

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO CIVIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL:  
ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

REYMARD SÁVIO SAMPAIO DE MELO

**ESTUDO DA CADEIA DE SUPRIMENTO DE PORTAS PRONTAS DE MADEIRA**

Fortaleza, Ceará

2010

REYMARD SÁVIO SAMPAIO DE MELO

**ESTUDO DA CADEIA DE SUPRIMENTO DE PORTAS PRONTAS DE MADEIRA**

Dissertação submetida à coordenação do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como parte integrante para a obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração:

Construção Civil

Orientadora:

Thaís da Costa Lago Alves, Ph.D

Fortaleza

2010

M485e Melo, Reymard Sávio Sampaio de  
Estudo da cadeia de suprimentos de portas prontas de madeira / Reymard Sávio Sampaio de Melo. -- Fortaleza, 2010.  
115 f. ; il. color. enc.

Orientadora: Profa. PhD. Thaís da Costa Lago Alves  
Área de concentração: Construção Civil  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia. Depto. de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Fortaleza, 2010.

1. Portas de madeira. 2. Construção Civil. I. Alves, Thais da Costa Lago (Orient.). II. Universidade Federal do Ceará – Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDD 620

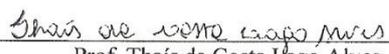
REYMARD SAVIO SAMPAIO DE MELO

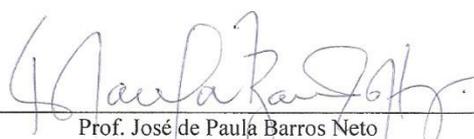
ESTUDO DA CADEIA DE SUPRIMENTO DE PORTAS PRONTAS DE MADEIRA

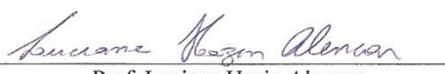
Dissertação submetida à coordenação do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como parte integrante para a obtenção do título de mestre em Engenharia.

Aprovada em 27 / 05 / 2010

BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Thaís da Costa Lago Alves  
Universidade Federal do Ceará - UFC

  
\_\_\_\_\_  
Prof. José de Paula Barros Neto  
Universidade Federal do Ceará - UFC

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Luciana Hazin Alencar  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Dedico este trabalho aos meus pais, minha irmã e a todos os membros do GERCON que me apoiaram ao longo dessa jornada.

## AGRADECIMENTOS

- ★ À Deus por me dá força em todos os momentos de minha vida.
- ★ À minha orientadora, professora Thaís da Costa Lago Alves, pela orientação, críticas, sugestões, incentivo e confiança durante a realização deste trabalho.
- ★ Aos colegas de turma Juliana Carvalho Schlachter Sampaio, George Silva Costa, Aerson Moreira Barreto pela amizade que construímos ao longo do mestrado.
- ★ Aos membros do GERCON, pela convivência, amizade e troca de idéias, críticas e sugestões ao longo deste período, especialmente para Mário José Azevedo, Ivna Baquit Campos, Lili Ferreira e Mariana Monteiro Xavier de Lima.
- ★ Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da UFC, em especial, José de Paula Barros Neto, Luiz Fernando Mahlmann Heineck e Alexandre de Araújo Bertini.
- ★ À FUNCAP (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento), pelas bolsas de estudo que possibilitam minha dedicação no desenvolvimento desta dissertação.
- ★ Às empresas que participaram deste estudo.
- ★ Aos engenheiros e profissionais entrevistados durante a realização desta dissertação, em especial, à engenheira Vanessa Lira Angelim pelo apoio durante a realização de um dos estudos de caso.
- ★ Obrigado a todos por me ajudarem a vencer mais uma etapa da minha vida.

## **ESTUDO DA CADEIA DE SUPRIMENTO DE PORTAS PRONTAS DE MADEIRA**

Aluno: Reymard Sávio Sampaio de Melo

Orientador: Thaís da Costa Lago Alves

### **RESUMO**

Esta dissertação tem como objetivo investigar os fluxos de materiais e informações entre os atores da cadeia de suprimento de portas prontas de madeira. Apesar de a literatura nacional apresentar estudos sobre o mapeamento de cadeias de suprimento na construção civil, poucos estudos abordam o tema para cadeias de suprimento localizadas na região Nordeste do país. Essa cadeia de suprimento foi selecionada inicialmente com base em pesquisas realizadas pelo Grupo de Pesquisa e Assessoria em Gerenciamento na Construção Civil (GERCON) em que as esquadrias de madeira de empreendimentos habitacionais de interesse social foram apontadas como um produto problemático. Partindo dessas pesquisas e buscando entender e solucionar os problemas por elas encontrados, esta dissertação tem como foco a cadeia de suprimento de portas prontas de madeira que se apresentam como uma alternativa às portas convencionais montadas na obra. As portas prontas de madeira têm todos os seus componentes pré-montados pelo fornecedor, o que teoricamente reduz a quantidade de atividades realizadas no canteiro de obras e, conseqüentemente, o tempo de instalação das mesmas. Foram conduzidos estudos de casos em um empreendimento residencial e em um empreendimento comercial que adotavam o sistema de portas prontas. Mapas de fluxo de valor foram elaborados com base na observação direta do processo de fabricação e instalação das esquadrias (visitas a fábrica da madeireira e ao canteiro de obras), registro fotográfico e entrevistas com os diversos profissionais das empresas que fazem parte desta cadeia. Evidências sugerem que as vantagens dos elementos pré-fabricados foram perdidas devido à falta de integração entre os empreiteiros e fornecedores. A falta de troca de informações entre os dois lados impediu uma utilização mais eficiente dos elementos pré-fabricados e a falta de padronização da espessura das paredes de alvenaria e tolerâncias resultou em uma série de soluções de qualidade inferior durante a fase de instalação.

**Palavras-chave:** cadeia de suprimentos, portas de madeira, fluxo de materiais e informações.

## ABSTRACT

This master's thesis investigated the flows of material and information among participants of the supply chain of pre-fabricated wooden doors. The Brazilian literature on the topic presents different studies on supply chain mapping, however, few of them discuss issues related to supply chains on the country's Northeastern region. The supply chain investigated was chosen based on previous research projects carried out by the Grupo de Pesquisa e Assessoria em Gerenciamento na Construção Civil (GERCON), a construction management research group at the Federal University of Ceará, Brazil. Previous studies carried out by GERCON researchers, on low-income housing projects, had revealed numerous problems related to wooden doors and windows. Using the results of previous studies as a starting point, this thesis studied the pre-fabricated wooden doors and their supply chain which have all of its components pre-assembled by the supplier. The use of pre-fabricated wooden doors would theoretically reduce the number of activities performed at the construction site, and would result in a shorter installation time. The two-phase research comprised a preliminary study and two in-depth case studies about pre-fabricated wooden doors. The author carried out the case studies in two high rising buildings (one residential and one commercial) in the city of Fortaleza, Brazil, in order to investigate the supply chain of pre-fabricated wooden doors. Value stream maps were developed based on direct observation of the processes involved to fabricate and install the product at the supplier's plant and the construction site respectively, photos, and interviews with different professionals at the plant and at the site. Wooden doors presented problems related to the installation and final product quality regardless of the type of project. Some advantages of prefabricated elements were lost due lack of trust between contractors and suppliers, lack of consideration of preconditions necessary for successful site installation, and lack of standardization and tolerance management resulted in suboptimal solutions during the installation phase. Special attention should be paid to the interfaces between the prefabricated element and the other parts of the project, current means and methods should be revisited if the project is to fully take advantage of prefabrication. The lack of open communication and low levels of trust amongst the supply chain actors result in enormous amounts of waste (e.g., rework, wasted time, unnecessary handling, unnecessary use of resources) and diminished value to the client.

**Keywords:** Supply chain, wooden doors, materials and information flows.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Cadeia Produtiva da Construção Habitacional	15
Figura 1.2	Composição da Cadeia Produtiva da Construção Civil	16
Figura 3.1	Cadeia de suprimento direta	39
Figura 3.2	Cadeia de suprimento estendida	39
Figura 3.3	Cadeia de suprimento final	40
Figura 3.4	Modelo teórico de antecedentes e conseqüentes da gestão da cadeia de suprimentos	42
Figura 3.5	Os focos do gerenciamento da cadeia de suprimentos na construção	49
Figura 3.6	Componentes de uma porta	50
Figura 3.7	Estratégia e princípios do projeto orientado à fabricação e montagem	53
Figura 4.1	Delineamento da pesquisa	58
Figura 4.2	A: Janelas tipo ficha. B: Porta tipo ficha	60
Figura 4.3	Configuração da cadeia nas empresas de 1 a 10	60
Figura 4.4	Configuração da cadeia na empresa 11	61
Figura 5.1	Linha do tempo indicativa do estudo preliminar	70
Figura 5.2	Atores da cadeia de suprimentos analisada	70
Figura 5.3	A: vista aérea do depósito do atacadista. B: pátio de armazenagem do depósito. C: armazenagem das portas ficha em área coberta	71
Figura 5.4	Sistema de compras de esquadrias de madeira	74
Figura 5.5	Linha do tempo indicativa do estudo de caso I	77
Figura 5.6	Usinagem	79
Figura 5.7	Núcleo das portas prontas de madeira	79
Figura 5.8	A: processo de colagem. B: detalhe da aplicação manual da cola. C: prensa	80
Figura 5.9	Furo para encaixe da fechadura	80
Figura 5.10	Máquina centro de montagem de porta pronta	81
Figura 5.11	Detalhe do rasgo da dobradiça	81
Figura 5.12	Setor de pintura da madeireira	81
Figura 5.13	Aplicação do fundo preparador	82
Figura 5.14	Porta montada	82
Figura 5.15	Mapa do Fluxo de Valor do Estado Atual do processo de	84

	fabricação das portas	
Figura 5.16	A: Núcleo sem estruturação dos sarrafos de madeira. B: Núcleo de folha de porta produzido pelo fornecedor (F11) estruturado por sarrafos de madeira e fixados com grampo	86
Figura 5.17	Prensagem das folhas de portas	87
Figura 5.18	Linha do tempo do processo de fabricação e instalação das portas prontas	89
Figura 5.19	Mapa do fluxo de valor do estado futuro do processo de fabricação das portas	91
Figura 5.20	Armazenamento das portas no pavimento	93
Figura 5.21	A: Fixação permanente. B: Retirada da folha de porta. C: Acabamento. D: Fixação dos alisares	94
Figura 5.22	Linha do tempo indicativa do estudo de caso II	96
Figura 5.23	A: Fixação provisória. B: Fixação permanente	97
Figura 5.24	Etiqueta de identificação	98

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 4.1	Caracterização das empresas	62
Quadro 4.2	Requisitos das esquadrias de madeira	68
Quadro 4.3	Dados do Estudo de Caso I	69
Quadro 5.1	Composição de custo da porta pronta	72
Quadro 5.2	Dados do Estudo de Caso II	78

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

DFMA - *Design for Manufacture and Assembly*

ECP - Empresa construtora do estudo preliminar

EHIS - Empreendimento habitacionais de interesse social

F11 – Fornecedor de portas da empresa 11

F12 – Fornecedor de portas da empresa 12

GCS - Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos

GERCON - Grupo de Pesquisa e Assessoria em Gerenciamento na Construção Civil

HT – Hipótese de trabalho

ICC - Indústria da construção civil

MFV – Mapeamento de fluxo de valor

OCS - Orientação para a cadeia de suprimentos

ORC – obras residenciais e comerciais

PBQP-H - Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat

PMF – Prefeitura municipal de Fortaleza

PSQ-PIM - Programa Setorial de Qualidade de Portas Internas de Madeira

QUALIFOR – Programa de melhoria da qualidade de obras públicas da prefeitura de Fortaleza

SCM - *Supply Chain Management*

SGQ – Sistema de gestão de qualidade

STP - Sistema Toyota de Produção

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>1.1</b>	<b>Contextualização</b> .....	<b>14</b>
<b>1.2</b>	<b>Problema da Pesquisa</b> .....	<b>19</b>
<b>1.3</b>	<b>Questões e Objetivos da Pesquisa</b> .....	<b>21</b>
<b>1.4</b>	<b>Delimitações da Pesquisa</b> .....	<b>22</b>
<b>1.5</b>	<b>Estrutura da dissertação</b> .....	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>CONSTRUÇÃO ENXUTA</b> .....	<b>24</b>
<b>2.1</b>	<b>Princípios do Pensamento Enxuto</b> .....	<b>24</b>
2.1.1	Especificação do valor .....	24
2.1.2	Identificação da cadeia de valor .....	25
2.1.3	Fluxo .....	26
2.1.4	Produção puxada: .....	29
2.1.5	Perfeição: .....	29
<b>2.2</b>	<b>Princípios do Pensamento Enxuto voltados ao Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos</b> .....	<b>30</b>
<b>2.3</b>	<b>Mapeamento de fluxo de valor</b> .....	<b>33</b>
<b>2.4</b>	<b>Considerações Finais</b> .....	<b>37</b>
<b>3</b>	<b>GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS</b> .....	<b>38</b>
<b>3.1</b>	<b>Conceito de Cadeia de Suprimentos</b> .....	<b>38</b>
<b>3.2</b>	<b>Antecedentes do gerenciamento da cadeia de suprimentos</b> .....	<b>40</b>
<b>3.3</b>	<b>Conceito de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos</b> .....	<b>43</b>
<b>3.4</b>	<b>Cadeias de Suprimentos na Construção Civil</b> .....	<b>46</b>
<b>3.5</b>	<b>A cadeia de suprimentos de portas de madeira</b> .....	<b>50</b>
<b>3.6</b>	<b>Modularidade do produto</b> .....	<b>52</b>
<b>3.7</b>	<b>Tolerância Dimensional</b> .....	<b>55</b>
<b>3.8</b>	<b>Considerações Finais</b> .....	<b>56</b>
<b>4</b>	<b>MÉTODO DE PESQUISA</b> .....	<b>57</b>
<b>4.1</b>	<b>Estratégia de Pesquisa</b> .....	<b>57</b>
<b>4.2</b>	<b>Delineamento da Pesquisa</b> .....	<b>57</b>
4.2.1	Primeira fase: Estudo preliminar .....	58
4.2.2	Segunda Fase: Levantamento .....	60
4.2.3	Terceira Fase: Condução dos estudos de caso.....	63
4.2.4	Quarta Fase: Análise dos dados.....	65
<b>4.3</b>	<b>Critérios para julgamento da qualidade dos projetos de pesquisa</b> .....	<b>66</b>
4.3.1	Ferramentas e técnicas usadas para a coleta de dados.....	67
<b>4.4</b>	<b>Considerações Finais</b> .....	<b>69</b>
<b>5</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>70</b>
<b>5.1</b>	<b>Estudo Preliminar</b> .....	<b>70</b>
5.1.1	Atores da cadeia de suprimentos analisada e suas atividades .....	70
5.1.2	Análise dos resultados .....	75
<b>5.2</b>	<b>Estudo de Caso I</b> .....	<b>77</b>
5.2.1	Diagnóstico inicial da Madeireira.....	77
5.2.2	Mapa do estado atual do processo de fabricação das portas.....	78
5.2.3	Análise do Estado Atual .....	85
5.2.4	Mapa do estado futuro do processo de fabricação das portas.....	90
5.2.5	Diagnóstico inicial da Construtora .....	92

5.2.6	Processo de instalação das portas .....	92
5.2.7	Análise da instalação das portas prontas na obra do estudo de caso I.....	92
<b>5.3</b>	<b>Estudo de Caso II.....</b>	<b>96</b>
5.3.1	Diagnóstico inicial da Construtora .....	96
5.3.2	Processo de instalação das portas .....	96
5.3.3	Análise da instalação das portas na obra do estudo de caso II .....	97
<b>5.4</b>	<b>Análise cruzada dos estudos de casos .....</b>	<b>99</b>
<b>5.5</b>	<b>Considerações Finais .....</b>	<b>101</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS .....</b>	<b>102</b>
<b>6.1</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>102</b>
<b>6.2</b>	<b>Recomendações para trabalhos futuros .....</b>	<b>104</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>105</b>
	<b>APÊNDICE 1 – PROTOCOLO DE ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>113</b>

## 1 INTRODUÇÃO

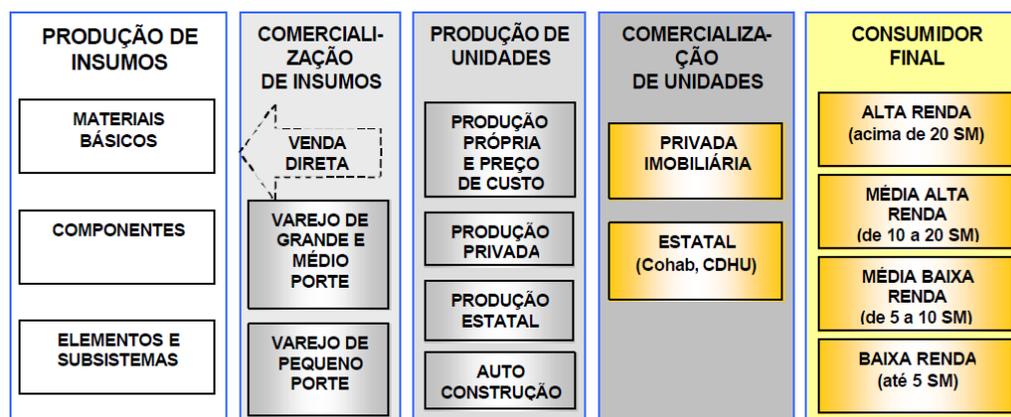
Este capítulo apresenta inicialmente o contexto no qual a presente pesquisa está inserida. Em seguida é apresentado e discutido o problema de pesquisa, bem como as questões analisadas nesta pesquisa. Por fim são apresentadas as delimitações da pesquisa e a estrutura do trabalho.

### 1.1 Contextualização

De acordo com Formoso (2003), dentre as ações prioritárias para o avanço da ciência, tecnologia e inovação no ambiente construído se faz necessária uma maior integração da sua cadeia produtiva, visto que o gerenciamento no nível da cadeia produtiva na construção civil é bem mais difícil dado ao elevado número de agentes envolvidos e da variedade de produtos empregados. Formoso sugere dentre outros itens o “mapeamento das cadeias produtivas vinculadas à Construção Civil de forma a identificar seus principais gargalos do ponto de vista da eficiência e da agregação de valor” (FORMOSO, 2003, p.234). Sendo assim, esse mapeamento é uma oportunidade para o entendimento mais detalhado dos atores das cadeias produtivas da Construção Civil e das relações entre eles.

Diante da necessidade e relevância da realização de pesquisas nessa área, Abiko *et al.* (2003) realizaram um estudo prospectivo da cadeia produtiva da produção e comercialização de unidades habitacionais urbanas no Brasil, visando à melhoria da competitividade de seus segmentos e à melhoria da qualidade de seus produtos intermediários e final.

A Figura 1.1 mostra o modelo apresentado por esses autores no estudo de segmentação da cadeia produtiva da construção habitacional com cinco elos: produção de insumos, comercialização de insumos, produção de unidades, comercialização de unidades e consumidor final.



