estação de trabalho

subseqüente àquela em que o item é produzido, já a externa pode ser por parte do mercado consumidor.

Um efeito da utilização do JIT na *Toyota* foi o aumento da velocidade de produção dos veículos. Isto gerou satisfação do cliente pela melhora no fornecimento do veículo dentro do prazo preestabelecido. Todo veículo produzido já tinha, praticamente, a venda consumada eliminado o risco de retorno da companhia.

Outro efeito da utilização do JIT foi melhoria da qualidade do produto. Uma vez que não se tinha tempo nem opções de peças para escolher, cada peça tinha que se encaixar perfeitamente. Para isso, a *Toyota* teve que testar e treinar fornecedores de peças a fim de assegurar a qualidade da entrega.

O JIT é uma ferramenta que pode ser definida como “um sistema sincronizado de produção em fluxo sem estoques” (FERRO apud SILVA, 2000). Baseia-se no princípio de que nenhuma atividade deve acontecer num sistema sem que haja necessidade dela. Da mesma forma, nenhum material ou produto em processo deve chegar ao local de processamento ou montagem sem que ele seja necessário para aquele momento. Ou seja, a demanda (do cliente final) é que deve “puxar” toda a produção na cadeia logística.

O sistema JIT tem como objetivo final a melhoria contínua do processo produtivo, através da redução dos estoques intermediários e finais, partindo do princípio de que estes servem para camuflar ineficiências e problemas no processo produtivo (CORREA; GIANESI apud SILVA, 2000).

Segundo Yamashina (1988), a técnica *Just-in-Time* tem merecido grande destaque em todo o mundo, em virtude da grande necessidade de redução de custos na área de produção. Esta filosofia pode ser traduzida como produção sem estoques, eliminação dos desperdícios ou sistema de melhoria contínua do processo, entre outras denominações.

O sistema de puxar a produção a partir da demanda, produzindo somente os itens necessários, nas quantidades necessárias e no momento necessário é atribuído ao *JIT*. Porém, esta ferramenta é mais do que uma técnica ou um conjunto de técnicas de administração da produção é considerado como uma “filosofia”, a qual inclui aspectos de administração de

materiais, gestão da qualidade, arranjo físico, projeto do produto, organização do trabalho e gestão de recursos humanos.

Para Schonberger (1988) e Monden (1984), a implementação do *JIT* provoca uma redução gradual no nível de estoques, o que revela mais problemas, e força os trabalhadores a buscarem soluções rapidamente, tornando a multifuncionalidade uma qualificação essencial. Embora existam opiniões que defendam que o sucesso do sistema de administração *JIT* esteja calcado nas características culturais do povo japonês, mais e mais gerentes e acadêmicos têm-se convencido de que essa filosofia é composta por práticas gerenciais que têm aplicabilidade em qualquer parte do mundo. Algumas expressões são geralmente usadas para traduzir aspectos da filosofia *Just-in-Time*: eliminação de estoques, eliminação de desperdícios, manufatura de fluxo contínuo, esforço contínuo na resolução de problemas, melhoria contínua dos processos.

Esta filosofia diferencia-se da abordagem tradicional de administrar a produção. As metas colocadas pelo *JIT*, em relação aos vários problemas de produção, são: zero defeito, tempo zero de preparação (*set-up*), estoque zero, movimentação zero, quebra zero, lote unitário (uma peça).

O sistema de produção que adota o *JIT* deve ter determinadas características, as quais formam um corpo coerente. Dentre suas características, são citadas:

- A não adaptação à produção de muitos produtos diferentes, o que requer extrema flexibilidade de faixa do sistema produtivo, em dimensões que não são conseguidas com filosofia *JIT*;
- O *layout* do processo de produção deve ser celular, dividindo-se os componentes produzidos em famílias, conseguindo maior produtividade;
- A não aceitação de erros, paralisando-se a linha até que sejam eliminados;
- A produção é responsável pela qualidade. A redução de estoque e a resolução dos problemas de qualidade formam um ciclo positivo de aprimoramento contínuo;

- A ênfase na redução dos tempos do processo de manter o foco no valor agregado ao produto, de forma a maximizar a qualidade dos produtos;
- O fornecimento de materiais no sistema deve ser uma extensão dos princípios aplicados dentro da fábrica, tendo como principais objetivos os lotes de fornecimento reduzido, recebimentos freqüentes e confiáveis, *lead times* de fornecimento reduzidos e altos níveis de qualidade;
- O planejamento da produção deve garantir uma carga de trabalho diária estável, que possibilite o estabelecimento de um fluxo contínuo de material. O sistema de programação e controle de produção está baseado no uso de cartões (*kanban*), para a transmissão de informações entre os centros produtivos.