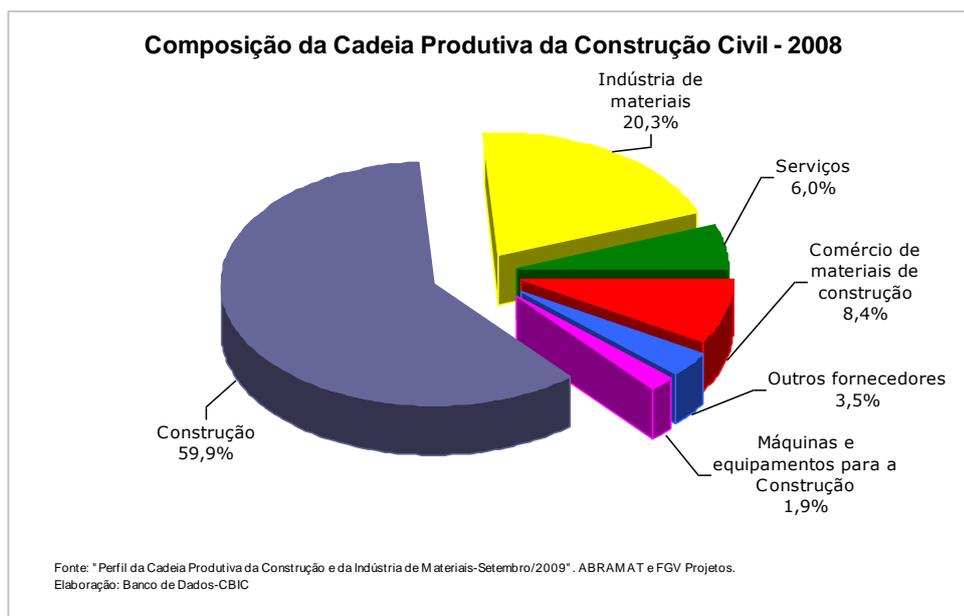
**Figura 1.1** – Cadeia Produtiva da Construção Habitacional

Fonte: (ABIKO, et al., 2003, p. 19)

Os resultados do estudo realizado por Abiko *et al.* (2003) são essencialmente propositivos e estão limitados a um segmento da cadeia produtiva da construção civil brasileira: a construção habitacional. A cadeia produtiva da construção civil propriamente dita é bem maior que a apresentada na Figura 1.1 e é composta por quatro grupos (ABRAMAT, 2007):

1. Construtoras, incorporadoras e prestadoras de serviços auxiliares da construção, que realizam obras e edificações;
2. Atividades variadas de prestação de serviços, tais como serviços técnico-profissionais, financeiros e seguros
3. Segmentos do comércio varejista e atacadista;
4. Vários segmentos da indústria, que produzem os materiais de construção;

O primeiro grupo abrange a indústria da construção civil (ICC) que ocupa um lugar destacado entre os setores da economia nacional com maior potencial de geração de renda e emprego. Isto, por si só, constitui-se em forte razão para que a sua cadeia produtiva, cuja composição se encontra na Figura 1.2, seja vista com maior atenção, já que essa indústria movimenta um amplo conjunto de atividades tendo impactos que vão além dos seus resultados diretos (ABRAMAT, 2007).



**Figura 1.2** – Composição da Cadeia Produtiva da Construção Civil  
Fonte: CBIC-Câmara Brasileira da Indústria da construção (2008)

Segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE, 2008), pode-se agrupar os segmentos da ICC formal em seis grandes grupos: preparação de terreno, construção de edifícios e obras de engenharia civil, obras de infra-estrutura para engenharia elétrica e telecomunicações, obras de instalações, obras de acabamento e aluguel de equipamentos.

A ICC é o elo central da cadeia produtiva da construção, não só pela sua elevada participação no valor da produção e dos empregos gerados em toda a cadeia, mas também por ser o destino da produção dos demais segmentos envolvidos.

Nesse sentido, a competitividade na ICC nacional é outro tema de especial destaque na discussão do contexto desta pesquisa. Silva (1995) analisou como se dá a competição do complexo industrial da construção civil, segundo a metodologia proposta por Michael Porter<sup>1</sup> e chegou as seguintes características:

- Elevado número de competidores presentes no segmento de edificações e reduzido número no segmento de construção pesada (obras viárias, barragens etc.). Isso se dá devido ao volume de capital que o porte das obras requer aos investimentos em máquinas e equipamentos e à tecnologia relativamente complexa.

<sup>1</sup> PORTER, M.E. Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência. 7 ed., Rio de Janeiro, Campus, 1991.

- Poder de barganha dos fornecedores variável em função da representatividade da construtora em sua capacidade produtiva. Existem alguns segmentos de fornecedores de insumos como o cimento, aço, etc. que são oligopolizados.
- Ameaça de novas empresas atuando no mercado elevada pela pequena incidência de barreiras à entrada. A baixa tecnologia envolvida no processo construtivo torna o setor convidativo à entrada de novos competidores. De acordo com Librelotto *et al.* (2003), as poucas barreiras de entrada existentes residem na economia de escala de empresas líderes, diferenciação em termos de marcas de produtos e prestação de serviços.
- Ameaça de novos produtos: praticamente inexistente, pois o produto edificação (imóvel) só pode ser substituído por formas como “*mobile homes*” não utilizadas de forma sistemática no Brasil. Recentemente algumas empresas têm buscado diferenciação de elementos relacionados aos serviços (amenidades) fornecidos em prédios residenciais (sala de ginástica, *garage band*<sup>2</sup>, salão de beleza etc.) e também itens relacionados à sustentabilidade e ao apelo ‘verde’. Rocha *et al.* (2004) apresentaram um conceito mercadológico chamado de “*plug and play*” (ligue e opere) no qual os empreendimentos da empresa construtora responsável pelo registro dessa marca comercial incorporam elementos diferenciados em sua área de lazer e de uso comum, como vestiários, lavanderia e recepção entregues mobiliados.
- Baixo poder de barganha dos consumidores em função do elevado valor do bem em relação à renda do consumidor final. A moradia é um bem de consumo durável e de alto valor.

O segundo grupo da cadeia produtiva da construção é formado por prestadores de serviços (serviços técnicos profissionais; incorporação, compra e venda de imóveis e aluguel de equipamentos) que estão envolvidos, direta ou indiretamente, na cadeia produtiva da construção civil e cuja dinâmica é determinada por ela.

---

<sup>2</sup> Estúdio com isolamento acústico destinado a ensaios de grupos musicais.

As empresas atacadistas e varejistas de materiais de construção pertencem ao terceiro grupo que faz parte da cadeia produtiva da construção. O comércio atacadista atende à demanda das construtoras enquanto o comércio varejista atende à demanda por materiais de construção das obras informais (feitas por famílias e autônomos).

Ainda de acordo com Abrammat (2007), o quarto grupo da cadeia produtiva da construção civil é composto pela indústria de materiais de construção. Essa indústria é dividida em oito cadeias de produção: madeiras, argilas e silicatos, calcários, materiais químicos e petroquímicos, siderurgia, metalurgia de não-ferrosos, materiais elétricos e máquinas e equipamentos.

Com relação à cadeia de produtos de madeira, foco deste estudo, seu início se encontra na extração vegetal, seguida do comércio de produtos *in natura* e chegada às serrarias, onde a madeira é serrada e trabalhada. A partir daí, a madeira é adquirida diretamente pela construção civil (na forma de vigas e tábuas) ou ainda é utilizada para a fabricação de esquadrias, de casas pré-fabricadas, de estruturas de madeira e artigos de carpintaria (ABRAMMAT, 2007).

Dentre os diversos produtos citados acima, as esquadrias de madeira merecem um destaque especial pelo fato desta dissertação se propor a investigar a cadeia desse produto, com foco nas portas prontas de madeira. As razões da escolha dessa cadeia de suprimentos, que são detalhadas no decorrer do trabalho, estão ligadas à onipresença desse material em obras da construção civil e ao fato da ICC ter buscado maior eficiência na sua instalação através do uso de portas prontas.

Apesar de as esquadrias de madeira sofrerem forte concorrência de outros materiais (aço, alumínio e PVC), dados do estudo setorial realizado pela Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI, 2007) mostram que a produção de portas de madeira apresentou uma evolução durante o período de 1996 a 2006. Isso representa um crescimento de 164% nos dez anos, o que equivale a um crescimento médio anual de 10%. De 2005 para 2006, o acréscimo foi de 10% no número de unidades produzidas nacionalmente, passando de 7,4 milhões. Atualmente cerca de 20% da produção nacional de portas pertencem ao segmento de portas prontas (CONSTRUÇÃO MERCADO, 2008).

Dentro do panorama do mercado brasileiro de esquadrias, o setor responsável pela produção de esquadrias de madeira é pouco organizado. Apesar de a madeira utilizada na produção ser encontrada, principalmente na região amazônica, os grandes fabricantes

mantém suas instalações industriais nos estados do Paraná e Santa Catarina (MASSETO et al., 2008).

De um modo geral, as pesquisas sobre a configuração das cadeias de suprimentos da construção civil e seu respectivo gerenciamento vêm se tornando mais freqüentes ao longo dos últimos anos, embora a realização dessas pesquisas possa se tornar uma tarefa complexa devido ao grande número de empresas envolvidas e distantes geograficamente (ALVES e TOMMELEIN, 2007).

London e Kenley (2001) apontam a falta de estudos teóricos e pesquisas empíricas dentro da comunidade da construção que considerem a natureza fundamental estrutural, econômica e organizacional das cadeias de suprimento desta indústria. Esses mesmos autores também ressaltam a falta de um entendimento mais detalhado dos diferentes tipos de cadeias de suprimento, da sua complexidade e do seu comportamento.

Assim, a realização de pesquisas sobre cadeias de suprimentos na construção civil têm relevância devido ao fato de a indústria da construção civil ter necessidade de gerenciar não apenas suas empresas, mas também suas cadeias de suprimento levando em consideração o contexto em que as mesmas estão inseridas, bem como suas peculiaridades (GREEN *et al.*, 2005).

## **1.2 Problema da Pesquisa**

A pesquisa acadêmica sobre gestão da cadeia de suprimentos segue em ritmo avançado com inúmeros e diversificados estudos sobre o tema. Pesquisas sobre gerenciamento da cadeia (VRIJHOEF e KOSKELA, 2000; SIMCHI-LEVI et al., 2003; FERNIE e THORPE, 2007), análise de custos (KIM e BAE, 2009), desempenho (GUNASEKARAN et al., 2004) são alguns exemplos de trabalhos desenvolvidos nos últimos anos.

Teixeira e Lacerda (2009) realizaram uma análise dos principais tópicos estudados em 150 artigos sobre gestão da cadeia de suprimentos publicados nos principais periódicos acadêmicos internacionais entre 2004 e 2006. Os resultados mostram que os artigos focam, principalmente, na coordenação e a troca de informações entre empresas, na configuração da produção, no *design* e o desempenho da cadeia de suprimentos.

Outro conjunto de pesquisas é direcionado para estudos de casos de cadeia dos mais variados componentes e subsistemas de obras de construção civil, tais como: suportes de tubulações (ARBULU e TOMMELEIN, 2002), elevadores (AZAMBUJA, 2002),

vergalhões (POLAT e BALLARD, 2003), esquadrias de alumínio (FONTANINI, 2004), dutos de ar condicionado (ALVES, 2005). Um ponto em comum para todos esses estudos é o emprego das chamadas Novas Filosofias de Produção (KOSKELA, 1992) e do Pensamento Enxuto (WOMACK E JONES, 1998) como base teórica para análise e proposição de melhorias para essas cadeias. Os princípios da mentalidade enxuta e sua aplicação no gerenciamento das cadeias de suprimentos da construção são apresentados no capítulo 2 desta dissertação.

Nesse sentido, essa dissertação tem como foco propor melhorias para a cadeia de um componente onipresente em obras de construção civil: as portas de madeira, mais especificamente as portas prontas. O trabalho busca contribuir para o entendimento das cadeias de suprimento na construção civil nacional, e para a proposição de soluções voltadas à melhoria do seu desempenho.

Essa cadeia de suprimento foi selecionada com base em pesquisas anteriores realizadas pelo Grupo de Pesquisa e Assessoria em Gerenciamento na Construção Civil (GERCON) e pelo pesquisador na cidade de Fortaleza, local em que as esquadrias de madeira de empreendimentos habitacionais de interesse social (EHIS) foram apontadas como um produto problemático. Essa informação foi obtida através de entrevistas com engenheiros de obras durante visitas a obras de EHIS e fiscais de obras da PMF durante um *workshop* realizado no âmbito das atividades do Programa Qualifor<sup>3</sup>. O referido *workshop* contou com a presença de 75 fiscais de obras da Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF) e teve como objetivo identificar produtos e serviços críticos para a realização das obras públicas contratadas pela PMF.

Embora os problemas identificados nesses estudos preliminares estejam relacionados às portas e janelas de madeira em geral, o estudo da cadeia de portas prontas de madeira permite investigar um dos focos do gerenciamento de cadeias de suprimento da construção civil indicados pela literatura, qual seja: a prefabricação de componentes e sistemas construtivos. Vrijhoef e Koskela (2000) indicam que o gerenciamento da cadeia de suprimentos da construção civil tem quatro focos. Um deles diz respeito à transferência de atividades do canteiro para estágios iniciais da cadeia de suprimentos com a justificativa de tirar proveito de ambientes com melhores condições de controle de qualidade.

Porém, apesar dos potenciais benefícios a serem alcançados com a prefabricação, a falta de sincronização do fluxo de materiais entre as fábricas e os canteiros

---

<sup>3</sup> Qualifor é o “Programa de Melhoria da Obras Públicas Contratadas pela Prefeitura de Fortaleza”, coordenado por professores da UFC ligados ao GERCON, foi iniciado em 2007.

de obra foi um dos principais problemas observados no estudo realizado por Azambuja (2002) na cadeia de elevadores. O referido autor ainda ressalta que uma falha no fluxo de informações em uma única interface da cadeia pode gerar perdas para o sistema produtivo como um todo.

Nesse sentido, Vrijhoef e Koskela (2000) ressaltam ainda que a origem da maioria dos desperdícios e problemas de cadeias de suprimentos da construção encontra-se em um estágio da cadeia diferente daquele em que os problemas aparecem. Ou seja, a origem da maioria dos desperdícios e problemas está em atividades que antecedem as etapas em que os problemas realmente ocorrem.

Dada a crescente importância dos componentes prefabricados na ICC, dos potenciais benefícios advindos do seu emprego, e da onipresença de portas de madeira em suas obras, o estudo está focado em portas de madeira e sua cadeia de suprimentos, mais especificamente nas portas prontas, que têm todos os seus componentes pré-montados pelo fornecedor. Além disso, devido à importância da troca de informações entre agentes de uma cadeia de suprimentos, conforme indicado na literatura, esse estudo investiga como os atores dessa cadeia de suprimentos trocam informações sobre o produto em questão.

### 1.3 Questões e Objetivos da Pesquisa

- Questão Principal

A partir da identificação da problemática, foi identificada a seguinte questão principal da pesquisa: Como melhorar os fluxos de materiais e informações entre os atores da cadeia de suprimento de portas prontas de madeira?

- Outras Questões Pertinentes

- ↳ Quais os principais problemas enfrentados pelos atores da cadeia de suprimento de portas prontas de madeira?
- ↳ Qual a origem dos principais problemas entre os atores da cadeia de suprimento de portas prontas de madeira?

Assim, o objetivo geral desta dissertação consiste em:

*“propor soluções para a cadeia de suprimentos de portas prontas de madeira com base na mentalidade enxuta aplicada à indústria da construção civil.”*

A partir do objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- ↳ Identificar os principais problemas ao longo dos estágios da cadeia em estudo.
- ↳ Identificar a origem dos principais problemas entre os atores da cadeia de suprimento de portas prontas de madeira.

#### **1.4 Delimitações da Pesquisa**

Uma das limitações da pesquisa está no escopo de análise da cadeia em estudo. Neste sentido, as fontes de matéria-prima necessárias ao processo de produção das portas em estudo não fazem parte do trabalho, visto que o estado do Ceará não possui área de plantios florestais e tão pouco possui florestas nativas com espécies de madeira com potencial econômico para a indústria de madeira processada mecanicamente.

Aliada a esse fato, a distância geográfica das empresas responsáveis pelos processos de extração e beneficiamento da madeira dificultam a coleta de dados referentes a esses processos. A madeira necessária para a fabricação das portas em estudo é proveniente de florestas nativas ou plantadas de outros estados das regiões Norte, Sul e Sudeste do Brasil. Desse modo, o escopo do trabalho concentrou-se em dois atores da cadeia de suprimentos de portas de madeira: fornecedor de portas e empresa construtora.

Foram conduzidos dois estudos de casos em empreendimentos que adotaram o sistema porta-pronta. As tipologias desses empreendimentos eram diferentes (comercial e habitacional de alto padrão) daquelas em que o estudo exploratório (EHIS) e o estudo realizado pela equipe do GERCON (obras públicas contratadas pela PMF) foram conduzidos.

Sendo assim, a validação dos resultados do presente estudo somente pode ser considerada diante das limitações do contexto aqui apresentadas.

#### **1.5 Estrutura da dissertação**

Esta dissertação está estruturada da seguinte forma:

O presente capítulo apresenta o contexto em relação ao tema de pesquisa, o problema de pesquisa, bem como suas justificativas e delimitações. Os dois capítulos seguintes apresentam a revisão de literatura.

O segundo capítulo aborda os princípios do Pensamento Enxuto e discute também sobre o mapeamento de fluxo de valor (MFV): ferramenta utilizada no mapeamento da cadeia em estudo. Esse capítulo também apresenta uma revisão sobre trabalhos que empregaram o MFV para o estudo de diversos processos (projeto, administrativo, produção, simulação, etc.)

O terceiro capítulo apresenta o conceito de cadeia de suprimentos e gerenciamento de cadeia de suprimentos da construção civil. Além disso, este capítulo discute as características das cadeias de suprimentos na construção civil e seus focos de gerenciamento.

O quarto capítulo apresenta o método de pesquisa utilizado na condução deste estudo. Inicialmente é apresentado o posicionamento da pesquisa em relação ao nível epistemológico seguido da descrição do processo de seleção da estratégia de pesquisa a ser adotada. Em seguida, é apresentado o delineamento da pesquisa através das suas fases.

O quinto capítulo apresenta, em ordem cronológica, os estudos de caso realizados bem como a discussão dos resultados obtidos. .

Por fim, o sexto capítulo apresenta as considerações finais, seguido das conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 CONSTRUÇÃO ENXUTA

Este capítulo apresenta inicialmente os cinco princípios do pensamento enxuto identificados por Womack e Jones (1998). A apresentação dos princípios do pensamento enxuto é seguida pela discussão dos princípios para a melhoria dos sistemas produtivos propostos por Koskela (1992) e como os mesmos podem ser empregados para a melhoria das cadeias de suprimento da construção. Por fim, são apresentados o conceito de mapeamento de fluxo de valor e as pesquisas na área da construção civil que utilizam essa ferramenta.

### 2.1 Princípios do Pensamento Enxuto

O Pensamento Enxuto tem sua origem no ambiente de produção da indústria de manufatura, mais precisamente no Sistema Toyota de Produção (STP). Este sistema nasceu no período pós-guerra (1945-1964) e tinha como objetivo produzir vários modelos diferentes de automóveis, em pequena escala e custos reduzidos, para enfrentar a indústria automobilística norte-americana, com sua produção em massa (OHNO, 1997).

A base do STP é a absoluta eliminação do desperdício e os dois pilares necessários para suportar esse sistema são: *Just-in-time* e a automação com toque humano, ou *autonomação*. A definição de *just-in-time* está relacionada ao conceito de produção por demanda, ou seja, produzir somente o que for necessário quando necessário. A *autonomação* consiste em dar ao operador (ou à máquina) a autonomia de interromper o processo sempre que for detectado algum problema (OHNO, 1997).

Desse modo, as práticas adotadas pelo executivo da Toyota Taiichi Ohno, juntamente com Shigeo Shingo (um dos criadores do STP), com a intenção de identificar os desperdícios e encontrar medidas para eliminá-los deram origem às bases da chamada mentalidade enxuta.

Por sua vez, Womack e Jones (1998, p.3) definem o pensamento enxuto como “uma forma de especificar valor, alinhar na melhor seqüência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz.” Os mesmos autores identificaram cinco princípios básicos que norteiam o pensamento enxuto nas organizações com o objetivo de criar valor e eliminar desperdícios. Os cinco princípios encontram-se listados e discutidos a seguir:

#### 2.1.1 Especificação do valor

A criação de valor flui freqüentemente através de muitas empresas fazendo com que cada uma defina valor da forma mais adequada às suas próprias necessidades. Quando essas definições são reunidas, em geral a soma não gera um bom resultado, pois nenhuma delas estava olhando para o produto como um todo através dos olhos do cliente (WOMACK e JONES, 1998).

O cliente final do produto é o único responsável pela especificação do valor e essa especificação só é válida quando o produto atende às necessidades do cliente em um determinado momento e por um preço que ele está disposto a pagar.

### 2.1.2 Identificação da cadeia de valor

De acordo com Womack e Jones (1998), o pensamento enxuto precisa ultrapassar as fronteiras do ambiente empresarial e enxergar o todo: o conjunto de todas as atividades envolvidas na criação e fabricação de um produto específico, da concepção à sua disponibilidade, passando pelo projeto detalhado; da venda inicial à entrega, passando pelo registro do pedido e pela programação da produção, e da matéria-prima produzida distante, e além das fronteiras da empresa, até as mãos do cliente.

Quando se analisa a cadeia de valor de um determinado produto percebe-se que na maioria das vezes ocorrem três tipos de ação ao longo de sua extensão: há etapas que certamente geram valor, há outras etapas que não geram valor, mas são inevitáveis com as atuais tecnologias e ativos de produção e finalmente há diversas etapas adicionais que não geram valor e devem ser evitadas imediatamente (WOMACK e JONES, 1998).

Em geral há um baixo de nível de cooperação entre os participantes da cadeia de valor na fabricação de um produto e muitos desses participantes estão interessados em obter vantagens financeiras sobre as outras partes interessadas. Em uma era em que o nível de terceirização é cada vez maior, a verdadeira necessidade é de uma aliança voluntária de todas as partes interessadas para analisar cada etapa de criação de valor da cadeia e que tenha a mesma duração do produto.

Porém para que isso aconteça Womack e Jones (1998) afirmam que é preciso o envolvimento de todos os participantes na negociação de um conjunto de princípios que oriente seu comportamento no futuro e, em seguida, desenvolver um mecanismo para verificação mútua que determine se todos estão seguindo os mesmo princípios, tais como:

- O valor deve ser definido conjuntamente por família de produtos, junto com um custo-alvo baseado na percepção de valor do cliente.

- Todas as empresas devem trabalhar em conjunto para identificar e eliminar desperdícios até o momento em que se concretizem as metas de custo-alvo geral e retorno sobre o investimento de cada empresa.
- Quando houver a concretização dos custos-alvo, as empresas ao longo da cadeia imediatamente realizam novas análises, a fim de identificar desperdícios restantes e definir novas metas.
- Cada empresa participante tem o direito de examinar todas as atividades de todas as empresas relevantes à cadeia de valor como parte da busca conjunta de desperdício.

### 2.1.3 Fluxo

As atividades necessárias para a entrega de um produto devem ocorrer em fluxo contínuo tanto quanto possível. Segundo Rother e Shook (1999), o fluxo contínuo ideal significa produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente de um estágio do processo para o seguinte sem nenhuma parada entre eles.

Womack e Jones (1998) identificam três etapas que devem ser praticadas simultaneamente para colocar em prática o fluxo de valor. A primeira é focalizar o objeto real e jamais deixar que esse objeto se perca do início à conclusão. A segunda etapa é ignorar as fronteiras tradicionais de tarefas, profissionais, funções e empresas para eliminar todos os obstáculos ao fluxo contínuo do produto. A terceira etapa é repensar as práticas e ferramentas de trabalho específicas a fim de eliminar os retrofluxos, sucata e paralisações de todos os tipos.

Com o intuito de manter sempre a produção em fluxo contínuo, Ohno (1997) identificou e declarou guerra aos principais desperdícios que comprometem o fluxo de valor:

1. Desperdício por superprodução: produzir determinado produto em quantidades superiores àquelas necessárias para satisfazer a demanda.
2. Desperdício de tempo disponível (espera): tempo ocioso de material, máquina, informação ou equipamento.
3. Desperdício em transporte: movimentação de materiais, pessoas, informações por longas distâncias, duplo manuseio, entre outros.
4. Desperdício por processamento em si: realização de atividades de processamento que não agregam valor, ou representam retrabalho, e que poderiam ser eliminadas sem prejuízo do produto entregue ao cliente final.

5. Desperdício de estoque disponível: a produção antecipada acarreta a geração de estoques que ficam estagnados em pontos distintos da cadeia de valor e contribuem para ocultar problemas na produção (atrasos, produtos defeituosos, falhas de equipamentos, desbalanceamento da carga de trabalho, entre outros).
6. Desperdício por excesso de movimento: saída dos funcionários de seu ambiente de trabalho para procurar materiais, ferramentas, instruções de trabalho e/ou ajuda. Má organização do posto de trabalho que contribui para a movimentação excessiva do trabalhador.
7. Desperdício por produção de produtos defeituosos: fabricação de produtos com defeitos devido à falhas no processo ou nos recursos necessários para a entrega do produto final.

Em adição à preocupação de identificar e reduzir essas formas de desperdícios, para alcançar o fluxo contínuo, Jones e Womack (2004) apontam seis características de como deve ser um fluxo de valor estendido enxuto.

A primeira delas ressalta que todos os envolvidos com o fluxo de valor devem ter consciência do ritmo de consumo do produto pelo cliente final no ponto final do fluxo. A preocupação aqui está em produzir de acordo com o seu tempo *takt* (*takt time*). De acordo com Rother e Shook (1999), o tempo *takt* é um número de referência que ajuda a enxergar como as coisas estão indo e o que é necessário fazer para melhorar o fluxo. O tempo *takt* é calculado dividindo-se o tempo de trabalho disponível por turno pelo volume da demanda do cliente por turno. Por exemplo, se uma betoneira opera 540 minutos por dia e a demanda por cliente (equipes de alvenaria) é de 36 traços de argamassa para assentamento de alvenaria por dia, o tempo *takt* é de 15 minutos. Ou seja, a cada 15 minutos deve-se produzir um traço para abastecer as equipes que necessitam da argamassa para assentamento de alvenaria (BARROSO et al., 2007).

A segunda característica de um fluxo de valor estendido é o baixo nível de estoque. De acordo com Ohno (1997), a Toyota trabalha com um determinado tipo de estoque chamado de estoque padrão. Este estoque pode ser entendido como o mínimo de estoque intermediário entre processos necessário para que as operações continuem sem interrupção. A Toyota procura continuamente reduzir esse estoque, por exemplo, através da diminuição dos tamanhos dos lotes de produção e de transferência entre as atividades e do aumento da frequência de entregas. (JONES E WOMACK, 2004).

Em adição ao estoque padrão utilizado na Toyota, Jones e Womack (2004) classificam os tipos de estoque por sua posição no fluxo de valor e os dividem em:

- Matérias-primas: produtos entrando em uma planta, ainda não processados.
- Estoque em processo: itens entre as etapas de processamento, dentro de uma planta.
- Produtos acabados: itens prontos esperando expedição.

A terceira característica de um fluxo de valor estendido é o menor número possível de conexões de transporte entre as etapas do processo de produção. É necessário pensar sobre a real importância de cada conexão, pois a movimentação de material não é uma atividade que gera valor para o cliente final.

A quarta característica diz respeito ao menor processamento possível de informações, com puro sinal e nenhum ruído nos fluxos de informação remanescentes. O objetivo desta característica é transferir o gerenciamento da informação dos altos níveis hierárquicos da organização para o chão-de-fábrica. Ou seja, os participantes de uma equipe de trabalho devem se comunicar diretamente com os participantes da equipe do trabalho anterior sobre as suas necessidades.

Segundo Sales et al. (2003), o fluxo de informação na construção civil é precário, incompleto, burocratizado e centralizado. Geralmente as informações fluem de cima para baixo na pirâmide hierárquica de uma empresa construtora. Aliado a isso, o setor da construção civil se caracteriza por ser um ambiente com inúmeros agentes e intervenientes, com níveis diferentes de especialidade que geram informações provenientes de suas atividades que fluem continuamente dentro da empresa e provocam alguns ruídos e conflitos.

A quinta característica de um fluxo de valor é ter o menor tempo de atravessamento possível. O tempo de atravessamento é o tempo que uma peça leva para mover-se ao longo de todo um processo ou desde o começo até o fim de um fluxo de valor. Quanto menor o tempo de atravessamento de um fluxo de valor total, maior a probabilidade de ele reagir às demandas reais e não a previsões inexatas. Ou seja, um tempo de atravessamento curto permite a produção somente dos pedidos confirmados pelo cliente. Rother e Shook (1999) ressaltam que além de reduzir o tempo de resposta ao cliente, um tempo de atravessamento curto reduz o tempo de conversão de dinheiro, ou seja, o tempo entre pagar pela matéria-prima e receber o pagamento pelo produto acabado.

Por fim, a última característica de um fluxo de valor estendido proposta por Jones e Womack (2004) é que as mudanças introduzidas para melhorar o fluxo, eliminar estoques, diminuir as conexões de transporte e encurtar o tempo de atravessamento, devem envolver o menor custo possível ou nenhum custo.

#### 2.1.4 Produção puxada:

A produção deve ser “puxada” pelo cliente e definida com base no que ele entende por valor ao invés de a empresa “empurrar” produtos ao cliente com base no que ela pensa que o cliente deseja. O cliente final é quem determina o que deve ser feito (demanda) e só então é feita a programação para aquela demanda específica. Toda produção é feita com base na previsão de demandas e o que difere a produção puxada da produção empurrada é a antecedência com que essas previsões são realizadas e se elas são atualizadas para refletir mudanças na demanda real.

No STP o *kanban* é a ferramenta que operacionaliza a idéia central da produção puxada autorizando a fabricação ou a movimentação de partes no fluxo de valor. O *kanban* consiste em um cartão ou dispositivo que avisa um processo quanto do que pode ser produzido ou transportado e dá permissão para fazê-lo (ROTHER e SHOOK, 1999). Enquanto o fluxo de materiais segue da matéria-prima ao produto acabado, os *kanbans* fluem na direção oposta “puxando” os materiais necessários na quantidade certa e no momento em que são necessários. Sempre que uma atividade posterior necessita de materiais, a mesma solicita à atividade anterior os materiais que necessita.

Porém há pontos no fluxo de valor onde o fluxo contínuo não é possível e fabricar em lotes e estocar produtos é necessário. Nesses casos, o uso do sistema puxado com supermercado permite a programação empurrada até o ponto em que está localizado o supermercado e a produção puxada após o supermercado. O supermercado é um estoque controlado que serve para armezar partes produzidas pelos processos anteriores de forma empurrada. A partir do supermercado as peças são puxadas conforme a necessidade do processo posterior e uma ordem de ressuprimento a partir do supermercado é enviada para o processo anterior quando o estoque atinge um determinado limite inferior (ROTHER e SHOOK, 1999).

#### 2.1.5 Perfeição:

O princípio da perfeição está relacionado à melhoria contínua, uma empresa nunca deve se acomodar, mas sim buscar sempre a melhoria de seus produtos e serviços. O estímulo mais importante na busca da perfeição talvez seja a transparência que possibilita que todos envolvidos na cadeia de valor possam ver o fluxo de produção e sugerir melhorias na agregação de valor ao produto.

Sempre haverá uma melhor forma de atender as necessidades do cliente, identificar a cadeia de valor, eliminar os desperdícios que interrompem o fluxo do contínuo do produto e fazer com que o cliente tenha um papel mais claro na definição da demanda real.

## **2.2 Princípios do Pensamento Enxuto voltados ao Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**

O modelo convencional de produção visualiza a produção como um conjunto de insumos que são processados e resultam em produtos finais, esse modelo ignora a existência de outras atividades que são necessárias à produção, as quais não são adequadamente gerenciadas (KOSKELA, 1992). Este modelo assume que a qualidade e o valor final do produto é função da qualidade dos insumos empregados e não necessariamente da forma como ocorre o seu processamento.

Por outro lado, a nova filosofia de produção discutida por Koskela (1992) e também chamada de Produção Enxuta, considera a produção como um fluxo de material e/ou informações desde a matéria-prima até o produto final. Neste fluxo, existem atividades de conversão e atividades de fluxo, que representam atividades agregadoras e não agregadoras de valor distribuídas ao longo do fluxo. As atividades de processamento representam o aspecto de conversão de produção enquanto as atividades de inspeção, movimentação e espera representam o aspecto do fluxo de produção.

Porém há exemplos de atividades de fluxo (espera, inspeção e transporte) que agregam valor, tais como: o tempo de espera entre demãos no processo de pintura de uma parede e o tempo de cura do concreto são exemplos de atividades de espera que agregam valor. Atividades de inspeção como o teste de estanqueidade da água após aplicação de mantas asfálticas para impermeabilização, ensaios de controle tecnológico do concreto também podem ser consideradas atividades que agregam valor ao produto final.

As atividades de transporte agregam valor de local aos produtos e serviços. O transporte é essencial pelo fato de não haver empresa moderna capaz de operar sem adotar providências necessárias para a movimentação de suas matérias-prima ou produtos acabados (BALLOU, 2006). O transporte realizado pelos fornecedores dos diversos insumos até o canteiro de obras é uma atividade que agrega valor de local a mercadoria transportada.

Desse modo, a idéia principal dessa nova filosofia de produção é reduzir ou eliminar as atividades de fluxo e aumentar a eficiência das atividades de conversão (KOSKELA, 1992).

A partir desta análise, Koskela (1992) define onze princípios para melhorar o projeto dos sistemas de produção:

1. Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor;
2. Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes;
3. Reduzir a variabilidade;
4. Reduzir o tempo de ciclo;
5. Simplificar através da redução do número de passos ou partes;
6. Aumentar a flexibilidade de saída;
7. Aumentar a transparência do processo;
8. Focar o controle no processo global;
9. Introduzir melhoria contínua no processo;
10. Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões;
11. Fazer *Benchmarking*.

Muitos dos princípios da nova filosofia de produção propostos por Koskela (1992) estão fortemente relacionados entre si e todos são importantes no gerenciamento de cadeias de suprimentos da construção civil. Porém dentre os princípios citados anteriormente, três merecem especial destaque no gerenciamento da cadeia de suprimento em estudo: redução da variabilidade, simplificação através da redução do número de passos e partes e aumento da transparência do processo.

Segundo Koskela (1992), existem dois motivos para a redução de variabilidade. O primeiro motivo leva em consideração o ponto de vista do cliente visto que um produto uniforme é melhor. O segundo motivo é a consequência da variabilidade, ou seja, a variabilidade aumenta o número de atividades que não agregam valor. Por exemplo, se o trabalhador sempre recebe materiais, informações e ferramentas de forma diferente ele gasta mais tempo para organizar o seu posto de trabalho, entender o trabalho a ser realizado e iniciar a produção. Vale ressaltar que há casos em que variabilidade é vista como um bom negócio (e.g. quando aumenta o retorno sobre o investimento, pois a diferenciação do produto é vista como uma característica que agrega valor aos olhos do cliente final).

Isatto et al. (2000) afirmam que a variabilidade pode estar relacionada a três aspectos no processo de produção: aos fornecedores do processo (variabilidade nos processos anteriores), à execução de um processo (variabilidade no próprio processo) e aos desejos e necessidades dos clientes de um processo (variabilidade na demanda).

A implantação de procedimentos padrão para a padronização das atividades é frequentemente um meio para reduzir a variabilidade das atividades de conversão e fluxo (KOSKELA, 1992). Desse modo, quando se analisa a cadeia de suprimentos da construção civil como um todo, a adoção deste princípio por todos os membros de uma cadeia de suprimento se torna imprescindível visto que a padronização propicia uma maior integração de atividades entre fornecedores e clientes através de toda a cadeia.

Com relação ao princípio de simplificação através da redução de número de passos e partes, Koskela (1992) afirma que a simplificação pode ser entendida de duas maneiras: redução do número de componentes de um produto e redução do número de passos nos fluxos de materiais e informação. Uma das abordagens práticas, sugeridas por Koskela (1992), para a adoção deste princípio é redução do número de peças de produtos através de mudanças no projeto ou utilização de partes pré-fabricadas.

Usando a mesma linha de raciocínio, com o intuito de simplificar as atividades realizadas no canteiro de obras, Vrijhoef e Koskela (2000) sugerem que a transferência de atividades do canteiro para estágios iniciais da cadeia de suprimentos deve ser um dos focos do gerenciamento de cadeias de suprimentos da construção civil.

A industrialização, e mais especificamente a pré-fabricação, é um dos meios de transferir atividades que são realizadas no canteiro para partes anteriores da cadeia de suprimentos. No entanto, a decisão de utilizar itens pré-fabricados torna a cadeia de suprimentos mais complexa. A complexidade advinda dessa decisão deve ser bem gerenciada a fim de que se possa aproveitar dos benefícios oriundos da pré-fabricação (VRIJHOEF e KOSKELA, 2000).

O aumento da transparência do processo é o terceiro princípio relacionado ao gerenciamento da cadeia de suprimentos. A falta de transparência das atividades realizadas por uma cadeia de suprimentos ocasiona maior propensão a erros, redução da visibilidade de erros e baixa motivação para melhoria, pois não se enxerga onde as causas dos problemas estão localizadas. Uma forma de evitar isso é tornar o processo diretamente observável através de meios físicos ou organizacionais, indicadores e exibição pública da informação (KOSKELA, 1992).

Nesse sentido, o Mapeamento de fluxo de valor (MFV), empregado em estudos que empregam o pensamento enxuto, é uma ferramenta que proporciona visibilidade aos fluxos de materiais e informação de uma cadeia de suprimentos. Essa ferramenta bem como sua utilização é descrita no próximo item.

### 2.3 Mapeamento de fluxo de valor

O mapeamento do fluxo de valor é o simples processo de observação direta dos fluxos de informação e de materiais conforme eles ocorrem, resumindo-os visualmente e vislumbrando um estado futuro com um melhor desempenho. (JONES e WOMACK, 2004, p.1).

Azambuja e O'Brien (2007) realizaram uma avaliação qualitativa das ferramentas visuais de modelagem de cadeias de suprimentos da construção. O estudo ressalta que a maioria das ferramentas existentes fornece suporte às decisões táticas da cadeia de suprimento, mas faltam ferramentas que ajudem a tomada de decisões estratégicas e operacionais.

O MFV é a ferramenta desenvolvida pelo *Lean Enterprise Institute* e proposta por Rother e Shook (1999) que tem sido empregada com frequência em pesquisas na área da construção civil (FONTANINI, 2004; BULHÕES 2009; YU et al., 2009).

O MFV é uma ferramenta que ajuda a enxergar e entender o fluxo de material e informações na medida em que o produto segue o fluxo de valor. Além disso, pode ser uma ferramenta de comunicação, uma ferramenta de planejamento de negócios e uma ferramenta para gerenciar o processo de mudança (ROTHER e SHOOK, 1999). A utilização dessa ferramenta segue quatro etapas.

A primeira etapa consiste na seleção de uma família de produtos, ou seja, um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns nos seus processos anteriores;

A segunda etapa é o desenho do estado atual a partir da coleta de informações no chão de fábrica. Os principais dados coletados de um dado processo são: tempo de agregação de valor, tempo de ciclo e tempo de atravessamento (*lead time*). O tempo de agregação de valor é o tempo dos elementos de trabalho que efetivamente transformam o produto de uma maneira que o cliente está disposto a pagar. O tempo de ciclo é a frequência com que uma peça ou produto é realmente completada em um processo (ROTHER e SHOOK, 1999).

A terceira etapa é o desenho do estado futuro (estado que se deseja alcançar). Tanto no mapeamento do estado atual quanto no estado futuro são utilizados ícones e símbolos para representar os fluxos de materiais e informações. A etapa final é a preparação de um plano de trabalho e implantação que descreva como alcançar o estado futuro.

Arbulu e Tommelein (2002) utilizaram essa ferramenta não da mesma forma prescrita por Rother e Shook (1999) com o objetivo de ilustrar como funciona o fluxo ao longo das fases de projeto, aquisição e fabricação de suportes de tubulação. Os autores apresentaram propostas para a eliminação de perdas, a fim de reduzir o *lead time* total de entrega de suportes de tubulação e, assim, melhorar a configuração da cadeia de suprimento.

Fontanini (2004) utilizou o MFV para o estudo da cadeia de suprimento de esquadrias de alumínio e de seus atores (empresa construtora, fabricante de esquadrias de alumínio e fornecedores de matéria-prima). A partir da análise do estado atual, a autora identificou diversos desperdícios tais como: a necessidade de previsão e planejamento com muita antecedência, elevados estoques de matéria-prima e estoque em processo em todos os agentes de fluxo de suprimentos, a ausência de um sistema de informação integrado entre os agentes do fluxo de suprimentos e ausência de integração entre os agentes do fluxo de suprimentos. Além disso, o tempo de atravessamento dessa cadeia foi de 135,3 – 161,3 dias com apenas 5,2 horas de agregação de valor.