As vantagens do sistema de administração da produção *Just-in-Time* podem ser demonstradas por meio da análise de sua contribuição aos principais critérios competitivos:

1. CUSTOS: dados os preços já pagos pelos equipamentos, materiais e mão-de-obra, o *JIT* busca que o custo de cada um desses fatores seja reduzido ao essencialmente necessário. As características do sistema *JIT*, o planejamento e a responsabilidade dos encarregados da produção pelo refinamento do processo produtivo favorecem a redução de desperdícios. Existe também uma grande redução dos tempos de *set-up*, interno e externo, além da redução dos tempos de movimentação, dentro e fora da empresa;
2. QUALIDADE: o projeto do sistema evita que defeitos fluam ao longo do fluxo de produção; o único nível aceitável de defeitos é zero. A pena pela produção de itens defeituosos é alta. Isso motiva a busca das causas dos problemas e das soluções para eliminá-las. Os trabalhadores são treinados em todas as tarefas de suas respectivas áreas, incluindo a verificação da qualidade. Sabem, portanto, o que é uma peça com qualidade e como produzi-la;

Se um lote inteiro tiver peças defeituosas, o tamanho reduzido dos lotes minimizará o número de peças afetadas. O aprimoramento de qualidade faz

parte da responsabilidade dos trabalhadores e da produção, estando incluído na descrição de seus cargos.

3. FLEXIBILIDADE: o sistema *just-in-time* aumenta a flexibilidade de resposta do sistema, pela redução do tempo envolvido no processo. Embora o sistema não seja flexível com relação à faixa de produtos oferecidos ao mercado, a flexibilidade dos trabalhadores contribui para que o sistema produtivo seja mais flexível em relação às variações do *mix* de produtos. Por meio da manutenção de estoques baixos, um modelo de produto pode ser mudado sem que haja obsolescência de muitos componentes. Como o projeto de componentes comprados é geralmente feito pelos próprios fornecedores, a partir de especificações detalhadas e rígidas de projeto, estes podem ser desenvolvidos de maneira consistente com o processo produtivo do fornecedor;
4. VELOCIDADE: a flexibilidade, o baixo nível de estoques e a redução dos tempos permitem que o ciclo de produção seja curto, e o fluxo, veloz. A prática de diferenciar os produtos na montagem final, a partir de componentes padronizados, de acordo com as técnicas de projeto adequado de manufatura e projeto adequado à montagem, permite, em muitos casos, entregar os produtos em prazos mais curtos;
5. CONFIABILIDADE: a confiabilidade das entregas também é aumentada por meio da ênfase na manutenção preventiva e da flexibilidade dos trabalhadores, o que torna o processo mais robusto. As regras do *kanban* e o princípio da visibilidade permitem identificar rapidamente os problemas que poderiam comprometer a confiabilidade, permitindo sua imediata resolução.

#### **2.2.4 – Mapeamento do fluxo de valor**

Segundo Rother e Shook (1999), o fluxo de valor é toda a ação, que agregue ou não valor, necessária para trazer um produto por todos os processos essenciais a cada etapa de fabricação. Já o mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta que utiliza recursos gráficos, com papel e lápis, para esboçar as atividades de fluxo de valor. Estes recursos ajudam a enxergar e

entender o fluxo de materiais e de informações na medida em que o produto segue na cadeia produtiva.

Ao considerar o fluxo de valor, deve-se levar em conta o quadro mais amplo, não só os processos individuais. Deve-se melhorar o todo, não só otimizar as partes (ROTHER E SHOOK, 1999).

Segundo Ferreira (2004), o mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta capaz de olhar para os processos de agregação de valor horizontalmente. Isso implica romper com a perspectiva tradicional de examinar departamentos ou funções e enfatizar atividades, ações e conexões no sentido de criar valor e fazê-lo fluir, desde os fornecedores até os clientes finais.

Para a correta abordagem da técnica, o fluxo de produção deve ser coberto porta-a-porta dentro da planta, incluindo a entrega na planta do cliente e o recebimento dos insumos de matéria-prima. Considerando o fluxo de produção, o que normalmente vem à mente é o fluxo de material dentro da fábrica. Mas há outro fluxo – o de informação – que diz para cada processo o que fabricar ou fazer em seguida. Os fluxos de material e de informação devem ser mapeados juntos (ROTHER e SHOOK, 1999).

Nessa abordagem é traçada uma visão do estado atual e projetada uma idéia do estado futuro desejado. A partir daí, empregam-se várias ferramentas, que são aplicadas sobre pontos críticos levantados pelo mapeamento do fluxo do processo.

Rother e Shook (1999) apresenta dois mapeamentos de fluxo de valor para a indústria TWI: O 1º é o estado atual e está representado na Figura 2.11. O 2º é estado futuro e está representado na Figura 2.12.

No estado atual, o chão de fábrica está inundado com pedidos que foram liberados muito antes do tempo e são arranjados e rearranjados para otimizar as trocas e atender às necessidades mais urgentes dos clientes. Estas atividades de rearranjo poderiam ser eliminadas se a TWI liberasse lotes menores que atendesse a demanda de um pedido.

Os ícones utilizados no mapeamento do fluxo de valor desenvolvidos por Rother e Shook (1999) e utilizados no mapeamento do estado atual e futuro estão no Anexo 12.