Baseada nos passos sugeridos por Womack e Jones (2004), Fontanini (2004) propôs as seguintes melhorias: a criação de um canal de comunicação entre a construtora e o escritório de arquitetura, a adesão da produção puxada, a realização de entregas em lotes menores entre o fabricante de esquadrias e a construtora, a redução de estoques em processo entre cada agente, a criação de um sistema de informação, a criação de reuniões periódicas para a discussão de diretrizes e estratégias para a cadeia como um todo e a instalação de uma pequena unidade do fabricante de esquadrias dentro da obra com o objetivo de criar um fluxo contínuo entre as etapas de fabricação e instalação. Diante da implantação dessas melhorias, a autora estimou que o tempo de atravessamento da cadeia seria reduzido de 161,3 dias para 66,3 dias.

Pasqualini e Zawislak, (2005) também aplicaram o MFV na construção civil. Com um nível de amplitude menor do que utilizado por Fontanini (2004), os autores mapearam cada etapa do processo de alvenaria de um edifício. O mapeamento do estado atual mostrou que a transferência de material entre as etapas do referido processo

produtivo ocorria de forma empurrada e o tempo de atravessamento médio da produção de alvenaria por pavimento era de 60 dias úteis.

Como melhorias para o estado futuro, os autores sugeriram primeiramente a mudança na relação individual entre o cliente e a empresa construtora com o objetivo de estreitar a comunicação entre eles, principalmente antes da definição de medidas que impliquem na customização dos apartamentos. Em segundo lugar, foi sugerida uma relação mais estreita entre a empresa construtora e o escritório de arquitetura com o objetivo de eliminar os longos períodos de espera quando se deseja tirar dúvidas relacionadas ao projeto. Por fim, os autores sugeriram a implantação de um *kanban* de sinalização com instruções do que, quando e por quem deve ser feito cada tarefa no curto e longo prazo com o objetivo de aumentar o comprometimento de todas as pessoas envolvidas no processo com o que havia sido planejado a fim de tornar o fluxo de produção contínuo, eliminando os tempos de parada entre os processos. Com a implantação dessas melhorias, os autores estimaram que o tempo médio de produção de alvenaria por pavimento seria reduzido de 60 dias úteis para 53,71 dias úteis.

Yu et al. (2009) desenvolveram um modelo enxuto para construção de casas através do MFV para alcançar melhorias nas suas etapas construtivas. Os autores realizaram o mapeamento de fluxo de valor de uma das cinco etapas do processo construtivo das casas (fundação). A partir do mapeamento do estado atual, os autores identificaram os seguintes desperdícios: longo tempo de atravessamento da etapa de fundação (causado pelo alto nível de variabilidade) e variação no tempo de ciclo de produção. Algumas das melhorias alcançadas com a utilização da ferramenta e o uso de conceitos do pensamento enxuto foram: a redução de 27 dias úteis do tempo de execução, a redução da percentagem do tempo de espera de 76% para 65% e o aumento da taxa de agregação de valor de 17 % para 26%.

Por sua vez, Bulhões (2009) aplicou a ferramenta no processo de montagem de divisórias de gesso acartonado de um apartamento. Esse processo foi subdividido em quatro sub-processos (marcação, *dry wall* 1, instalação e *dry wall* 2). O tempo de agregação de valor identificado após desenho do estado atual foi de 15,4 h e o tempo de atravessamento de produção era de 3,8 dias. Para a elaboração do estado futuro, a autora utilizou como roteiro as perguntas-chave propostas por Rother e Shook (1999):

1. Qual o tempo takt?
2. Produzir para um supermercado ou diretamente para a expedição?
3. Onde usar o fluxo de processo contínuo?

4. Onde introduzir os sistemas puxados?
5. Em que ponto da cadeia de produção (processo puxador) se programará a produção?
6. Qual incremento de trabalho será liberado uniformemente do processo puxador?
7. Quais melhorias de processo são necessárias?

Na busca de respostas para essas perguntas, a autora propôs as seguintes melhorias: a criação de duas células de trabalho com dois subprocessos cada com o objetivo de criar fluxo contínuo no processo, a redução do tempo de agregação de valor 15,4h para 12,1h através da redução do tamanho do lote de transferência para os processos de marcação e instalação, de 1 apartamento para meio apartamento, a criação de um sistema puxado seqüencial (FIFO) entre as células e o uso de um supermercado entre o processo de *dry wall* e o fornecedor para reduzir o estoque de matérias-primas. Desse modo, a autora estimou que o novo tempo de atravessamento do processo seria igual a 2,4 dias.

O MFV é uma ferramenta que também tem sido utilizada na análise de processos administrativos. Fontanini e Picchi (2008) ressaltam o potencial de aplicação do MFV na redução do tempo de aprovação de projetos em um órgão público da Prefeitura de Campinas. Os autores realizaram um mapeamento do fluxo de valor de desenvolvimento do projeto de um empreendimento habitacional de interesse social (FONTANINI; PICCHI, 2008) e identificaram desperdícios que impactavam diretamente no tempo de atravessamento de conclusão de um projeto, tais como: retrabalho de informações e estoque de projetos que aguardavam uma verificação final de dados.

Melo et al. (2009a) usaram a ferramenta para o estudo do processo de escritura de um apartamento com cessão e transferência dos direitos no escritório de uma empresa construtora. O mapeamento do estado atual analisou o fluxo de nove atividades do processo que ocorre ao longo do escritório da empresa, do cartório de notas e do cartório de imóveis. Esse processo contava com seis pessoas envolvidas (secretária, engenheira, sócio proprietário da empresa, contador e dois clientes). A reorganização das atividades proposta pelos autores a partir da análise do estado atual traria como consequência a redução tanto do tempo de permanência da informação entre as atividades como da movimentação de documentos, além de facilitar na detecção de erros de preenchimento e sua respectiva correção. Os autores estimaram que diante da implantação das melhorias

propostas o tempo de atravessamento do processo seria reduzido de onze dias e três horas para quatro dias.

Lima et al. (2009) empregaram a ferramenta no processo de elaboração do projeto executivo de arquitetura em um órgão público da Prefeitura de Fortaleza. O tempo de atravessamento do processo identificado a partir do mapeamento do estado atual foi de 351 dias. A análise do estado atual identificou que os retrabalhos e o tempo de profissionais gastos com atividades que não agregam valor poderiam ser reduzidos com a re-estruturação de atividades, tais como: serviços gerais de plotagem, corte e dobra de plantas, coleta de assinaturas, carimbos e etiquetas; fornecimento de relatórios com informações dos projetos para outros departamentos internos e externos, atendimento ao telefone dentre outras tarefas corriqueiras da sala técnica. Essas e outras melhorias propostas pelas autoras, se implementadas, poderiam reduzir o tempo de atravessamento do processo para 231 dias.

## **2.4 Considerações Finais**

Este capítulo apresentou o conceito do pensamento enxuto e seus cinco princípios. A partir da apresentação da nova filosofia de produção e seus onze princípios definidos por Koskela (1992), buscou-se discutir três princípios (redução da variabilidade, simplificação através da redução do número de passos e partes e aumento da transparência do processo) relacionados ao gerenciamento da cadeia de suprimento em estudo.

Além disso, foi apresentado o conceito de mapeamento de fluxo de valor, bem como sua utilização. Por fim, foram apresentadas e discutidas pesquisas na área da construção civil que utilizam essa ferramenta.

### 3 GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Este capítulo apresenta inicialmente o conceito de cadeia de suprimentos e seus antecedentes, ou as bases da literatura nas quais o conceito se fundamenta. Em seguida é apresentado o conceito de gerenciamento da cadeia de suprimentos e o seu uso em diferentes setores. As características das cadeias de suprimentos na construção civil, bem como seus focos de gerenciamento são apresentadas. Por fim, são apresentados os conceitos de modularidade e tolerância dimensional, os quais estão diretamente relacionados ao tema da prefabricação discutido nesse estudo.

#### 3.1 Conceito de Cadeia de Suprimentos

Antes de apresentar o conceito de cadeia de suprimentos adotado neste estudo é preciso diferenciá-lo de outros dois termos (cadeias produtivas e cadeias de valores) encontrados na literatura. Aparentemente esses três termos apresentam significados semelhantes, mas são bastante distintos.

Azambuja (2002) ressalta que existem diferenças entre cada um desses termos, dependendo do foco de análise desejado. O conceito de cadeia produtiva está ligado aos vários estágios percorridos pelas matérias-primas, nos quais elas vão sendo transformadas e montadas (ABRAMAT, 2007).

Partindo de uma perspectiva mais ampla, o termo **cadeia produtiva** pode ser definido como um conjunto de atividades executadas por uma rede de indústrias que se articulam progressivamente desde os insumos básicos até o produto final, incluindo distribuição e comercialização (AZAMBUJA, 2002).

O termo **cadeia de valores** foi introduzido e difundido na literatura por Michael Porter (1992). A cadeia de valores “desagrega uma empresa nas suas atividades de relevância estratégica para que se possa compreender o comportamento dos custos e as fontes existentes e potenciais diferenciação” (PORTER, 1992, p. 31).

Por outro lado, o conceito adotado neste estudo para o termo **cadeia de suprimentos** é compreendido como o conjunto de atividades relacionadas com o fluxo e transformação de mercadorias desde o estágio da matéria-prima (extração) até o usuário final, bem como os respectivos fluxos de informação (BALLOU, 2006).

Isatto (2005), por sua vez, define a cadeia de suprimentos de um empreendimento como um sistema composto por múltiplas empresas conectadas através de

ligações comerciais com o propósito de realizar o empreendimento. De acordo com O'Brien et al. (2009), as cadeias de suprimentos são sistemas muito complexos cujo desempenho final depende de uma combinação de centenas de decisões tomadas por várias empresas independentes.

Mentzer et al. (2001) definem cadeia de suprimentos como um conjunto de três ou mais entidades (organizações ou indivíduos) diretamente envolvidas nos fluxos a montante e a jusante de produtos, serviços, finanças e informação de uma fonte para um cliente. Além de fazer uma analogia do termo **cadeia de suprimentos** com um rio onde os produtos e serviços fluem em vez de água, os autores identificam três graus de complexidade da cadeia de suprimentos: cadeia de suprimentos direta, cadeia de suprimentos estendida e cadeia de suprimento final.

A Figura 3.1 ilustra uma cadeia de suprimento direta: consiste em uma empresa, um fornecedor e um cliente envolvidos nos fluxos a montante e a jusante de produtos, serviços, finanças e informação.



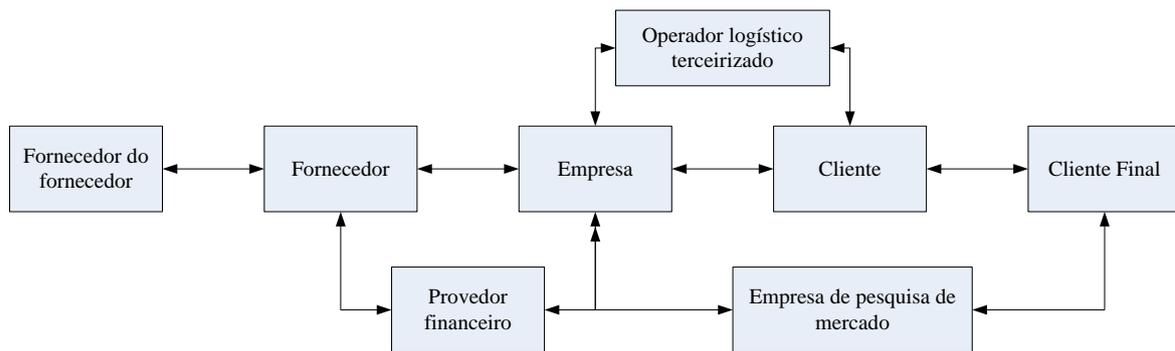
**Figura 3.1** – Cadeia de suprimento direta  
Fonte: Adaptado de Mentzer et al., 2001

A Figura 3.2 mostra uma cadeia de suprimento estendida: consiste em fornecedores do fornecedor imediato e clientes do cliente imediato envolvidos no fluxo a montante e a jusante de produtos, serviços, finanças e informação. Embora nesse arranjo Mentzer et al. (2001) considerem os atores de uma cadeia de suprimentos de forma linear, sabe-se que na prática o fluxo de matérias-primas e produtos/subprodutos é ramificado.



**Figura 3.2** – Cadeia de suprimento estendida  
Fonte: Adaptado de Mentzer et al., 2001

Por fim, a Figura 3.3 ilustra uma cadeia de suprimento final a qual inclui todas as organizações envolvidas nos fluxos a montante e a jusante de produtos, serviços, finanças e informação.



**Figura 3.3** – Cadeia de suprimento final  
 Fonte: Adaptado de Mentzer et al., 2001

Atualmente as empresas e cadeias de suprimentos em geral competem com base em tempo e qualidade. Oferecer para o cliente um produto sem defeito, de forma mais rápida e mais confiável do que a concorrência não é mais visto como uma vantagem competitiva, mas simplesmente um requisito para estar no mercado (MENTZER et al, 2001). Em adição a tempo e qualidade, as empresas também competem com base no preço. Não se pode ignorar que o cliente deseje um produto entregue a tempo e com boa qualidade, mas está disposto a pagar um determinado preço por isso.

É importante ressaltar que diante de todas essas definições aqui apresentadas, é fato que cadeias de suprimentos existem independentemente do fato de elas serem gerenciadas ou não. Para todo produto ou serviço entregue ao cliente existe uma cadeia de suprimentos que apóia as suas atividades e contribui para a entrega do resultado final (produto ou serviço) que o cliente está disposto a adquirir.

### 3.2 Antecedentes do gerenciamento da cadeia de suprimentos

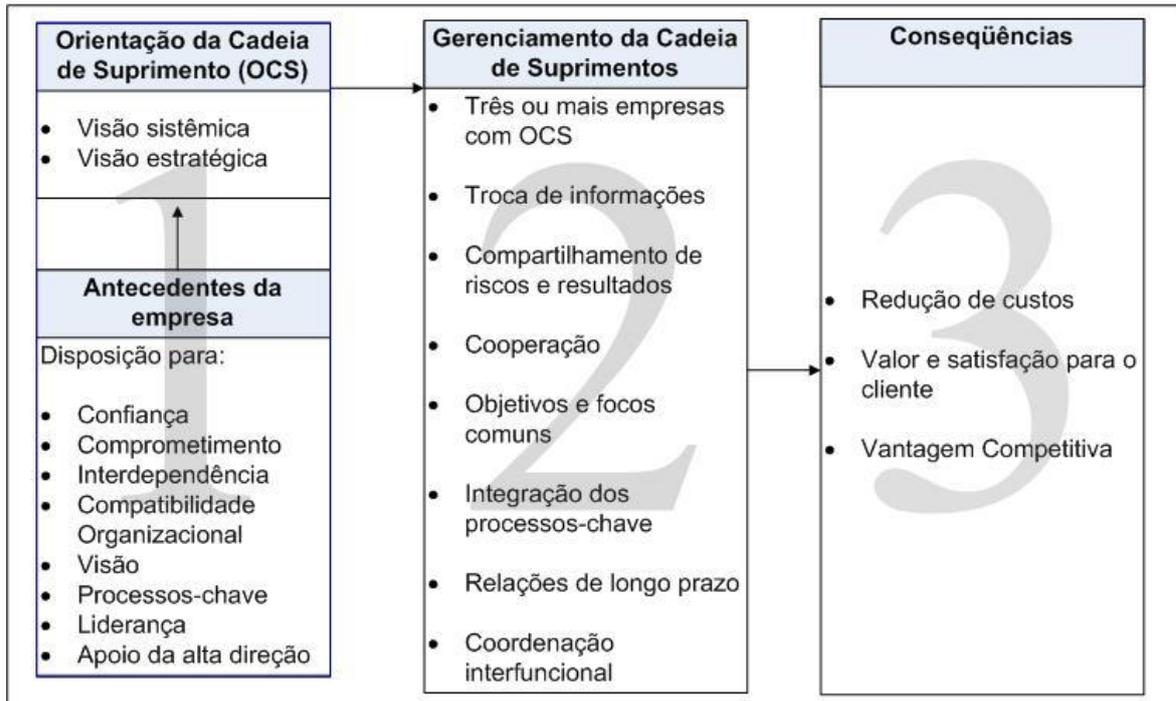
Para Miguel e Brito (2009), o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (GCS) é uma estratégia adotada pelos diversos membros de uma mesma cadeia e para adotá-la, é necessário que cada empresa possua fatores internos que possibilitem a implantação dessa prática.

Com o intuito de definir quais são esses fatores Mentzer et al. (2001) apresentaram o conceito de orientação para a cadeia de suprimentos (OCS) como um construto que antecede o GCS. Segundo esses autores, OCS é o reconhecimento, por parte de uma organização, das implicações estratégicas e sistêmicas das atividades táticas

envolvidas na gestão dos diferentes fluxos de uma cadeia de suprimento. Nesse sentido, uma empresa possui essa orientação quando percebe as implicações de gerenciar os fluxos de produtos, serviços, finanças e informação entre seus fornecedores e clientes. As principais dimensões da OCS são: confiança, comprometimento, interdependência, compatibilidade organizacional, visão, processos-chave, liderança e apoio da alta direção. (MENTZER et al., 2001).

Confiança e comprometimento levam diretamente a comportamentos cooperativos na implantação da OCS através de várias empresas para alcançar o GCS (MENTZER et al., 2001). A confiança em uma empresa é caracterizada por duas dimensões importantes: benevolência e credibilidade, e é o antecedente do GCS mais estudado em pesquisas empíricas (MIGUEL e BRITO, 2009). A dependência mútua de uma empresa com um parceiro (interdependência) refere-se à necessidade da empresa de manter um relacionamento com um parceiro para alcançar seus objetivos. Compatibilidade organizacional em uma cadeia de suprimento significa que as todas as empresas devem ter OCS para alcançar o GCS. É importante haver conformidade entre a visão e os processos-chave do GCS (MENTZER et al., 2001). Na maioria das vezes, uma determinada empresa pode assumir a liderança de uma cadeia de suprimento em virtude de seu tamanho, poder econômico, patrocínio dos clientes, entre outras características (BOWERSOX e CLOSS, 1996). O apoio da alta direção considera que a liderança da empresa reconhece a importância e os benefícios do GCS e participa diretamente do desenvolvimento do relacionamento, alocando pessoas e recursos para sua implantação (CHEN e PAULRAJ, 2004).

A Figura 3.4 ilustra o modelo teórico proposto por Mentzer et al. (2001) em que o GCS é visto de um modo mais amplo, englobando antecedentes, atividades centrais e conseqüentes. Esse modelo permite a conjunção e análise de um maior número das variáveis (confiança, comprometimento, interdependência, compatibilidade organizacional, visão, processos-chave, liderança e apoio da alta direção) que compõem a cadeia de suprimentos (TEIXEIRA e LACERDA, 2009).



**Figura 3.4** – Modelo teórico de antecedentes e conseqüentes da gestão da cadeia de suprimentos  
 Fonte: Adaptado de Mentzer et al. (2001)

A orientação da empresa e os antecedentes formam o primeiro grupo de variáveis que são necessárias à formação de uma cadeia de suprimentos. Os atores de uma cadeia de suprimentos têm que estar dispostos a ter confiança e comprometimento entre si para que possam se tornar interdependentes e compartilhar a mesma visão para a cadeia de suprimentos. No entanto, para que isso seja possível é necessário o apoio do líder e da alta direção da organização (TEXEIRA e LACERDA, 2009).

O segundo grupo de variáveis do modelo é formado pelas atividades de gerenciamento da cadeia de suprimentos. Para que o GCS possa de fato existir é necessário que três ou mais empresas tenham uma OCS de forma que compartilhem dos mesmos objetivos e da mesma visão estratégica, riscos e resultados (MENTZER et al., 2001). Esse compartilhamento pressupõe que as empresas cooperem entre si, troquem informações, integrem os processos-chave de maneira que possam ter um relacionamento de longo prazo.

O terceiro grupo de variáveis do modelo é formado pelas conseqüências do GCS. Espera-se que o GCS proporcione a redução de custos, a melhoria de desempenho e o maior valor e satisfação aos clientes das empresas envolvidas na cadeia (MENTZER et al., 2001).