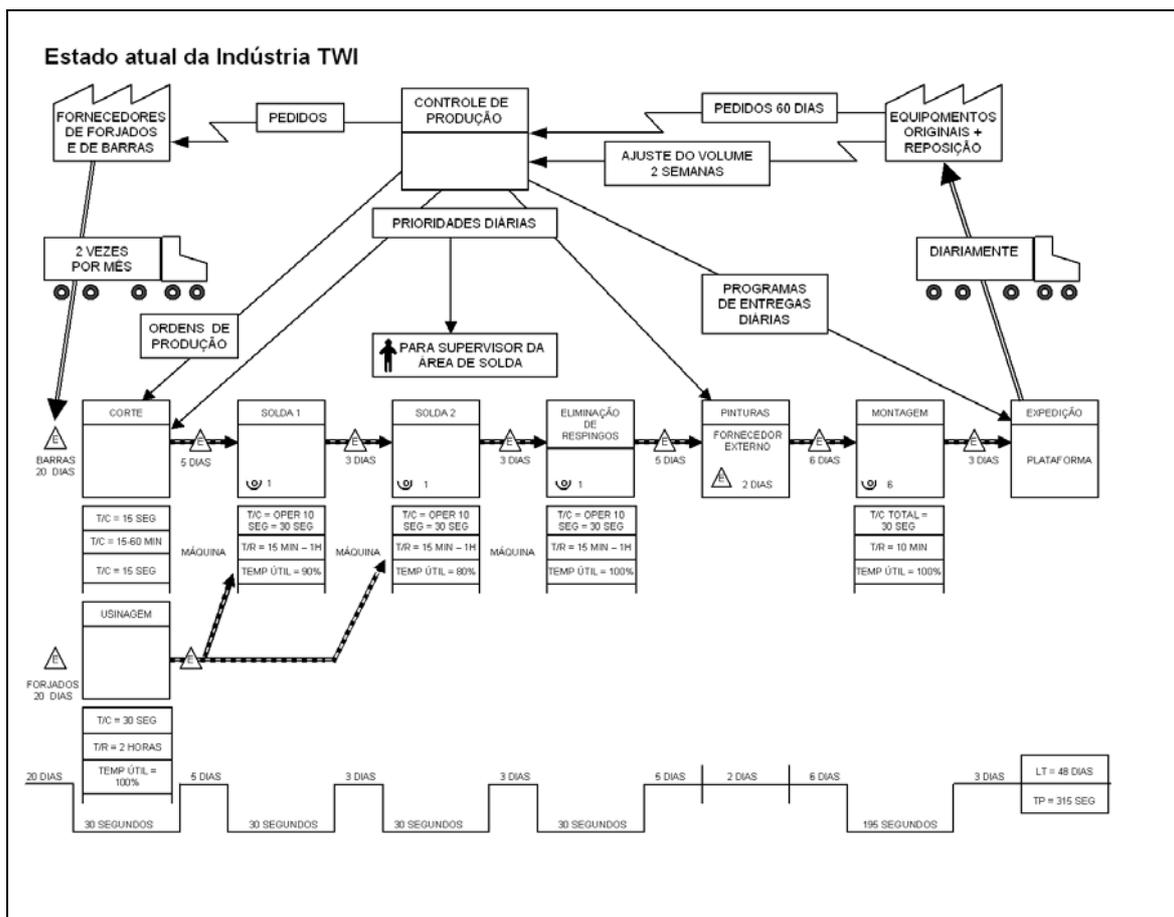


Figura 2.11 – Mapeamento de fluxo de valor no estado atual.

Fonte: Rother e Shook (1999).

Para elaboração do estado futuro, decidiu-se que não seria prático manter braços de direção acabados em um supermercado na parte final do fluxo de valor. Para isso, era necessário programar os processos anteriores para evitar o excesso de produção ao longo do fluxo.

A programação dos processos deu atenção à sincronização dos tempos de processamento das atividades e dos tempos de parada para ajuste das máquinas.

Os mapas tiveram a finalidade de mostrar o formato físico da produção antes da implementação dos resultados propostos pela ferramenta que, por sua vez, puderam ser vistos no mapa do estado futuro implementado.