Com o intuito de fornecer novos insights para o debate sobre GCS e seus antecedentes, Miguel e Brito (2009) realizaram um estudo empírico no Brasil que testa o impacto previsto pela teoria de quatro antecedentes sobre o GCS utilizando-se do modelo de equações estruturais. Contudo, a relação causal entre quatro antecedentes (credibilidade, benevolência, apoio da alta gerência da empresa e relacionamentos internos) e o GCS não pôde ser confirmada nesse estudo, visto que as relações não foram estatisticamente significantes. Uma possível explicação apontada por Miguel e Brito (2009) para o fenômeno é o ambiente brasileiro caracterizado por uma demanda volátil e instável e marcado por relações comerciais pontuais e poder de barganha entre os membros de uma cadeia.

Pesquisas como a realizada por Miguel e Brito (2009) contribuem para aprimorar o conhecimento de GCS. Esse ainda é um tema complexo que envolve um conjunto grande de variáveis e relacionamentos. Teixeira e Lacerda (2009) ressaltam que além de existir relações entre as variáveis do modelo de Mentzer et al. (2001) não explicadas, existem ainda variáveis não exploradas. Essas proposições ajudam a mostrar que o GCS é uma área do conhecimento jovem em que não há até mesmo um consenso sobre o conceito de GCS. Desse modo, o conceito de GCS é discutido no próximo item.

### **3.3 Conceito de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**

O gerenciamento da cadeia de suprimentos (GCS, ou SCM, do inglês *Supply Chain Management*) é um conceito que tem suas origens na distribuição física e transporte, e recentemente concentrou-se em relações mais estreitas entre as partes envolvidas no fluxo de mercadorias do fornecedor para o usuário final (BRISCOE et al, 2001).

Em geral, o GCS visa melhorar o desempenho das empresas através da eliminação de desperdícios e melhor aproveitamento das capacidades de fornecedores internos e externos e tecnologia para criar uma cadeia de suprimento perfeitamente coordenada (TAN, 2001).

Como campo de conhecimento, o GCS encontra-se em um processo de consolidação teórica e transição de um início mais prático e gerencial para um campo próprio fundamentado e conectado com outras áreas de conhecimento (MIGUEL e BRITO, 2009).

Sobre esse tema, Tan (2001) propõe um modelo teórico dividido em duas áreas: (1) Compra e Suprimentos; e (2) Transporte e Logística. O objetivo de curto prazo da primeira área é aumentar a produtividade e reduzir o estoque e tempo de ciclo, enquanto que o objetivo estratégico de longo prazo é aumentar a satisfação dos clientes, quota de mercado e lucros para todos os membros da organização virtual. Por outro lado, a segunda área incorpora o foco na logística e nas decisões estratégicas da empresa.

Com o objetivo de contribuir para o avanço nesse campo de conhecimento, Chen e Paulraj (2004) realizaram uma extensa revisão de literatura e identificaram dezoito construtos relevantes na literatura sobre GCS. Os construtos identificados foram: incerteza ambiental, foco no cliente, apoio da alta gerência, estratégia de suprimento (prioridades competitivas, compra estratégica), tecnologia da informação, estrutura da rede de suprimentos, gerenciamento das relações comprador/fornecedor (redução da base de fornecedores, relacionamento de longo prazo, comunicação, equipes multifuncionais, envolvimento do fornecedor), integração logística, medição de desempenho da cadeia de suprimentos (desempenho do fornecedor e desempenho do comprador).

Apesar dos construtos do GCS apontados por Chen e Paulraj (2004) e por outros pesquisadores como Min e Mentzer (2004) e Tracey et al. (2004), não há um consenso sobre um conjunto comum de construtos sobre GCS. Desse modo, Burgess et al. (2006) decidiram consolidar em uma lista os construtos propostos por esses pesquisadores. O resultado final foi uma lista composta por sete construtos que se dividem em dois grandes grupos. No primeiro grupo estão os construtos que lidam com as relações sociais (liderança e relações intra e inter-organizacional) e no segundo grupo se concentram os construtos ligados às questões tecnológicas e de infra-estrutura (logística, orientação para melhoria de processo, sistema de informação e resultado de negócios).

Burgess et al. (2006) afirmam que o pouco consenso acerca das bases conceituais e de metodologia de pesquisa do GCS tem contribuído para a existência de lacunas na base de conhecimento desse campo. A partir da análise de 100 artigos publicados em periódicos, os mesmos autores apontam algumas características dessa área do conhecimento, tais como:

- Modelo teórico sobre GCS em processo: A falta de consenso na definição do GCS sugere a imaturidade desse campo do conhecimento visto que um bom indicador do nível de maturidade de um campo do conhecimento é fornecido pela atitude dos pesquisadores na definição de conceitos-chave (BURGESS et al. 2006).

- Predomínio da economia de custos de transação e da estratégia competitiva como fundamentação teórica: uma vez que mais de uma teoria está sendo utilizada nesse campo do conhecimento, parece que há uma forte sugestão de que uma única teoria existente não pode explicar adequadamente tudo que envolve o GCS.
- Posturas paradigmáticas positivistas nos métodos de pesquisa empregados: A relativa ausência de pesquisas não-positivistas tem o potencial de restringir o campo de GCS para um único paradigma, impedindo o seu maior desenvolvimento e aceitação.
- Utilização de análise conceitual, levantamento e estudo de caso como estratégias de pesquisa: O motivo da ausência de pesquisas experimentais encontra-se na natureza multidisciplinar do GCS que torna difícil distinguir e controlar todas as variáveis, especialmente as sociais e culturais; e no fato do GCS envolver atividades críticas em que as organizações são relutantes em realizar experiências, devido ao alto risco de conseqüências adversas. Por esse motivo Alves e Tommelein (2007) sugerem o uso de simulação computacional como uma forma de realizar estudos sobre cadeias de suprimentos, visto que se pode avaliar diferentes configurações e seus efeitos nesses sistemas.

Segundo Tan (2001) o termo **gerenciamento da cadeia de suprimento** é usado de várias maneiras, mas três denominações distintas predominam na literatura. Em primeiro lugar, o GCS pode ser usado como sinônimo para descrever as atividades de aquisição e fornecimento dos fabricantes. Em segundo lugar, pode ser usado para descrever a função de transporte e logística dos comerciantes e varejistas. Finalmente, pode ser usado para descrever todas as atividades que agregam valor desde o extrator de matérias-primas até os usuários finais, incluindo a reciclagem.

Segundo Christopher (2005), o GCS é definido como o gerenciamento de montante à jusante das relações com fornecedores e clientes para entregar algo com maior valor agregado ao cliente ao menor custo para a cadeia de suprimentos como um todo.

O gerenciamento da cadeia de suprimentos é um conjunto de abordagens utilizadas para integrar de forma eficiente fornecedores, produtores, depósitos e lojas, de modo que o produto seja produzido, e distribuído nas quantidades certas, nos locais certos, de forma a minimizar os custos globais do sistema enquanto se satisfazem os níveis de serviços definidos (SIMCHI-LEVI et al., 2003, p. 18).

A definição proposta por Simchi-Levi et al. (2003) leva a várias observações, tais como:

- O GCS leva em consideração todas as empresas que têm um impacto sobre o custo e desempenha um papel na produção de um produto em conformidade com as necessidades dos clientes.
- O objetivo do GCS é que todas as organizações envolvidas na cadeia de suprimentos sejam eficientes e rentáveis.
- Pelo fato do GCS girar em torno da integração eficiente dos fornecedores, fabricantes, armazéns e lojas, o mesmo engloba atividades da empresa em diversos níveis, desde o nível estratégico, passando pelo tático até o nível operacional.

### **3.4 Cadeias de Suprimentos na Construção Civil**

As principais características das cadeias de suprimentos da construção civil relacionam-se com as peculiaridades desse setor: fragmentação, sistema de produção por projetos, projetos únicos (KOSKELA, 1992).

Diante desse contexto da indústria da construção civil, Vrijhoef e Koskela (2000) caracterizam as cadeias de suprimentos dessa indústria como: convergentes, temporárias e do tipo “*make-to-order*” (produtos feitos a partir de uma solicitação).

A primeira característica (convergente) refere-se ao fato dos suprimentos serem direcionados a um só local (canteiro de obras) onde são montados. A segunda característica (temporária) vem do fato de as construções serem organizações temporárias formadas para suprir e construir um projeto único. Instabilidade, fragmentação e separação entre projeto e execução são as principais conseqüências dessa característica. Por fim, a explicação para a terceira característica é conseqüência do fato de que cada projeto cria um novo produto ou protótipo. Em cadeias de suprimentos do tipo “*make-to-order*”, partes e componentes são fabricados e depois montados (GUNASEKARAN e NGAI, 2005). Isso é verdade para vários tipos de produto. A diferença está onde a fabricação e a montagem ocorrem: se nos mesmos locais ou em locais diferentes.

Voordijk et al. (2000) ressaltam que as cadeias de suprimento na indústria da construção consistem de três subsistemas: O primeiro é a produção de matérias de construção e componentes. Por causa do baixo valor desses produtos, o foco do

planejamento de produção dos fabricantes concentra-se principalmente no aumento da eficiência do processo de fabricação. O segundo subsistema é a construção propriamente dita e o terceiro subsistema é o projeto que é responsável pela descrição da aparência, *layout*, as funções do edifício ou de um produto de engenharia, desenhos detalhados e especificações de cada parte.

Segundo Voordijk et al. (2000), problemas como a fraca coordenação entre projeto, execução e subsistemas de fabricação e a elevada fragmentação da indústria têm levado várias empresas a assumir uma posição dominante em cadeias de suprimento da construção civil através da implantação do GCS. Os profissionais que assumem essa posição (arquiteto, empreiteiro e fornecedor/fabricante) exercem a função de dirigir a cadeia de suprimento como um todo com o objetivo de melhorar a eficiência, reduzir os custos de coordenação e oferecer ao cliente um pacote total de construção, desde a concepção até a entrega de um empreendimento.

Em uma cadeia de suprimento dirigida por um arquiteto, o cliente discute o planejamento e realização da obra com este profissional e o autoriza a comprar materiais e subempreitar serviços. Quando uma cadeia de suprimento está sob a direção do empreiteiro, o cliente tem um contrato com uma empresa construtora que assume o risco durante a fase de projeto e execução sendo o principal responsável pelo resultado final da obra. Quando o fornecedor assume o papel de diretor de uma cadeia de suprimento, fabricantes de materiais de construção assinam com o cliente um acordo contratual de fabricação e montagem da obra (VOORDIJK et al., 2000).

De modo geral, os profissionais da construção vêem o GCS como um meio de melhorar o desempenho operacional, ao invés de uma mudança fundamental na maneira como fazem negócios (GREEN et al, 2005).

Além disso, estudos anteriores revelaram barreiras na adoção das práticas de gestão da cadeia de suprimento empregadas na indústria em geral para a indústria da construção e seus subsistemas. Uma dessas barreiras é a forma como ocorrem as transações comerciais que acabam por determinar a configuração final dos sistemas de suprimento (ARBULU e BALLARD, 2004). Essa configuração é uma das etapas do processo de modelagem de cadeias de suprimentos da construção civil.

### 3.5 Modelagem da cadeia de suprimentos na construção civil

Azambuja e O'Brien (2009) propõem um modelo teórico para a modelagem de cadeias de suprimento da construção civil. O modelo é composto por cinco etapas sequenciais que suportam o processo de modelagem. As etapas são descritas a seguir.

A primeira etapa consiste na definição do objetivo da modelagem da cadeia. Existem diversos objetivos para se modelar uma cadeia de suprimento que variam desde a escolha de uma melhor configuração entre os atores da cadeia até a redução do tempo de atravessamento do produto (AZAMBUJA e O'BRIEN, 2009). A segunda etapa da modelagem é o estabelecimento das medidas de desempenho (métricas) que estão associadas ao objetivo da modelagem. A terceira etapa é determinar o tipo de produto cuja cadeia vai ser modelada. De acordo com Azambuja e O'Brien (2009), o tipo de produto pode fornecer informações valiosas sobre os limites e nível de detalhamento da modelagem.

Segundo esses mesmo autores, a quarta etapa de modelagem é a definição da configuração da cadeia de suprimento. Nesta etapa, os elementos (os atores da cadeia, os processos, as atividades, o fluxo de materiais, fluxo de informações, estoques e recursos) são organizados para elaborar a modelagem da cadeia. A quinta e última etapa da modelagem é caracterizar os elementos definidos na etapa anterior. Cada um desses elementos tem um conjunto de atributos que são necessários na melhoria do poder descritivo da modelagem da cadeia (AZAMBUJA e O'BRIEN, 2009).

A modelagem proposta por Azambuja e O'Brien (2009) é semelhante ao que o MFV sugere, pois a ferramenta proposta por Rother e Shook (1999) e descrita no capítulo anterior pode ser usada para um processo, uma fábrica, uma cadeia de suprimentos. Além disso, permite a visualização dos fluxos de material e informações na medida em que o produto segue o fluxo de valor.

De modo a contribuir para a compreensão da estrutura e do funcionamento das cadeias de suprimentos da construção civil e ilustrar como as mesmas interagem com o canteiro de obras, Vrijhoef e Koskela (2000) buscaram definir os focos do GCS na construção civil para indicar onde os esforços devem estar centrados dependendo da meta que se deseja alcançar. Os quatro focos propostos por esses autores são citados abaixo e ilustrados na Figura 3.5.

1. Foco na interação entre o canteiro de obras e seus fornecedores;
2. Foco na cadeia que fornece suprimentos ao canteiro de obras;
3. Foco na transferência de atividades do canteiro para outras localidades;
4. Foco no gerenciamento integrado da cadeia de suprimentos com o canteiro de obras.



**Figura 3.5** – Os focos do gerenciamento da cadeia de suprimentos na construção  
 Fonte: (Adaptado de Vrijhoef e Koskela, 2000)

O primeiro foco tem como meta reduzir os custos e as durações das atividades realizadas no canteiro. A principal preocupação é estabelecer um fluxo contínuo de materiais e mão-de-obra para o canteiro de modo que não haja interrupções no fluxo de trabalho. Esta meta pode ser alcançada através de uma maior atenção na relação entre o canteiro e seus fornecedores diretos. A construtora está na melhor posição de adotar este foco, visto que ela executa as atividades do canteiro.

O segundo foco concentra-se na cadeia de suprimentos propriamente dita e tem como meta reduzir os custos logísticos, o tempo de fornecimento (*lead time*) e os estoques da cadeia. Os fornecedores de materiais e componentes também podem adotar esse foco.

O terceiro foco preocupa-se em transferir atividades do canteiro para estágios iniciais da cadeia de suprimentos com a justificativa de tirar proveito de ambientes com melhores condições de controle de qualidade. A meta novamente é reduzir custos e durações. Fornecedores ou construtoras podem adotar esse foco. Esse foco “requer maior planejamento em termos de projeto e operação de canteiro” pois busca integrar soluções prefabricadas com as atividades que ocorrem na obra (ALVES e TOMMELEIN, 2007, p.34) sendo necessário maior controle dimensional, atenção às mudanças de projeto devido a alterações na obra, e intensa comunicação entre canteiro e fornecedor para evitar a formação de estoques de produtos que não são imediatamente necessários.

O quarto foco é o mais abrangente de todos e tem como meta melhorar o desempenho global da cadeia de suprimentos através da colaboração de todos os participantes da cadeia: fornecedores, empresas construtoras, empreiteiros e clientes.

Com base no terceiro foco do GCS para a construção civil, conforme indicado por Vrijhoef e Koskela (2000), definiu-se a primeira hipótese de trabalho adotada nesse estudo: *os fabricantes estão em melhor posição para executar determinadas tarefas e oferecer melhores produtos que podem ser instalados mais rapidamente no canteiro, visto que as atividades que seriam realizadas em condições subótimas no canteiro são realizadas no ambiente controlado das fábricas.*

### 3.6 A cadeia de suprimentos de portas de madeira

A colonização portuguesa trouxe para o Brasil as características artesanais das portas de madeira que eram fabricadas inicialmente sob medida. A partir da verticalização das grandes cidades, o uso e a padronização de portas semi-ocas nas áreas internas das edificações em substituição às portas maciças artesanais passou a ser exigido. Foi o início da industrialização da porta no Brasil, que alterava e dividia o processo de aquisição em duas etapas: a do marco, adquirida em uma carpintaria local, e a da folha de porta (REVISTA TÉCHNE, 2000).

De acordo com Yazigi (1997), a porta é definida como um conjunto funcional formado por batente (ou marco), alisar (ou guarnições) e folha (na qual são fixadas as ferragens). O batente é o elemento fixo que garante o vão da parede onde se prende a folha de porta, e que tem um rebaixo contra o qual a folha de porta se fecha. O alisar (ou guarnição) é a peça fixada ao batente e destinada a emoldurá-lo. A folha é a parte móvel da porta. As folhas de portas não devem apresentar defeitos sistemáticos relativos a dimensões, formato das folhas (esquadro e planeza) e aspecto superficial (presença de nós, bolsas de resina, manchas, irregularidades de superfícies etc). A Figura 3.6 ilustra esses principais componentes:



**Figura 3.6** – Componentes de uma porta  
**Fonte:** Revista Téchne (2005)

As folhas de portas podem ser de madeira maciça (geralmente as externas) ou constituída de quadro de madeira maciça, miolo vazado e chapadas nas duas faces com uma capa que lhes dá o aspecto final. Essa capa pode ser destinada a receber pintura ou pode estar acabada. A fabricação das folhas de porta pode ser dos tipos:

- Lisas: constituída de um núcleo e capeada nas duas faces.
- Almofada: confeccionada com madeira maciça, com duplo rebaixo.
- Calha ou mexicana: feita com sarrafos do tipo macho-e-fêmea, presos por meio de travessas respectivamente sobrepostas ou embutidas, tarugadas ou parafusadas.

As larguras padronizadas de folha são: 62 cm, 72 cm, 82 cm ou 92 cm, a altura padronizada é de 2,11 m e a espessura de folha interna de 35 mm (YAZIGI, 1997).

As portas de madeira podem ser classificadas tanto quanto ao uso a que se destinam como pelo movimento de abertura. As variantes quanto ao uso são: porta externa, porta interna e porta de entrada, podendo ser resistentes à umidade ou não. As variantes quanto ao movimento de abertura são: de abrir com uma, duas ou quatro folhas, pivotante, sanfonada e de correr, com uma ou mais folhas fixas ou não (REVISTA TÉCHNE, 2005).

O surgimento da porta pronta no início da década de 90 foi outro marco importante na industrialização da porta de madeira. A porta pronta é a transformação dos vários componentes e etapas de serviço de instalação de portas de uma obra em um sistema composto de kits pré-fabricados, padronizados e compatibilizados com os demais componentes construtivos da obra industrializada (REVISTA TÉCHNE, 2000).

A utilização de portas prontas requer maior precisão não só do vão, mas também das paredes laterais (GEHBAUER et al, 2002). Para atender às características construtivas e a falta de precisão na execução dos vãos (principalmente no caso de paredes em alvenaria), o sistema porta pronta no Brasil foi lançado com o uso da espuma de poliuretano para fixação, o que possibilita uma tolerância de aproximadamente dois cm nos vãos de instalação (REVISTA TÉCHNE, 2000).

Com base nos atributos e benefícios comumente associados às portas prontas, a segunda hipótese de trabalho foi definida nesta pesquisa: *portas prontas têm menor tempo de fornecimento (lead time) para a fabricação e instalação no canteiro e apresentam menos problemas quando comparadas com portas de madeira utilizadas em empreendimentos habitacionais de interesse social.*

A fabricação das portas prontas e o seu uso no canteiro de obras deve ser discutido com base em dois conceitos relacionados ao tema da pré-fabricação: modularidade e tolerância dimensional, os quais são discutidos nos itens seguintes.