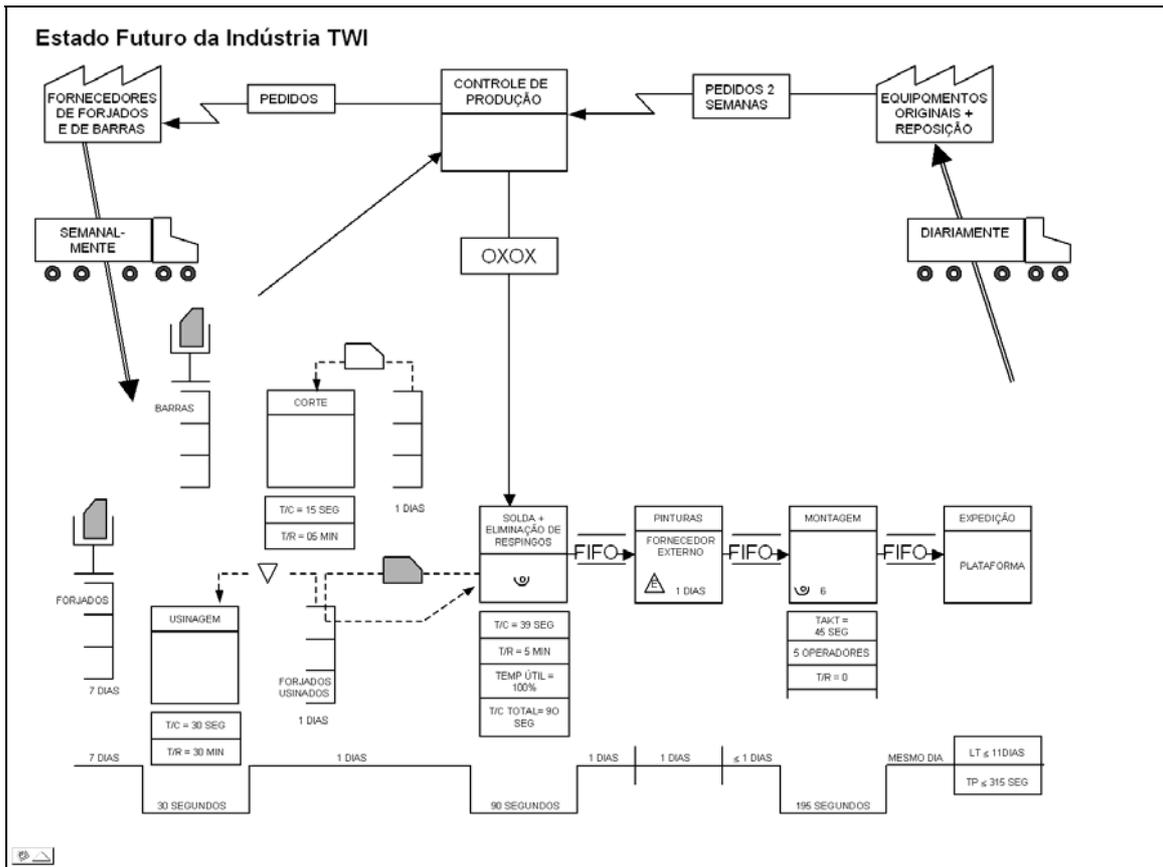


Figura 2.12 –Mapeamento de fluxo de valor no estado futuro.

Fonte: Rother e Shook (1999).

O Mapeamento do Fluxo de Valor é apenas um meio de melhorar o desempenho de sua organização. Sugestões e dicas para compor o mapeamento foram feitas pelo *Lean Institute Brasil* e por Rother e Shook (1999).

- As informações de estado atual, quando possível, devem ser coletadas junto dos fluxos reais de materiais e informação;
- Esforços devem ser focalizados nos fluxos de valor que exigem melhorias substanciais sob uma perspectiva ampla, que tenha como núcleo o objetivo do negócio;
- É necessário entender claramente a situação atual – não só os problemas (sintomas), mas também porque eles ocorrem. Uma caminhada geral ao longo do fluxo deve ser feita, para a compreensão do processo. Posteriormente informações de cada fase deverão ser reunidas;

- O trabalho de mapeamento deve começar pela expedição, ou seja, do ponto mais próximo do cliente para o início da cadeia;
- Os dados teóricos, como tempo de ciclo, devem ser medidos para evitar falhas por falta de atualização de documentações;
- O desenho do mapa deverá ser feito à mão e com lápis, para facilitar as anotações e modificações necessárias, em campo.
- Definir metas de melhoria para as famílias de produtos escolhidas (ex. para algumas, a prioridade pode ser reduzir os custos com menos retrabalho, maior ocupação das máquinas, etc, para outras, ganhar espaço físico para viabilizar uma ampliação ou reduzir lead time para aumentar a capacidade de resposta às variações do mercado). O ideal é definir indicadores e metas numéricas desde o começo. Uma alternativa pode ser definir objetivos qualitativos, que posteriormente podem ser quantitativos.
- Definir e buscar o consenso sobre um estado futuro que possa ser alcançado em um período de seis meses a um ano, com poucos investimentos;
- Definir e implementar um plano de ação com claras responsabilidades, tarefas e metas a serem atingidas;
- Uma vez implementado o estado futuro, recomeçar o mapeamento, pois estados futuros implementados tornam-se estados atuais. Essa deve ser a dinâmica da melhoria contínua.

Durante a observação na planta estudada, dados importantes poderão ser coletados para definir como será o estado futuro. Para isso, a utilização de ícones deve ser considerada como fundamental nesta coleta, quanto a: tempo de ciclo (tempo que leva entre um componente e o próximo saírem do mesmo processo); tempo de troca (tempo para mudar a produção de um tipo de produto para o outro); número de pessoas necessárias para operar o processo, que pode ser indicado com um ícone de operador; tempo disponível no turno naquele processo; e outros dados que devem ser considerados se relevantes para o estudo.

Ainda durante o trabalho de mapeamento, provavelmente serão encontrados lugares onde o estoque se acumula. Estes pontos deverão ser devidamente representados para serem avaliados, pois estoque representa "dinheiro parado".

Posteriormente, um segundo aspecto deverá ser considerado no mapeamento: o fluxo de informação, por meio do qual é dito o que fabricar e quando, em cada processo. Nesta fase é importante um levantamento de como as informações caminham pela fábrica, pois sua distorção ou falta pode acarretar uma produção empurrada e ocasionar perdas.

Após a elaboração de um mapa de estado atual, poderão ser facilmente observados os diversos desperdícios correntes, tendo-se oportunidades de melhorias, para a elaboração do mapa futuro.

Para combater os potenciais desperdícios apresentados acima utilizam-se algumas técnicas, descritas a seguir:

- Equipamentos adequados: é extremamente importante que os equipamentos à disposição dos operadores sejam o mais adequado possível às necessidades de produção do produto em questão. As “improvisações” que comumente estão presentes no dia-a-dia da produção devem ser identificadas e eliminadas no sentido de prover aos operadores as melhores condições de trabalho, eliminando assim possíveis perdas de tempo com procura de dispositivos, ajustes etc;
- Fluxo Contínuo: um fluxo contínuo de processo é importante por evitar excesso de produção, como altos estoques entre operações, que muitas vezes escondem diversos tipos de desperdício como má qualidade, tempos de troca de produto (*set-up*) alta e baixa produtividade do equipamento ocasionada por algum motivo de quebra constante, falta de manutenção, entre outros;
- *Kanban*: segundo Rother e Shook (1999), “a mais importante fonte de desperdício é o excesso de produção, que significa produzir mais, antes, ou mais rápido do que é requerido pelo processo seguinte”. O *kanban* atua exatamente nesse ponto, limitando a produção de itens e quantidades desnecessárias, por meio do uso de cartões sinalizadores

de produção e disciplinas dos operadores que recebem autoridade para conduzir a produção.

Por meio do mapeamento do fluxo de valor os desperdícios podem ser destacados e eliminados, sendo projetado este ganho potencial no mapa do estado futuro que pode se tornar real em pequenos intervalos de tempo, dependendo diretamente de decisões estratégicas.

O mapa do estado futuro visa à construção de uma cadeia de produção em que os processos individuais sejam articulados aos seus clientes por meio de fluxo contínuo ou puxado, sendo produzido apenas o que o cliente precisa no momento certo. Adotam-se algumas regras para que o sistema obtenha um melhor êxito em sua implantação:

- Encontro do *takt time* para a cadeia de valor, pois ele mostrará o ritmo em que a fábrica deverá trabalhar para a obtenção de peças focadas ao fluxo contínuo, produzindo de acordo com a demanda do cliente. Desta forma, muitos dos inventários de processo poderão ser minimizados ou até mesmo eliminados;
- Definição do local onde será usado o sistema de puxadas, geralmente com a utilização de supermercados e *kanban* e a metodologia de trabalho do mesmo. Esta definição dependerá de fatores como os padrões de compra do cliente (interno ou externo), da confiabilidade dos processos e das características do produto;
- Introdução do nivelamento das atividades, permitindo que o operador atue de forma multifuncional, executando sempre um trabalho padrão;
- Desenvolvimento do comprometimento dos operadores para com os cuidados de seu equipamento, incluindo lubrificação e algumas pequenas manutenções. Este ponto é tido como base para o sucesso do sistema, pois um sistema enxuto está diretamente relacionado com as condições de seus equipamentos;
- Projeção/operação com o uso de times multifuncionais para assegurar que o sistema (não apenas o processo) seja otimizado. O maior desperdício é a não utilização do raciocínio de uma equipe de trabalho.

Se o desejo é assegurar que o sistema seja otimizado, é necessário envolver todas as pessoas que dão suporte ao sistema;

- Manutenção da simplicidade nas atividades, evitando soluções aparentemente fantásticas, mas complexas. Isso mantém as pessoas comprometidas com o processo e capazes de melhorar o sistema e de mantê-lo, e facilita o treinamento e o tempo de respostas às mudanças;
- Uso dos recursos de informática para simulações. Uma simulação pode avaliar vários *layouts* de processos e ajudar a determinar qual projeto satisfaz melhor a necessidade do seu cliente. Fluxos de processos, tempos de ciclo estimados, taxas de rejeição e tempo de conserto fornecem a base para todos os modelos de simulação utilizados nesse processo;
- Prática de melhorias contínuas para eliminar desperdícios, que possam ser observados somente após a instalação da planta, pois o mapeamento da cadeia de valor é um documento “vivo” que pode ser constantemente melhorado.

A representação do estado futuro também é feita com a utilização de ícones que desenham uma nova cadeia de valor esperada, a qual foi projetada a partir da identificação dos desperdícios do mapa de estado atual.

A projeção do estado futuro permitirá à equipe envolvida, uma visualização rápida dos potenciais ganhos, porém para obter uma mensuração exata torna-se necessária sua efetivação, pois as previsões podem ser muitas vezes otimistas ou pessimistas em excesso.

### **2.3 A LOGÍSTICA COMO FERRAMENTA DE CONSTRUÇÃO *LEAN***

Segundo Vieira (2005), está começando a ocorrer um processo de mudança radical na concepção produtiva da construção civil. Os métodos construtivos sofreram evoluções consideráveis e novas técnicas de fabricação de elementos estruturais passam a prevalecer, assim como, a montagem passa a tomar lugar da produção in loco, a movimentação dos materiais nos canteiros começa a se especializar através da unitização (acumulação de

várias peças em um lote para facilitar o manuseio) e utilização de equipamentos compatíveis, ou seja, a construção civil está se aproximando muito do processo de industrialização. Como o produto mudou, a tecnologia de gestão terá que mudar. A única forma de colocar a construção civil em patamares próximos aos da indústria é com o gerenciamento do fluxo de suprimentos, principal responsável pela ineficiência, desperdícios e improvisação no ambiente produtivo.

Nas empresas enxutas os componentes são entregues apenas no momento exato que serão utilizadas na montagem (Womack et. al, 1992). Tal procedimento está de acordo com o sistema *Just-in-Time*. Portanto, deve existir um sistema logístico que consiga suprir as necessidades da obra somente quando esta o requisitar.