### **3.7 Modularidade do produto**

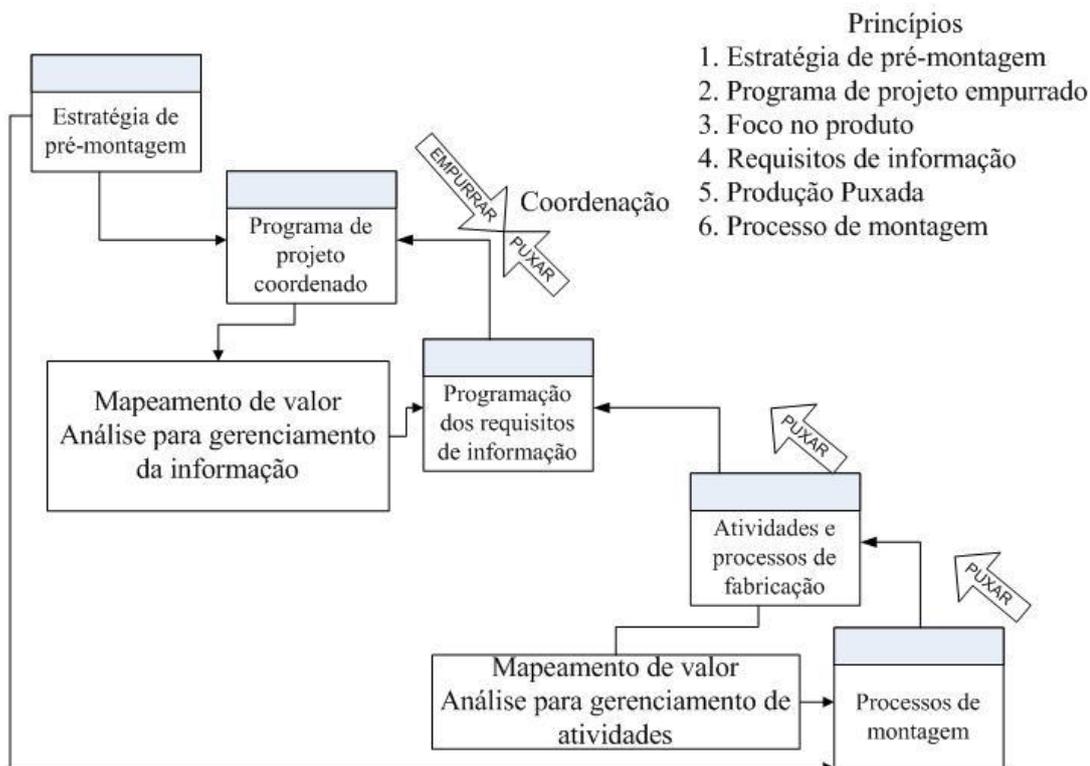
Tendo-se em vista que as empresas em uma cadeia de suprimento trabalham com inúmeros parceiros, a padronização dimensional é um fator essencial para que os produtos e serviços fluam de uma empresa para a outra de forma contínua. Nesse sentido, os conceitos de tolerância e modularidade são fundamentais, pois tratam da padronização e dos limites dimensionais de um produto.

Os conceitos de modularidade do produto surgiram na década de 1960 (LAU ET AL., 2010). A modularidade é um conceito fragmentado e não pertence a uma área específica do conhecimento. Mesmo diante da complexidade de definição, a modularidade deve ser definida como a intercambialidade de peças alternativas de um produto (STAR, 2010).

A Coordenação Modular é definida por Mascaró (1976, p. 20) como “um mecanismo de simplificação e inter-relação de grandezas e de objetos diferentes de procedência distinta, que devem ser unidos entre si na etapa de construção (ou montagem), com mínimas modificações ou ajustes”. Por sua vez, Greven (2000) traz uma definição mais ampla desse conceito e define a coordenação modular como a ordenação dos espaços na construção civil. De acordo com Greven e Baldauf (2007), para que os objetivos da cadeia produtiva da construção civil brasileira (aumento de produtividade, redução do custo dos insumos e a conformidade com as normas vigentes) sejam alcançados é necessário que: os insumos estejam em conformidade com as normas regulamentadoras, os conceitos de Coordenação Modular estejam contemplados nessas normas e que esses conceitos estejam incorporados nas práticas dos outros membros da cadeia.

A modulação e pré-fabricação de componentes têm fornecido uma base para a compatibilidade entre os elementos e subsistemas de uma edificação (PASQUIRE e CONNOLLY, 2003). Com o uso cada vez maior de componentes pré-fabricados na construção civil, os projetistas devem estar mais familiarizados com o conceito de projeto orientado à fabricação e montagem (ou DFMA, do inglês *Design for Manufacture and Assembly*).

Pasquire e Connolly (2003) definem esse conceito como a atividade de projetar da melhor forma de modo que os componentes se encaixem para atender os ideais de fabricação e instalação. A Figura 3.6 ilustra a estratégia e os seis princípios do projeto orientado à fabricação e montagem segundo Pasquire e Connolly (2003). A estratégia da pré-montagem requer que os processos de fabricação e montagem sejam puxados pelo projeto. A interface entre o sistema empurrado e puxado precisa ser coordenada de forma que as técnicas de montagem sejam otimizadas.



**Figura 3.7** - Estratégia e princípios do projeto orientado à fabricação e montagem  
Fonte: Adaptado de Pasquire e Connolly (2003)

Pasquire e Connolly (2003) identificaram quatro aspectos do processo construtivo e do processo de projeto que podem afetar negativamente no uso dos pré-fabricados:

1. Alterações nas medidas padronizadas dos componentes pré-fabricados
2. A não consideração de componentes pré-fabricados na fase de projeto
3. Atraso na tomada de decisão sobre o uso de componentes pré-fabricados
4. A não consideração do impacto do uso de componentes pré-fabricados no edifício como um todo.

Em primeiro lugar, os problemas com as medidas padronizadas dos componentes pré-fabricados não são resultantes do processo de projeto, mas muitas vezes do processo construtivo em si em que muitas vezes é necessário fazer ajustes nas dimensões do componente para garantir o encaixe adequado. Isso acaba por gerar desperdícios de material. Em segundo lugar, a utilização de componentes pré-fabricados deve ser incorporada desde a etapa inicial de projeto. Em terceiro lugar, o projeto é iniciado freqüentemente de forma tradicional e a decisão de utilizar componentes pré-fabricados é tomada com atraso gerando a necessidade de projetar novamente. Por fim, não é apenas o projeto do próprio componente que deve ser considerado, mas também o impacto do uso de tais componentes no restante da estrutura do edifício, pelo menos em termos de espaço, a carga e método de construção e também acesso para a instalação e posterior manutenção e reparação (PASQUIRE E CONNOLLY, 2003).

Em adição a esses aspectos é necessário o reconhecimento dos fatores que permitem o aproveitamento das vantagens advindas da pré-fabricação. Diante disso, Pasquire e Connolly (2003) identificaram os seguintes fatores estratégicos na implantação do uso de pré-fabricados:

1. O empreendimento deve se adequar ao modelo estratégico da empresa fabricante.
2. O cliente final e a equipe de produção devem compartilhar um desejo de alta qualidade de operação, engenharia e produto.
3. O projeto do empreendimento deve ser adequado para a fabricação.
4. O gerenciamento do canteiro deve reconhecer e estar comprometido com os requisitos da instalação dos pré-fabricados.
5. Um protocolo de implantação do uso de pré-fabricados é necessário para que todos os participantes do empreendimento compreendam os processos de mudança e como devem remover restrições, evitando a tentação de recorrer às formas tradicionais diante da primeira dificuldade.
6. Todos os participantes do empreendimento devem estar comprometidos com a melhoria contínua.
7. A grande oportunidade para atender as necessidades do cliente de pré-fabricação é onde há uma demanda por velocidade de instalação e de produtos de alta qualidade.
8. Pré-fabricação deve ser uma exigência da especificação.
9. Pré-fabricação funciona melhor se for “puxada” pelos clientes.

Dentre os nove fatores identificados por Pasquire e Connolly (2003), o fator 4 que discute o comprometimento com os requisitos da instalação dos pré-fabricados por parte do gerenciamento do canteiro merece especial destaque. Muitos desses requisitos de instalação estão relacionados com as variações dimensionais encontradas frequentemente em canteiro de obras. Essa questão é discutida com mais detalhes no próximo item.

### **3.8 Tolerância Dimensional**

As diferenças entre as dimensões especificadas e as dimensões reais dos componentes pré-fabricados e da construção final acabam sendo inevitáveis devido à falta de atenção dada a esse problema. As variações ocorrem tanto na fábrica quanto no canteiro de obras. Porém essas variações devem ser examinadas desde o início do projeto preliminar e discutidas o mais cedo possível com os fabricantes de componentes pré-fabricados.

Segundo Milberg e Tommelein (2003), as variações não são vistas como um problema porque elas raramente são medidas e as causas e efeitos dos problemas oriundos da falta de atenção às tolerâncias dimensionais não são bem compreendidos e muitas vezes permanecem invisíveis. Além disso, os passos e estratégias utilizadas pelos contratantes para lidar com tolerâncias geométricas são muitas vezes baseadas puramente no conhecimento tácito dos envolvidos com o processo construtivo.

Milberg e Tommelein (2003) apontam quatro motivos pelos quais profissionais da construção civil dão pouca atenção às tolerâncias:

1. Falta de dados sobre a variação geométrica nos processos construtivos.
2. Falta de clareza sobre quem é responsável por gerenciar as tolerâncias. A tendência é “empurrar” a responsabilidade, culpar o outro e confiar na mão-de-obra qualificada que acaba resolvendo os problemas relacionados à tolerância dimensional e retrabalho.
3. As práticas de contabilidade de custos usualmente utilizadas para absorver as variações geométricas.
4. A dificuldade em visualizar e descrever as variações geométricas e suas respectivas acumulações.

De acordo com Milberg (2007), as variações na definição das tolerâncias geométricas são mais uma forma de variabilidade. Se as tolerâncias não são devidamente

gerenciadas no âmbito do sistema de produção, problemas (procedimentos não padronizados, modificações de campo, partes não-padronizadas, fabricação sob encomenda, desajustes que não atendem às especificações do projeto, etc.) vão surgir durante as etapas de fabricação e construção. Problemas como esses levam à baixa qualidade final do produto, retrabalho e grandes variações no fluxo de trabalho, ou seja, redução de valor e aumento de desperdício.

### 3.9 Considerações Finais

Este capítulo buscou inicialmente diferenciar o termo cadeia de suprimentos de outros dois termos (cadeias produtivas e cadeias de valores) encontrados na literatura. Em seguida foi apresentado o conceito de orientação para a cadeia de suprimentos (OCS) como um construto que antecede o GCS.

Além disso, foi realizada uma revisão sobre a definição e os objetivos do GCS. Foi apresentado um modelo teórico para a modelagem de cadeias de suprimento da construção civil. Em seguida foi abordado como a literatura sugere que o GCS pode ser empregado na construção civil. Buscou-se no final deste capítulo apresentar e discutir os conceitos de modularidade do produto e tolerâncias dimensionais de modo a reforçar a sua importância dentro do tema estudado por esse trabalho.

Por fim, merece destaque a definição das duas hipóteses de trabalho (HTs) derivadas da revisão bibliográfica:

- HT1: *os fabricantes estão em melhor posição para executar determinadas tarefas e oferecer melhores produtos que podem ser instalados mais rapidamente no canteiro, visto que as atividades que seriam realizadas em condições subótimas no canteiro são realizadas no ambiente controlado das fábricas.*
- HT2: *portas prontas têm menor tempo de fornecimento (lead time) para a fabricação e instalação no canteiro e apresentam menos problemas quando comparadas com portas de madeira utilizadas em empreendimentos habitacionais de interesse social.*

## **4 MÉTODO DE PESQUISA**

Este capítulo apresenta o método de pesquisa utilizado nesta dissertação. Inicialmente é apresentada a abordagem geral da pesquisa seguida da descrição do processo de seleção da estratégia de pesquisa adotada. Por fim, é apresentado e discutido o delineamento da pesquisa através das suas fases.

### **4.1 Estratégia de Pesquisa**

A abordagem geral da pesquisa ou o paradigma de pesquisa está relacionado com o progresso de prática científica baseado em filosofias e suposições de pessoas sobre o mundo e a natureza do conhecimento (COLLIS e HUSSEY, 2003). Esses mesmos autores ressaltam a importância de reconhecer e entender o paradigma do pesquisador, visto que ele vai determinar como a pesquisa vai ser conduzida.

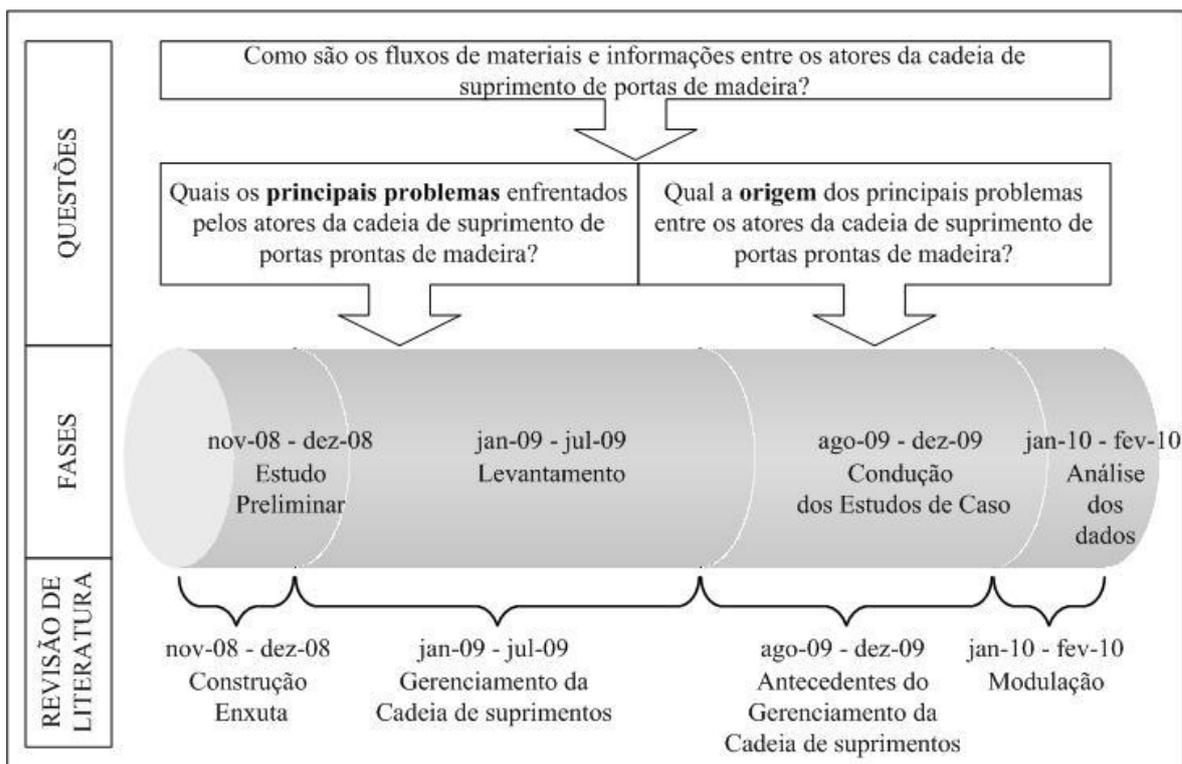
A questão principal da pesquisa “Como melhorar os fluxos de materiais e informações entre os atores da cadeia de suprimento de portas prontas de madeira?” sugere a adoção de um dos quatro paradigmas propostos por Burrell e Morgan (1979), especificamente, o paradigma funcionalista.

De acordo com Morgan (1980), qualquer paradigma metateórico pode incluir diversas escolas de pensamento que frequentemente constituem diferentes maneiras de abordar e estudar uma realidade compartilhada. O paradigma funcionalista possui uma perspectiva reguladora e prática que busca entender a sociedade de maneira a gerar conhecimento empírico útil em que o cientista se distancia da cena que analisa por meio do rigor e das técnicas dos métodos científicos.

Diante do paradigma adotado pelo pesquisador e da questão principal dessa pesquisa, adotou-se o estudo de caso como estratégia de pesquisa. De acordo com Yin (2001), essa estratégia de pesquisa é utilizada quando o pesquisador almeja lidar com condições contextuais que sejam relevantes ao seu fenômeno de estudo. Yin (2001) define o estudo de caso como “uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.”

### **4.2 Delineamento da Pesquisa**

Esta pesquisa está dividida em quatro etapas. A revisão de literatura foi realizada ao longo de todas as fases da pesquisa, conforme ilustrado na Figura 4.1.



**Figura 4.1** – Delineamento da pesquisa

Fonte: Autor

#### 4.2.1 Primeira fase: Estudo preliminar

A primeira fase da pesquisa envolveu a definição do problema de pesquisa a partir de três aspectos: revisão de literatura inicial sobre cadeias de suprimentos na construção civil, uma investigação preliminar de um Empreendimento Habitacional de Interesse Social (EHIS) e reflexão do pesquisador.

A seleção da cadeia de suprimentos de portas de madeira deu-se devido a estudos anteriores realizados pelo Grupo de Pesquisa e Assessoria em Gerenciamento na Construção Civil (GERCON) em que as esquadrias de madeira foram um dos três materiais de construção apontados como problemáticos para a realização das obras públicas contratadas pela Prefeitura de Fortaleza<sup>4</sup>.

Com base em informações obtidas em visitas a canteiros de obras de EHIS, entrevistas com profissionais de empresas construtoras e em um *workshop* realizado com profissionais da Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF), a equipe do “Programa de

<sup>4</sup> Essa informação foi obtida a partir de uma dinâmica realizada pelo Prof. Dr. Francisco Cardoso da USP como parte das atividades do Programa Qualifor (Programa de Melhoria da Qualidade das Obras Públicas Contratadas pela Prefeitura de Fortaleza). À época da realização dessa dinâmica, a professora orientadora dessa pesquisa era Coordenadora Técnica do Programa Qualifor, e trabalhava sob a Coordenação Geral do Prof. José de Paula Barros Neto, como parte das atividades do GERCON.

melhoria da qualidade das obras públicas contratadas pela Prefeitura de Fortaleza” (Qualifor), formada por membros do GERCON, elencou três materiais (blocos cerâmicos, esquadrias de madeira e peitoris) considerados problemáticos, não só na construção de EHIS, bem como na execução de outras obras (escolas, creches, prédios públicos).

Dessa forma, com o objetivo de auxiliar na formulação da questão inicial da pesquisa foi realizado um estudo preliminar ao longo dos meses de novembro e dezembro de 2008 em um EHIS com financiamento da Caixa Econômica Federal, destinado à construção de 1057 novas casas e 750 apartamentos para a população de baixa renda na Comunidade Rosalina na cidade de Fortaleza. Esse estudo foi realizado como parte de um trabalho da disciplina ‘Cadeias Produtivas e Economia da Construção’ do curso de mestrado, ministrada pela professora orientadora dessa dissertação.

As obras desse empreendimento também incluíam a construção de toda infraestrutura necessária para o projeto, urbanização, escola, posto de saúde, centro comunitário, posto policial e uma estação de tratamento de esgoto. A obra possuía um orçamento de R\$ 32 milhões e se encontrava aproximadamente dez meses atrasada à época do estudo. As casas possuíam aproximadamente 44 m<sup>2</sup> em um único cômodo que integrava sala e cozinha, banheiro e um quarto. Já os blocos de apartamentos (térreo + dois pavimentos) tinham unidades de 48 m<sup>2</sup> compostas por dois quartos, banheiro, sala de estar e cozinha.

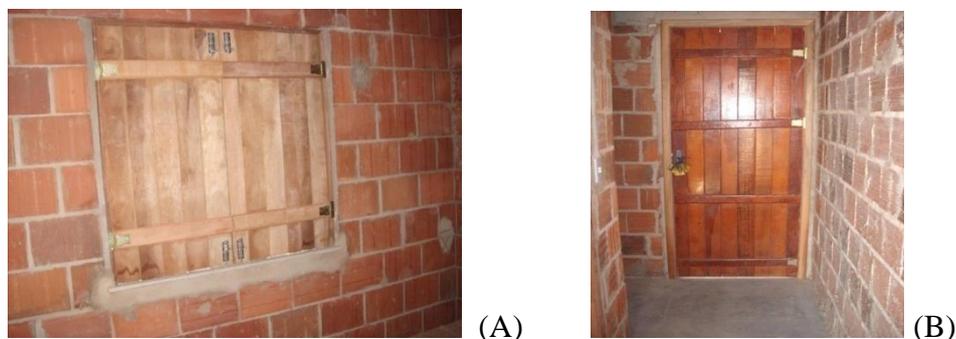
A partir de visitas ao canteiro de obra, foram coletadas informações sobre a configuração da cadeia de suprimentos de esquadrias de madeira: incluindo prazos de entrega, especificações de pedidos, fornecedores e processo de instalação.