Atualmente existe uma tendência em se integrar toda a cadeia de suprimentos. Algumas organizações, como a *Toyota Motor Company*, perceberam que cooperar com seus fornecedores é mais rentável do que forçá-los a produzir segundo um padrão pré-estabelecido. Para que esta disponibilidade e confiabilidade possam acontecer entre clientes e fornecedores, é necessário existir um sistema logístico eficaz. Qualquer falha no sistema de entregas leva as duas organizações a perdas não somente financeiras, mas talvez ainda pior, de credibilidade entre elas e seus clientes (SILVA, 2003).

Qualquer atraso, tanto na entrega ao cliente final quanto na entrega à fábrica, aumentará o *lead* total de entrega ao cliente. Uma das formas que as empresas se utilizam para precaver-se contra atrasos de entrega e fornecimento são os estoques. Está provado que os custos com estoques são elevados. Além disso, trabalhando num ambiente enxuto de produção os estoques são levados a um patamar mínimo. Portanto, problemas de fornecimento, tanto de matéria-prima como de entregas, irão se refletir no *lead time* total de entrega ao cliente.

Quando se projeta um sistema enxuto, utilizando ferramentas como o mapeamento de fluxo de valor, consegue-se reduzir o *lead time* de produção na obra. Alguns podem pensar que uma redução no *lead time* de produção resultará em uma diminuição no *lead time* total. Isto é verdade quando o

sistema logístico também está preparado para trabalhar de forma enxuta. Caso contrário, se, por exemplo, as entregas ao cliente forem feitas de forma ineficiente, todo o tempo ganho com a eliminação nos desperdícios na produção será desperdiçado no sistema de entregas.

Trabalhando num sistema de produção enxuta, a obra será abastecida com lotes menores e maior frequência. Uma dúvida que pode surgir é: quando se projeta um sistema logístico para atender à produção *Just-in-Time*, o custo final do produto não aumentará devido a um aumento no gasto com transportes? Segundo Silva (2003) a resposta é não. Os ganhos com a redução nos custos com estoques são bem maiores do que os gastos adicionais com transporte. Deve-se lembrar que existem muitos desperdícios e custos relacionados com estoques como: manutenção de estoques, risco de obsolescência, espaço ocupado, movimentação de materiais.

Num ambiente de produção enxuta, onde as entregas são realizadas *Just-in-Time*, todo o sistema de produção *Lean* fica sujeito à eficiência do sistema logístico em suprir a linha de produção no momento exato. Qualquer atraso nas entregas pode representar uma paralisação de montagem.

O bom desempenho de um sistema de Produção *Lean* depende diretamente da eficiência do sistema logístico da empresa. Nenhum sistema de produção *Lean* consegue obter sucesso se houver falhas no setor de logística da organização. O abastecimento de matérias-primas e a entrega *Just-in-Time* ao cliente tornam-se viáveis quando o sistema logístico está qualificado para fazer entregas constantes e em pequenos lotes (SILVA, 2003).

A produção enxuta fornece as ferramentas necessárias para se reduzir custo, melhorar a qualidade e reduzir os tempos de desenvolvimento e entrega de produtos. Mas esta depende da eficiência do sistema logístico. Uma empresa dita enxuta, que não possui um sistema logístico enxuto, não consegue atender aos seus clientes com eficiência e rapidez. Todos os esforços em se reduzir os tempos de fabricação são perdidos na ineficiência do sistema logístico. Portanto, a empresa enxuta deve contemplar um sistema logístico que seja capaz de entregar eficientemente no tempo, na quantidade e no local certo (SILVA, 2003).

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 ESTRUTURA DA PESQUISA

Há dificuldade para estabelecer a metodologia de pesquisa quando se estuda uma nova aplicação da logística voltada para uma concepção de organização do processo construtivo, com mudança de procedimentos e de critérios de solução dos problemas. É o caso da logística aplicada a construção predial *Lean*. Na fase em que se encontra, quando os procedimentos ainda estão sendo discutidos e não há ainda um histórico de resultados positivos, há dificuldade em comprovar a melhoria de desempenho logístico com a implantação dessa nova concepção de construção. Embora a logística tenha ajudado diversos tipos de indústrias a se tornarem mais competitivas, as experiências de mudança de procedimentos na construção civil ainda estão iniciando. Os exemplos que se têm são pontuais, abordando levantamento de dados sobre a movimentação de materiais dentro da obra. Não foi encontrada nenhuma publicação abordando profundamente os conceitos de logística aplicados à movimentação externa de materiais na construção civil. Boa parte da literatura e dos exemplos ocorre fora do Brasil, sugerindo planejamento estratégico da logística, sem entrar em detalhes de operações logísticas. Isto dificulta a tomada de dados de acompanhamento para comprovar a eficiência de performance do planejamento logístico utilizando ferramentas *lean*.

A discussão sobre a utilização da metodologia *lean*, na construção foi apresentada no trabalho de Lyra da Silva (2005). Este trabalho não se ateve a fazer a mesma discussão que Lyra da Silva (2005), e sim em analisar a utilização das ferramentas *lean* no planejamento logístico voltado para o suprimento de estruturas metálicas desde a fábrica até a obra.

A logística é a forma de prover bens e serviços quanto, quando e onde, na condição desejada pelos consumidores (BALLOU, 1993). Já as ferramentas *lean*, como *Just-in-Time* e Mapeamento do Fluxo de Valor atuam no planejamento da movimentação dos materiais de forma a propiciar ganho de produtividade, ou se analisarmos sob o ponto de vista *lean*, estas ferramentas propiciam o fluxo dos materiais com o mínimo de desperdício possível.

A aplicação da ferramenta *Just-in-Time* leva ao planejamento de movimentação dos materiais em pequenos lotes. Isto pode gerar algum conflito quanto ao planejamento de aquisição dos produtos, pois sempre há vantagens quando se negocia grandes quantidades de materiais. Este trabalho não aborda as vantagens que podem ser obtidas com a negociação de grandes lotes, ele se preocupa em atender as necessidades da obra e evitar desperdícios durante o processo de movimentação. Se o processo de negociação para aquisição dos materiais for em grande quantidade de peças, principalmente aí, o planejamento logístico deverá ser muito importante. Grandes quantidades de materiais são mais difíceis de se organizar e manipular e podem gerar conturbações ao suprimento da obra, ainda mais em condições desfavoráveis de movimentação e armazenagem.

As ferramentas *Just-in-Time* e Mapeamento do Fluxo de Valor foram utilizadas no planejamento estratégico da logística. Ou seja, conforme Ballou (1993), esta fase do planejamento responde a pergunta: Como deve ser o sistema de distribuição? A resposta seria: Em pequenos lotes, com peças específicas que serão utilizadas logo quando chegarem à obra, pois o local não apresenta disponibilidade de armazenagem e tem restrições de acesso e permanência dos veículos de carga.

Durante o estudo preliminar de localização da obra, encontrou-se um trecho do Centro da cidade do Rio de Janeiro que apresentava potencial para construção de um novo prédio, no quarteirão da Rua Buenos Aires com Avenida Passos. Para essa área analisou-se a possibilidade de construção de um prédio em aço de 8 pavimentos, utilizando um anteprojeto preparado por Bellei (2004). Verificou-se que este anteprojeto se adaptava às condições do terreno e com gabarito compatível com a região daquelas ruas.

O problema passou a ser em como construir (montar) as estruturas metálicas em um local de difícil acesso, sem área de estocagem de material e com dificuldade na movimentação e uso de guindastes. Se, de alguma maneira, fosse apresentada uma alternativa de construção (montagem) das estruturas que resolvesse as limitações impostas à obra, se teria como certo que essa alternativa seria mais eficiente que a solução convencional em concreto armado.

No aprofundamento das soluções construtivas baseadas na concepção *lean* de construção, verificou-se a necessidade de análise da seqüência de montagem. Estabeleceu-se que as estruturas deveriam ser fornecidas em pequenos lotes, imediatamente içadas e montadas, o que contornaria as principais limitações de localização da obra. A implantação do *Just-in-Time*, tanto no fornecimento de peças como na operação do guindaste, reduziria os transtornos de acesso à obra e admitiria a inexistência de área de depósito.

Para tornar viável o processo, identificando gargalos e ajustando a movimentação em uma seqüência *Just-in-Time*, houve a necessidade de representar o encaminhamento das peças em um Mapeamento de Fluxo de Valor. O mapeamento iniciaria na chegada da batelada de peças fornecidas pelo fabricante de estruturas metálicas em um depósito fora dos limites da cidade. Nesse depósito seriam rearrumadas as peças em lotes a serem transportados, içados e montados, numa seqüência e num ritmo determinado pela torre de montagem da obra. Ou seja, a montagem tem uma demanda seqüencial de peças e uma produtividade que é estendida à logística de abastecimento, determinando uma rotina de fornecimento que é atendida pelo carregamento no depósito.

O Mapeamento de Fluxo de Valor descreve o enquadramento dessas atividades: desde o carregamento de lotes nas carretas, transportando até a obra, seguido das operações de içamento e de montagem de peças. Havendo sincronismo, não ocorrem “gargalos” ou esperas, a movimentação se faz em fluxo e estabelece-se um *Just-in-Time* nas operações. O planejamento do fluxo, nessas condições exige o balanceamento das atividades em um ritmo estabelecido pelo *Takt Time*.

O mapeamento é usado para retratar o estado “ideal” no processo de desenvolvimento dos planos de implantação dos sistemas *lean*. Neste trabalho é usado para retratar a proposta de movimentação das estruturas pelas várias etapas do processo logístico, como: movimentação dentro do depósito, transporte dos materiais do depósito até a obra e movimentação dentro da obra.

Este trabalho não aborda a atividade de manuseio na fábrica, nem dá ênfase no transporte dos materiais da fábrica até o depósito, pois estas

atividades serão executas pelo método convencional, ou seja, se aproveitará ao máximo a capacidade dos veículos de transporte e a disponibilização de peças pela fábrica.

No depósito, os materiais devem passar por uma série de processos, conforme apresentado pela literatura sobre logística, como: recebimento, separação e expedição. Porém, a partir da atividade de expedição inicia-se um ciclo de atividades repetitivas que termina no suprimento de materiais na obra. Este ciclo de atividades, segundo a concepção *lean*, deve estar balanceado com a atividade de produção. Isto leva à eliminação de desperdício e conseqüentemente a ganho de produtividade. Foram utilizadas propostas e resultados do trabalho de Azevedo (2006) para elaboração de plano de *rigging* no depósito.