Informações sobre armazenagem, manuseio, movimentação no canteiro e procedimentos internos foram obtidas através de entrevistas com um funcionário do setor de compras da construtora responsável pelo EHIS e com o funcionário responsável pela instalação das esquadrias. Durante estas visitas foi feito o reconhecimento visual do estoque e do produto instalado com documentação fotográfica.

Em seguida foi realizada uma visita a um dos fornecedores de esquadrias sendo entrevistados os funcionários responsáveis pela negociação com o setor de compras da construtora com o objetivo de conhecer a logística (lotes de entrega e localização dos estoques) empregada para fornecer as esquadrias.

A empresa construtora do estudo preliminar (ECEP) responsável pela obra, à época do estudo, era de médio porte, atuava há 27 anos no segmento de obras residenciais, comerciais, industriais e públicas e possuía certificação com base na NBR ISO 9001:2000

e PBQP-H nível A. As portas e janelas do tipo ficha alta de madeira mista foram analisadas mais especificamente neste estudo preliminar da cadeia de suprimentos de esquadrias de madeira. Quanto à tipologia, tanto as janelas como as portas eram do tipo de abrir de eixo vertical conforme ilustra a Figura 4.2.



**Figura 4.2** – A: Janelas tipo ficha. B: Porta tipo ficha  
Fonte: Autor

A partir destes resultados e de uma revisão de literatura sobre cadeias de suprimentos, definiu-se a seguinte questão inicial de pesquisa: Como melhorar os fluxos de materiais e informações entre os atores da cadeia de suprimento de esquadrias de madeira?

Segundo Collis e Hussey (2003), uma unidade de análise é o tipo de caso ao qual o fenômeno estudado e o problema de pesquisa se referem, e sobre o qual se coletam e analisam dados. Neste estudo preliminar a cadeia de suprimento de esquadrias de madeira foi definida como unidade de análise pelo fato de as esquadrias de madeira serem praticamente onipresentes em qualquer tipo de obra. Enquanto as janelas podem ser encontradas em diversos materiais (alumínio, PVC), as portas de madeira são utilizadas como portas internas praticamente em todo tipo de obra.

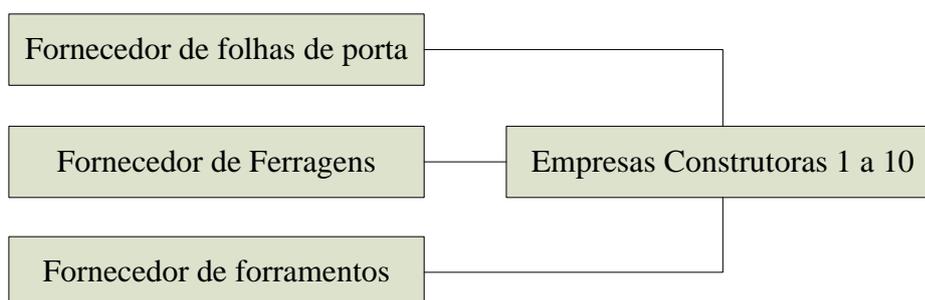
#### 4.2.2 Segunda Fase: Levantamento

Com o intuito de realizar um estudo mais aprofundado da cadeia de esquadrias de madeira em que se pudesse analisar mais de um agente participante, foi realizado um levantamento em 12 empresas construtoras cearenses entre janeiro e julho de 2009. Este levantamento teve como objetivo identificar: os fornecedores de esquadrias das empresas construtoras, o tipo de esquadrias utilizadas por elas e selecionar uma obra em que fosse possível realizar um estudo de caso.

As empresas investigadas atuavam no segmento de obras residenciais e comerciais (ORC) na cidade de Fortaleza. Ao longo desta etapa, percebeu-se que as

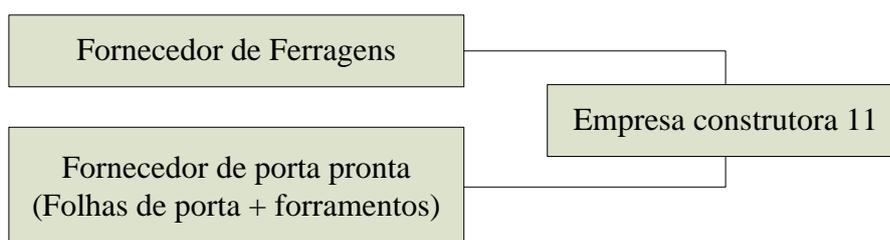
empresas construtoras investigadas utilizavam portas de madeira em suas obras. Havia uma maior prevalência do uso de janelas de alumínio nas obras executadas por essas empresas do que janelas de madeira.

As empresas trabalhavam geralmente com três fornecedores: fornecedor de ferragens, fornecedor de folhas de portas e fornecedor de forramentos conforme ilustra a Figura 4.3. Os dois primeiros, em sua maioria, eram empresas de grande porte de outros estados da federação (e.g. Santa Catarina). Os fornecedores de forramentos eram na maioria das vezes empresas cearenses.



**Figura 4.3** – Configuração da cadeia nas empresas de 1 a 10  
Fonte: Autor

Dentre as 12 empresas, apenas uma trabalhava com um fornecedor local de portas de madeira e estava com um empreendimento comercial em execução onde seria utilizado o sistema de portas prontas. Diferente das demais empresas, esta trabalhava apenas com dois fornecedores conforme ilustra a Figura 4.4.



**Figura 4.4** – Configuração da cadeia na empresa 11  
Fonte: Autor

Dada a proximidade geográfica desse fornecedor e da fase de execução em que a obra dessa empresa se encontrava, optou-se por selecionar esta empresa para a condução de um estudo de caso. Posteriormente, estabeleceu-se contato com este fornecedor de portas prontas para acompanhar o processo de fabricação das portas.

Devido ao acesso a essas empresas e à oportunidade de se estudar a pré-fabricação de portas de madeira, a questão de pesquisa foi reformulada para: Como melhorar os fluxos de materiais e informações entre os atores da cadeia de suprimento de portas prontas de madeira?

Cada coluna do quadro 01 apresenta uma característica das empresas que fizeram parte do levantamento, tais como: o nicho de mercado da empresa, a idade da empresa, se possuía ou não um sistema de gestão da qualidade (SGQ), quem foi o funcionário entrevistado pelo pesquisador, o tipo de porta utilizado pela empresa em suas obras e a origem do seu fornecedor de portas.

Empresas	Nicho de Mercado	Idade da Empresa	SGQ	Entrevistado	Tipologia da porta	Origem do Fornecedor
<i>Empresa 01</i>	ORC	10 anos	Sim	Gerente de compras	Porta tipo Paraná	CE
<i>Empresa 02</i>	ORC	21 anos	Não	Gerente de compras	Porta tipo Paraná	SC
<i>Empresa 03</i>	ORC	21 anos	Sim	Engenheiro	Porta tipo Paraná	SC
<i>Empresa 04</i>	ORC	25 anos	Sim	Engenheiro	Porta tipo Paraná e Porta pronta	SC
<i>Empresa 05</i>	ORC	16 anos	Não	Gerente de compras	Porta tipo Paraná	SC
<i>Empresa 06</i>	ORC	18 anos	Sim	Engenheiro	Porta Pronta	CE
<i>Empresa 07</i>	OR	16 anos	Sim	Gerente de compras	Porta tipo Paraná	CE
<i>Empresa 08</i>	ORC	21 anos	Sim	Gerente de compras	Porta tipo Paraná	SC
<i>Empresa 09</i>	ORC	30 anos	Sim	Engenheiro	Porta tipo Paraná	MA
<i>Empresa 10</i>	ORC	8 anos	Não	Gerente de compras	Porta tipo Paraná	CE
<i>Empresa 11</i>	ORC	40 anos	Sim	Gerente de compras	Porta Pronta	CE
<i>Empresa 12</i>	ORC	40 anos	Sim	Gerente de compras	Porta Pronta	SC

**Quadro 4.1** Caracterização das empresas

Fonte: Autor

Com relação à origem do fornecedor de portas de madeira, 58% das empresas trabalhavam com fornecedores de outros estados (Santa Catarina e Maranhão) e 42% trabalhavam com fornecedores locais.

Os fornecedores de outros estados eram empresas de grande porte que são responsáveis pela fabricação e transporte das portas até o canteiro de obras. Os fornecedores de portas das empresas 01, 06, 07 e 10 são empresas madeireiras cearenses que revendem portas de madeira, atuando assim como distribuidores.

Dentre os fornecedores cearenses, apenas o fornecedor da empresa 11 fabricava portas prontas de madeira. O fornecedor da empresa 11 foi investigado em maior profundidade na fase seguinte da pesquisa.

#### 4.2.3 Terceira Fase: Condução dos estudos de caso

A terceira fase da pesquisa correspondeu à condução de dois estudos de caso. Nessa fase buscou-se fundamentos teóricos para entender a origem dos principais problemas entre os atores da cadeia em estudo. Em adição foi realizada uma revisão da literatura sobre antecedentes do gerenciamento da cadeia de suprimentos com o objetivo de identificar os fatores internos das empresas construtoras que influenciam no gerenciamento da cadeia em estudo.

O primeiro estudo de caso foi conduzido entre agosto e dezembro de 2009 em uma empresa madeireira e em um empreendimento comercial com uma área construída de 26.771 m<sup>2</sup> sendo composto por dois subsolos, térreo, mezanino, cinco pavimentos de garagem, 18 pavimentos tipo e cobertura, contendo um total de 170 salas comerciais.

Ao longo deste período foi possível acompanhar o processo de fabricação no fornecedor e de instalação das portas prontas no canteiro de obras. A empresa construtora (empresa 11) responsável pela obra era de médio porte, atuava há 40 anos no segmento de obras residenciais, comerciais, industriais, obras especiais e instalações em geral e atuava em todo o Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste. A empresa possuía certificação com base na NBR ISO 9001:2000 e PBQP-H nível A.

Em agosto de 2009, foi realizada uma visita à obra com o objetivo de explicar ao engenheiro responsável os objetivos da presente pesquisa. A empresa mostrou-se interessada em participar do estudo e forneceu o contato do fornecedor de portas da obra em questão.

O estudo teve início após contato com o fornecedor de portas prontas e devida permissão para o acompanhamento de todo o processo de fabricação das portas em sua fábrica. O fornecedor de portas da empresa 11 (F11) era uma empresa madeireira com sede no município de Caucaia distante 27 quilômetros da obra. Atuava há treze anos no segmento varejista comercializando madeiras para construção, portas, janelas e portões. À época do estudo era a primeira vez que atua como fornecedor de portas prontas para a empresa 11. A madeireira trabalhava com quatro opções de prestação de serviço com relação às portas de madeira:

1. Folhas de porta
2. Folhas de porta e forramentos (separados)
3. Folhas de porta e forramentos montados (porta-pronta sem base para pintura)
4. Folhas de porta e forramentos montados (porta-pronta com base para pintura)

A opção 4 foi a escolhida pela empresa 11 que fechou o pedido no dia 6 de agosto com a madeireira para a compra de 160 portas (10 portas para cada pavimento) de 60 cm x 210 cm x 3,5 cm do tipo Paraná com miolo sarrafeado em muiracatiara<sup>5</sup> e fechamento de quadro em compensado. Este foi o lote de trabalho acompanhado através de visitas semanais à fábrica entre os meses de agosto e dezembro de 2009. A madeireira também ficou responsável pelo transporte e instalação das portas no canteiro de obras.

Ao longo deste período, detectou-se a necessidade da condução de mais um estudo de caso a fim de garantir maior robustez à pesquisa e de realizar um estudo comparativo. Tentou-se conduzir um estudo de caso em uma empresa construtora cearense com o objetivo de acompanhar o processo de instalação de portas no canteiro, mas não foi possível devido a data de realização deste serviço não ser compatível com o tempo disponível do pesquisador para realizar essa pesquisa.

Diante disso, optou-se por selecionar a empresa 12 investigada anteriormente que também adotava o sistema de portas prontas. Neste segundo estudo de caso, foi acompanhado o processo de instalação das portas prontas entre novembro e dezembro de 2009. A empresa selecionada atuava há 40 anos no segmento de obras residenciais e comerciais nos estados de São Paulo, Maranhão e Ceará. À época do estudo, a empresa

---

<sup>5</sup> A madeira de muiracatiara (*Astronium lecointei* Ducke, Anacardiaceae) também é chamada em sua região de ocorrência de Aroeira, Maracatiara, Sanguessungueira, Aroeirão, Gonçalo-Alves, Maracatiara-Branca, Maracatiara-Vermelha, Muiracatiara-Rajada e Juiraquatiara.(IBAMA)

estava construindo um empreendimento residencial e seu fornecedor de portas prontas era uma empresa de grande porte com sede em Santa Catarina.

No mês de novembro de 2009, foi realizada uma visita à uma das obras realizadas pela empresa. O engenheiro responsável mostrou-se interessado em colaborar com a pesquisa e autorizou o acesso do pesquisador ao canteiro de obras. O estudo foi realizado em um empreendimento residencial de 22 andares sendo 2 subsolos, 1 pilotis, 1 mezanino e 18 pavimentos-tipo e 70% das portas prontas já haviam sido instaladas à época do estudo.

O fornecedor de portas da empresa 12 (F12) era uma empresa madeireira líder no segmento de engenharia de portas com sede no estado de Santa Catarina. Atuava há 29 anos no mercado nacional fornecendo esquadrias em madeira com soluções integradas de fábrica e desempenho técnico de acordo com as normas européias e Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Possuía certificação com base na NBR ISO 9001:2000 e participava do Programa Setorial de Qualidade de Portas Internas de Madeira (PSQ-PIM).

A empresa 12 realizou a compra de 410 portas prontas de madeira que foram entregues em dois lotes no canteiro de obras. A empresa madeireira ficou responsável pela fabricação e transporte das portas ao canteiro de obras e a empresa construtora pelo processo de instalação.

#### 4.2.4 Quarta Fase: Análise dos dados

Por fim, esta fase da pesquisa realizada entre janeiro e fevereiro de 2010 compreendeu a análise final dos dados. Para fundamentar esta análise, foi realizada uma revisão da literatura sobre modulação. A partir dos dados coletados nas fases anteriores, foram elaborados mapas de fluxo de valor (MFV) para a identificação de problemas tais como: a necessidade de redução de estoques e dos tempos de espera e de fornecimento e possíveis pontos que apresentavam oportunidades de melhoria.

A análise dos dados foi realizada entre janeiro e fevereiro de 2010. Os principais indicadores empregados na análise foram lotes, tempo de atravessamento, problemas encontrados ao longo dos processos de fabricação e instalação (potenciais pontos de melhoria).

### 4.3 Critérios para julgamento da qualidade da pesquisa

Yin (2001) sugere quatro testes para se julgar a qualidade de projetos de pesquisa: validade do constructo, validade interna, validade externa e confiabilidade. Para estudos de caso, Yin (2001) recomenda táticas para validação e faz referência às fases da pesquisa em que as táticas devem ser usadas.

A validade do constructo está relacionada com o estabelecimento de medidas operacionais corretas para os conceitos e variáveis que estão sob estudo. Segundo Martins (2006), constructo é “uma variável, ou conjunto de variáveis, que busca representar o significado teórico de um conceito ou de uma proposição”. Esse mesmo autor sugere duas maneiras de se validar o constructo de um estudo de caso único: comparar os resultados com os achados de outras investigações de outra natureza e contrastar os resultados obtidos com os esperados pela teoria.

A tática adotada nesta dissertação foi a utilização de múltiplas fontes de evidência (literatura, observação direta na fábrica e no canteiro, entrevistas). De acordo com Yin (2001), essa tática incentiva a formação de linhas convergentes de investigação.

A validade interna está relacionada com o estabelecimento de causalidade, o que é um desafio para pesquisadores da área de construção civil, uma vez que muitos estudos são realizados na vida real em que múltiplas variáveis interagem umas com as outras, muitas delas de forma incontrolável ou imprevisível (LUCKO e ROJAS, 2009).

Segundo Yin (2001), a validade interna aplica-se apenas em estudos de casos explanatórios ou causais. Esse segundo teste não foi realizado dado o caráter exploratório dos estudos de caso conduzidos na presente dissertação. Porém, através do uso de múltiplas fontes de evidência buscou-se relacionar os diferentes fatores que poderiam contribuir para os resultados observados no estudo e explicar a sua inter-relação.

A validade externa está relacionada com a generalização dos resultados de uma pesquisa. Em um estudo de caso, a validade externa será evidenciada na medida em que os achados desse estudo possam ajudar a explicação de outro caso semelhante (MARTINS, 2006).

Os estudos de casos se baseiam em generalizações analíticas. Nesse sentido, o pesquisador busca generalizar um conjunto particular de resultados para alguma teoria mais abrangente (YIN, 2001). Essa teoria deve ser testada através da replicação das descobertas em um segundo ou terceiro local, nos quais a teoria supõe que deveriam ocorrer os mesmos resultados (YIN, 2001). Essa lógica de replicação foi a tática utilizada

nesta dissertação através da condução de mais de um estudo de caso. Também foram identificados casos na literatura que confirmam a ocorrência de situações e problemas similares aos encontrados nesse estudo em outras cadeias de suprimentos da construção.

A confiabilidade serve para minimizar os erros e as visões tendenciosas de um estudo. Uma das táticas principais para aumentar a confiabilidade em um estudo de caso é através da documentação dos procedimentos adotados no estudo (YIN, 2001).

A tática utilizada nesta dissertação para garantir essa documentação foi a elaboração de um protocolo de estudo de caso. Esse protocolo encontra-se no Apêndice 1 e conta com três das quatro seções sugeridas por Yin (2001): visão geral do projeto do estudo de caso, procedimentos de campo, questões do estudo de caso. A seção referente ao guia para o relatório do estudo de caso não foi utilizada, visto que optou-se por definir o formato da narrativa ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

#### 4.3.1 Ferramentas e técnicas usadas para a coleta de dados

O processo de coleta de dados contou com múltiplas fontes de evidências. Gil (2002) ressalta que além de conferir validade ao estudo, a obtenção de dados mediante procedimentos diversos é fundamental para garantir a qualidade dos resultados obtidos.

Segundo Yin (2001), qualquer descoberta ou conclusão em um estudo de caso provavelmente será muito mais convincente e acurada quando é baseada em várias fontes distintas de informação. A utilização de várias fontes de evidências permite a triangulação de dados fazendo com que o problema em estudo seja observado por diferentes ângulos.

As fontes de evidências utilizadas para a coleta de dados foram às seguintes:

- **Observação direta:** permite ao observador reagir e registrar aspectos de fatos e comportamentos à medida que ocorrem (COOPER e SCHINDLER, 2003). Além disso, representam uma forma válida de coleta de dados em que se registra o que as pessoas realmente fazem em vez do que eles dizem que fazem (PROVERBS e GAMESON, 2008). Ao longo dessa pesquisa, a observação direta foi utilizada como fonte de evidência na condução dos estudos de caso. Foram realizadas observações do processo de fabricação das portas (visitas semanais à fábrica do fornecedor de portas prontas) e do processo de instalação das portas no canteiro de obras.

- **Registro fotográfico e filmagens:** As fotografias ajudam a transmitir características importantes do caso a observadores externos (YIN, 2001). Foram realizadas fotos e vídeos de curta duração durante as observações dos processos de fabricação e instalação das portas prontas.
- **Entrevistas:** É muito comum que as entrevistas, para o estudo de caso, sejam conduzidas de forma espontânea, permitindo assim que o pesquisador tanto indague respondentes-chave sobre os fatos quanto peça a opinião deles sobre determinados eventos (YIN, 2001). Em trabalhos de caráter qualitativo, procuram-se realizar várias entrevistas, curtas e rápidas, conduzidas no ambiente natural em um tom informal (GODOY, 2006). As entrevistas freqüentemente envolvem questões abertas e certo grau de flexibilidade, a fim de investigar e aprofundar as questões que possam surgir (PROVERBS e GAMESON, 2008). Ao longo da pesquisa foram realizadas entrevistas em diferentes momentos e com diversos profissionais envolvidos na cadeia em estudo.

Ao longo do estudo de caso I foram coletados dados com relação ao lote de trabalho e às etapas do processo de fabricação e instalação. O quadro 4.2 mostra os dados coletados ao longo das visitas semanais à fábrica, as fontes de evidência e as técnicas de coleta e registro.