Quando se consegue identificar atividades repetitivas e organizá-las numa seqüência lógica, têm-se condições de enxergar melhor o desperdício gerado pela falta de sincronização destas atividades. No Mapeamento do Fluxo de Valor, as atividades são esquematizadas numa seqüência que ajudam na elaboração do balanceamento das atividades. É neste sentido que se pretende utilizar esta ferramenta no projeto logístico para o suprimento de materiais na obra.

Após a expedição dos materiais, a atividade seguinte é o transporte até a obra. Esta seria uma atividade simples se não fosse considerar algumas interferências que possam modificar o planejamento do tempo de ciclo de suprimento. Estas interferências podem afetar o sincronismo de tempo entre as atividades de suprimento e produção.

Da forma como foi solucionado o problema de enquadramento das operações logísticas à organização *lean* de construção, a dissertação se obrigou a uma revisão bibliográfica específica. Onde na 1ª fase é abordada a logística empresarial, identificando procedimentos adequados à construção e numa 2ª fase são estudados os princípios *lean* e algumas ferramentas e procedimentos de aprimoramento da logística como *Just-in-Time* e Mapeamento do Fluxo de Valor.

### **3.2 MOTIVADORES DA PESQUISA**

A pesquisa desenvolvida nesta dissertação, quanto aos seus objetivos, tem inicialmente um caráter exploratório. Tem como preocupação descrever e orientar o desenvolvimento de uma nova postura da logística voltada para a construção civil, pouco conhecida no Brasil. A descrição de um novo processo logístico baseou-se na sistematização de conceitos e procedimentos em um ambiente correlato de organização do trabalho oriundo da concepção *lean* industrial.

Para justificar o emprego dos mesmos conceitos e técnicas da produção *Lean* na construção, aceitou-se a analogia entre o fluxo repetitivo de materiais e componentes por atividades fixas (da indústria) e o fluxo de atividades repetitivas da construção. A compatibilidade entre esses dois ambientes já foi debatida e aceita em outros fóruns de discussão – por exemplo, os anais do *Lean Construction Institute*. Dessa forma se espera que o emprego de conceitos industriais para descrever o processo construtivo já está legitimado, dando consistência ao caráter exploratório da pesquisa.

Este trabalho, por outro lado, tem motivação de uma pesquisa aplicada quando define como *lócus* de estudo uma obra específica, localizada num centro urbano e sujeita à restrições concretas de execução. Ele não atinge plenamente os objetivos da pesquisa aplicada, por quanto discute problemas e soluções no âmbito de um projeto. Não dispõe, portanto, de resultados efetivos de melhoria da execução de uma obra, que seriam necessários para configurar a aplicação (em situação real). O trabalho tem uma visão de engenharia quando busca antecipar a situação real de uma obra específica. Por esta razão pode-se afirmar que ele encaminha toda uma linha de pesquisa para uma futura pesquisa aplicada.

### **3.3 MEIOS EMPREGADOS NA PESQUISA**

Quanto aos meios empregados, a pesquisa aborda duas vertentes. A primeira é a de pesquisa bibliográfica, procurando produzir instrumental analítico do processo logístico proposto – conceituando a implementação de uma nova concepção logística para a construção a partir de um processo

logístico industrial já conhecido. Vale ressaltar que este novo comportamento da logística está atrelado à concepção de construção *Lean*. A regra adotada para caracterização desse novo comportamento tem por base o instrumental mediato: revisando as definições e procedimentos da logística empresarial e da concepção *Lean*.

Outro meio de pesquisa empregado, que estabelece a segunda vertente de trabalho, diz respeito ao caráter experimental da pesquisa. Apesar de não lidar com um estudo de caso propriamente, o estudo de projeto logístico de um prédio comercial se reveste de sentido prático quando, por regra de ofício, assinala as condições gerais de suprimento de materiais que podem interferir na realização da obra. Omissões que porventura tenham ocorrido são facilmente identificadas, dado o aspecto descritivo das operações estudadas. Dessa maneira o trabalho permite, a qualquer tempo, uma revisão das suas estimativas e previsões de performance, se ajustando cada vez mais à situação real. Vale esclarecer, contudo, que os dados apresentados estão correntes com estimativas e previsões de profissionais da área de logística e construção – entrevistados, mas não citados no trabalho.

Há de se perceber que o projeto logístico apresentado, apesar de ser totalmente vinculado à forma de construção *lean* não estabelece restrições quanto a procedimentos logísticos adotados pelos diversos setores. O fluxo proposto e estudado é o ponto essencial para a atuação da logística de suprimento na construção *Lean*. A proposta de montagem das estruturas sugerida, enseja uma base para a implementação subsequente de frentes simultâneas de serviços (de fechamento dos andares). Dessa forma, a integração da logística de abastecimento, das atividades de içamento e montagem e a abertura de frentes simultâneas de serviço, com redução de desperdícios de espera e de estoques, estabelecem condições de aumento de produtividade que são o foco do conceito *lean* de construção. Por essa razão, o objeto de estudo ganha generalidade como instrumento amplo de discussão da construção predial.