<b>Dados</b>	<b>Fontes de evidência</b>	<b>Técnicas de coleta e registro</b>
Pedido de compra das portas	Contrato de prestação de serviço	Anotações no caderno de campo
Composição de custo da porta-pronta	Entrevista com gerente de produção	Planilha de composição de custo
Layout da fábrica	Observação direta do pesquisador	Desenho do layout da fábrica
Estoque em processo de portas		Fotos Anotações no caderno de campo
Tempo de inspeção do processo de colagem		Anotações no caderno de campo

**Quadro 4.2** – Dados do processo de fabricação do Estudo de Caso I

Fonte: Autor

O quadro 4.3 mostra os dados coletados ao longo das visitas semanais à obra, as fontes de evidência e as técnicas de coleta e registro.

<b>Dados</b>	<b>Fontes de evidência</b>	<b>Técnicas de coleta e registro</b>
Programação do processo de instalação	Entrevista com estagiária e mestre de obras	Anotações no caderno de campo
Etapas do processo de instalação	Observação direta do pesquisador	Fotos Anotações no caderno de campo

**Quadro 4.3** – Dados do processo de instalação do Estudo de Caso I  
Fonte: Autor

#### **4.4 Considerações Finais**

Neste capítulo foi discutido que a questão principal de pesquisa sugere a adoção do paradigma funcionalista. O estudo de caso foi adotado como estratégia de pesquisa, pois o mesmo é utilizado quando o pesquisador almeja lidar com condições contextuais que sejam relevantes ao seu fenômeno de estudo.

A pesquisa foi dividida em três etapas: fase exploratória, condução dos estudos de caso e análise dos dados. A primeira fase (exploratória) envolveu a definição do problema de pesquisa. A segunda fase correspondeu à condução de dois estudos de caso. A terceira fase compreendeu a análise final dos dados.

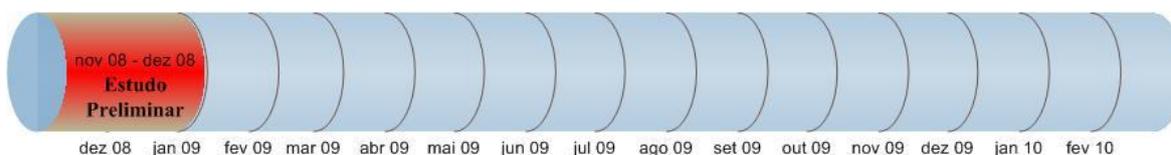
Em seguida foram apresentadas as táticas utilizadas para validação da pesquisa, bem como as ferramentas e técnicas usadas para a coleta de dados: entrevistas, registro fotográfico, filmagens e observação direta. Por fim, cada uma das fases de pesquisa é descrita detalhadamente. A análise dos resultados encontrados em cada uma das fases é descrita no próximo capítulo.

## 5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados primeiramente os resultados do estudo preliminar conduzido de novembro a dezembro de 2008 em um EHIS. Em seguida são apresentados os resultados do estudo de caso I conduzido de agosto a dezembro de 2009 em um empreendimento comercial. Por fim, são apresentados os resultados do estudo de caso II conduzido entre novembro e dezembro de 2009 em um empreendimento residencial.

### 5.1 Estudo Preliminar

Este estudo preliminar foi conduzido nos meses de novembro e dezembro de 2008 em um EHIS destinado à construção de 1057 casas e 750 apartamentos. Além de fazer parte de um projeto final<sup>6</sup> de uma disciplina do curso de mestrado, esse estudo teve o objetivo de realizar uma investigação preliminar sobre a cadeia de suprimento de esquadrias de madeira.

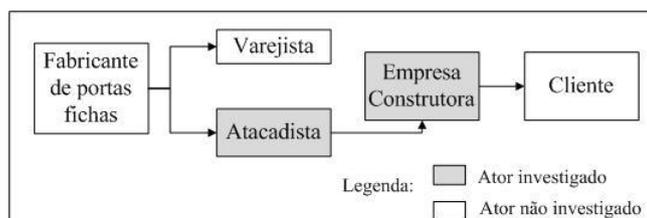


**Figura 5.1** – Linha do tempo indicativa do estudo preliminar

Fonte: Autor

#### 5.1.1 Atores da cadeia de suprimentos analisada e suas atividades

Os atores considerados nesse estudo foram o atacadista e a empresa construtora. O estudo não contempla todos os atores da cadeia, pois o pesquisador não teve contato direto com nenhum fabricante das folhas de portas tipo ficha dado a distância geográfica das empresas responsáveis pelos processos de extração e beneficiamento da madeira. A Figura 5.2 ilustra a cadeia de suprimento e os atores investigados neste estudo.



**Figura 5.2** – Atores da cadeia de suprimentos analisada

Fonte: Autor

<sup>6</sup> Foi utilizado um roteiro para condução deste estudo indicado na disciplina para a qual esse estudo foi inicialmente desenvolvido.

### 5.1.1.1 Atacadista e Distribuidor

O atacadista em questão era o principal fornecedor de madeira da construtora responsável pela construção do EHIS e realizou o transporte das esquadrias do fabricante até o estado do Ceará. Segundo o proprietário do comércio atacadista, a compra das esquadrias de madeira foi feita a partir de fabricantes de outros estados da federação seguida da revenda para seus clientes (pessoas físicas e construtoras locais). Para o transporte das esquadrias, o atacadista possuía uma frota de oito caminhões com carroceria tipo baú semi-reboque.

Ao chegarem a Fortaleza, as esquadrias foram armazenadas no depósito do atacadista e distribuídas após sua comercialização. As esquadrias foram estocadas na posição horizontal, formando pilhas sob estrados de madeira, em áreas cobertas conforme ilustrado na Figura 5.3.



**Figura 5.3** – A: vista aérea do depósito do atacadista. B: pátio de armazenagem do depósito. C: armazenagem das portas ficha em área coberta

Fonte A: Google Earth, Acessado em 11/12/08, Fonte B e C: Autor

### 5.1.1.2 Construtor

A construtora atuava há 27 anos no segmento de obras residenciais, comerciais, industriais e públicas e possuía certificação com base na NBR ISO 9001:2000 e PBQP-H nível A. Os dados dos fornecedores de madeira da empresa construtora foram listados numa planilha utilizada como quadro comparativo de preços de material com as seguintes informações: prazo de entrega, condições de pagamento, telefone e pessoa para contato. A planilha referente a esquadrias de madeira contava com nove fornecedores para a obra em estudo, mas apenas três dos fornecedores listados já haviam fornecido material para a obra. O quadro 02 mostra as características inspecionadas pelo almoxarife no recebimento e identificação das esquadrias de madeira (portas, janelas e forramento).

	Inspeção no Recebimento			Identificação do Material		Preservação do Produto			
Material	Característica a inspecionar	Critério de aceitação	Amostragem	Identificação na obra	Especificação p/ pedido	Transporte Horizontal	Transporte Vertical	Armazenagem	Empilhamento
Forramento	Dimensões	Conforme pedido: comp. + 100mm Larg. + 5mm	Por recebimento	Dimensão Tipo	Dimensão Tipo Quantidade	Manual	Guincho de carga ou Manual	O local deverá estar nivelado e seco.	Em pilhas de no máximo 40 (quarenta) unidades, separados por dimensão
	Empenamento	Variação de $\pm 2$ mm na peça							
Janela	Tipo / Dimensões	Conforme pedido							
Porta	Dimensões	Conforme pedido: comp. + 100mm Larg. + 5mm							
	Empenamento	Variação de $\pm 2$ mm na peça							

**Quadro 5.1** – Requisitos das esquadrias de madeira  
**Fonte:** Adaptado do manual de qualidade da empresa

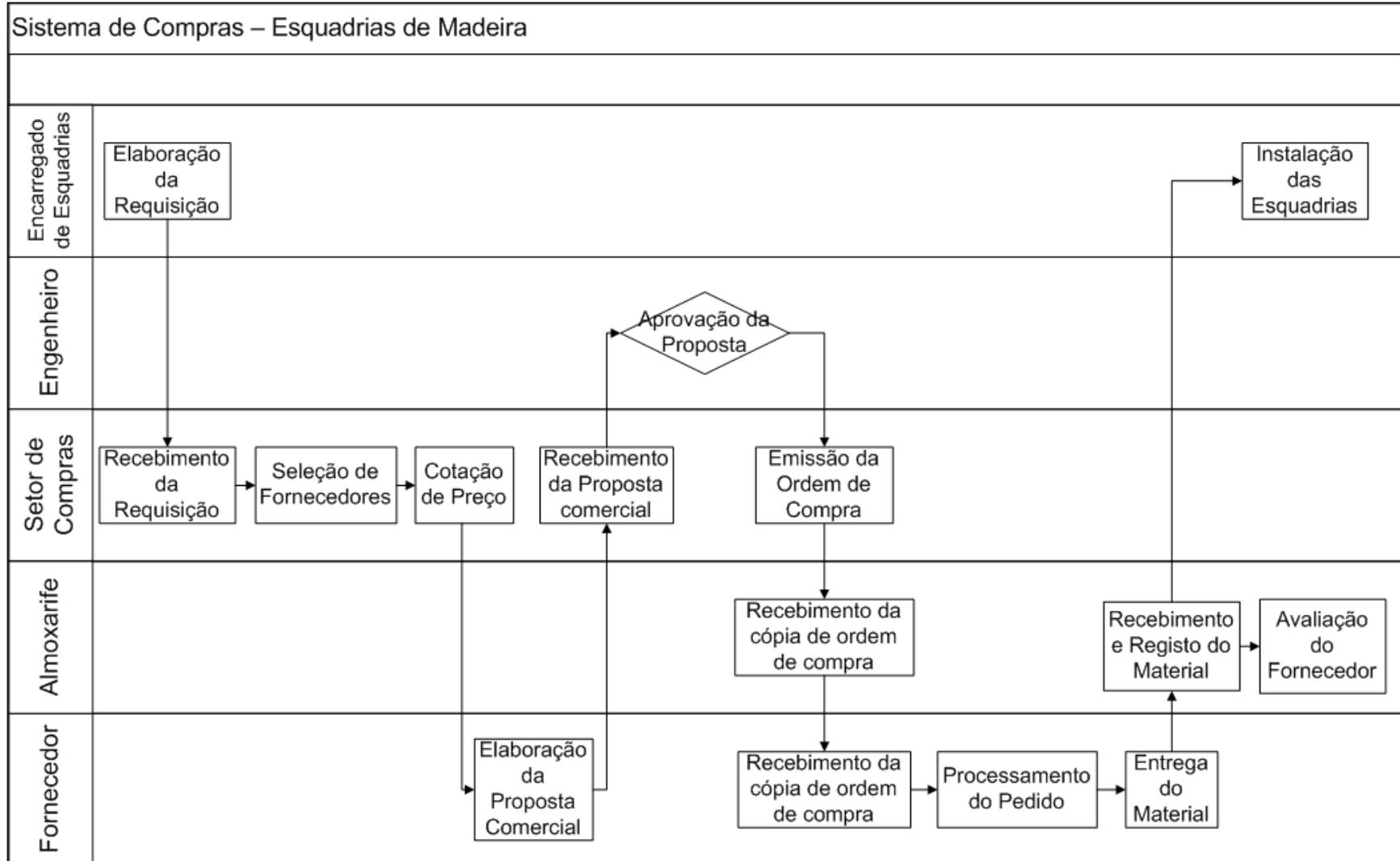
As dimensões finais (altura e largura) e a presença de empenamento eram as únicas características inspecionadas pelo almoxarife no momento do recebimento das folhas de porta, janelas e forramentos.

A partir dos resultados das entrevistas com os profissionais do setor de compras da empresa construtora e da análise do procedimento da qualidade adotado pela mesma para a compra de materiais, foi feito um mapeamento do processo de compras das esquadrias de madeira conforme ilustra a Figura 5.4. O objetivo do mapeamento foi analisar como a construtora interagia com seus fornecedores de madeira e relatar os problemas encontrados nesta interação.

As esquadrias de madeira eram solicitadas pelo encarregado de esquadrias através de uma requisição de compra de materiais que era enviada ao setor de compras em dois dias da semana previamente estabelecidos. O setor de compras verificava se a requisição havia sido assinada pelo responsável da área requisitante e realizava consulta ao cadastro de fornecedores qualificados para verificar quais fornecedores seriam selecionados. A cotação era feita através de um quadro comparativo de preços e em seguida a ordem de compra era gerada para efetivar a aquisição. A ordem de compra era aprovada pelo engenheiro responsável pela obra. Uma cópia era enviada para o fornecedor e outra permanecia com o almoxarife da obra.

A divergência entre essas cópias da ordem de compra foi um dos problemas relatados pelos funcionários do setor de logística do principal fornecedor de esquadrias para o EHIS durante a visita ao depósito realizada pelo pesquisador. Segundo o motorista do caminhão responsável pelo transporte das esquadrias do depósito até a obra, era freqüente o retorno da carga transportada devido à incompatibilidade das ordens de compra (erros na especificação do pedido) no momento do recebimento das esquadrias na obra.

O registro de recebimento do material e de avaliação do fornecedor era feito na nota fiscal. Cada fornecedor qualificado era avaliado, no momento do recebimento de material, com base em quesitos de quantidade, qualidade e prazo, com notas variando de 1 (muito insatisfeito) a 5 (muito satisfeito).



**Figura 5.4** – Sistema de compras de esquadrias de madeira

Fonte: Autor

As esquadrias eram entregues na obra aproximadamente 30 dias após a ordem de compra e permaneciam armazenadas na posição horizontal nas unidades residenciais em que o serviço de coberta já se encontrava finalizado. A etapa seguinte consistia na instalação das esquadrias seguida da aplicação de verniz. Os forramentos das portas e janelas eram fixados na alvenaria com parafusos em bucha nº 8.

Este estudo preliminar também constatou o que já havia sido indicado por fiscais de obras da Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF), em uma pesquisa anterior (ALVES ET AL. 2009), em obras contratadas pela PMF. Os principais problemas encontrados foram:

- Apresentação de imperfeições como brocas e rachaduras
- Madeira não apresentava estado satisfatório (madeira “verde”, fabricação fora de esquadro, empenadas)
- Armazenamento inadequado
- Falta de tratamento da madeira
- Diferentes tipos de madeira em uma mesma peça
- Desbitolamento (peças com tamanhos variados)

De acordo com a mesma pesquisa, em obras públicas de maior porte como hospitais, escolas e postos de saúde há uma exigência de maior padrão de qualidade das esquadrias devido às especificações mais detalhadas desses projetos. Ou seja, a melhoria da aquisição do produto passa pela especificação adequada dos materiais de modo que a construtora e os fiscais da obra possam exigir a qualidade especificada dos fornecedores no ato da entrega (MELO et al, 2009b).

### 5.1.2 Análise dos resultados

Durante esta fase da pesquisa, foi constatado que muito embora exista um procedimento no recebimento das esquadrias, a simples inspeção visual esconde defeitos que logo aparecem na etapa de instalação. Segundo o responsável pela instalação das esquadrias, muitas vezes eram necessários cortes e ajustes na dimensão das esquadrias para garantir o encaixe adequado nos vãos das portas e janelas.

Uma possível explicação para essa variação dimensional podia estar no teor de umidade das esquadrias entregues na obra. Na grande maioria das vezes, as esquadrias

eram entregues no canteiro com a madeira ainda “verde”, isto é, sem estar completamente seca. A madeira é um material higroscópico, ou seja, absorve ou expõe água dependendo do ambiente em que se encontra. Durante o intervalo de tempo entre o recebimento e a instalação das esquadrias, a madeira perde peso e volume (contração) provocando alterações na suas características dimensionais, físicas e mecânicas.

Isso provocava atraso e paralisações na instalação das esquadrias e conseqüentemente no cronograma da obra com um todo que já se encontrava dez meses atrasada, isto gerava um maior manuseio do material e movimentação dos operários da equipe de instalação. Além disso, essa variabilidade dimensional influenciava tanto no aumento do tempo de estoque das esquadrias no canteiro quanto na realização de atividades subseqüentes ao processo de instalação.

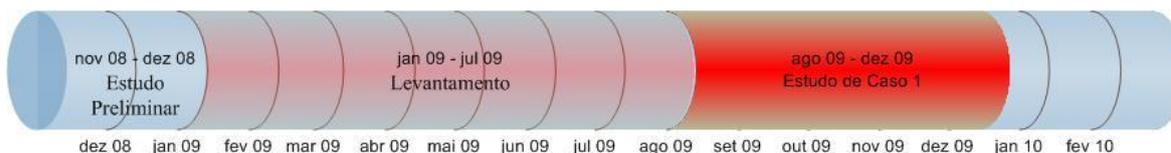
O outro problema recorrente identificado foram as discrepâncias entre as ordens de compra mantidas pela empresa e aquelas trazidas junto ao material pelo fornecedor no momento da entrega. Esse fato exemplifica o problema de comunicação entre o fornecedor e a empresa construtora e a conseqüente demora na entrega do material necessário para dar continuidade à programação da obra.

Esse problemas contribuíam para a geração de atividades que não agregavam valor ao produto final, aumentando o tempo de ciclo para instalação das portas em cada unidade e o tempo de atravessamento para a conclusão da instalação das portas no projeto como um todo. Além disso, as portas com defeitos resultavam em produtos finais com qualidade inferior à especificada (perda de valor) e imagina-se que tenham gerado insatisfação por parte do cliente final durante a fase de uso do produto.

Devido aos problemas supracitados, não é de se surpreender que os gerentes de projeto buscassem diferentes fornecedores para as suas obras. A obra em questão tinha uma lista com nove fornecedores e três haviam sido usados até o momento de realização desse estudo. A longa lista de problemas resultava em desconfiança por parte da empresa tendo-se em vista os atrasos ocasionados pelos fornecedores, quando da entrega de material não conforme, e da baixa qualidade do produto final ocasionando inúmeras atividades que além de não agregarem valor ao produto final diminuía o valor do mesmo para o usuário.

## 5.2 Estudo de Caso I

Esse estudo de caso foi conduzido de agosto a dezembro de 2009 em um empreendimento comercial com uma área construída de 26.771 m<sup>2</sup> sendo composto por dois subsolos, térreo, mezanino, cinco pavimentos de garagem, 18 pavimentos tipo e cobertura, contendo um total de 170 salas comerciais.



**Figura 5.5** – Linha do tempo indicativa do estudo de caso I  
Fonte: Autor

### 5.2.1 Diagnóstico inicial da Madeireira

O estudo teve início após contato com o fornecedor de portas prontas e a devida permissão para o acompanhamento de todo o processo de fabricação das portas em sua fábrica. O fornecedor de portas da empresa 11 (F11) era uma empresa madeireira com sede no município de Caucaia distante 27 quilômetros da obra e ficou responsável pela fabricação, transporte e instalação das 160 portas prontas do tipo Paraná.

A partir da coleta dos dados durante as visitas à fábrica foi possível identificar os insumos utilizados no processo de fabricação das portas, bem como sua composição de custo. Foram necessários sete insumos para a produção das portas: madeira do tipo muiracatiara, compensado virola, cola, grampo, lixa, massa e tinta. Com relação à madeira do tipo muiracatiara utilizado na confecção do núcleo das portas, 70 % deste insumo é proveniente do estado do Pará, 20% de Rondônia e 10% de Roraima. A composição de custo das 160 portas prontas de madeira é apresentada no quadro 5.2.

Insumos	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
<b>Madeira Muiracatiara</b>	m <sup>3</sup>	1700,00	0,050288	28,50
<b>Compensado Virolim</b>	m <sup>2</sup>	5,11	1,29	6,58
<b>Cola</b>	L	8,00	0,30	2,40
<b>Grampo</b>	Milheiro	1,60	130	0,21
<b>Lixa</b>	Folha	1,20	1	1,20
<b>Massa</b>	L	0,30	0,1	0,03
<b>Fundo</b>	MI	13,00	0,3	3,90
<b>Mão de obra</b>				3,00
				45,82
<b>Total (160 portas)</b>				7.331,162

**Quadro 5.2** – Composição de custo da porta pronta  
Fonte: Autor

### 5.2.2 Mapa do estado atual do processo de fabricação das portas

Neste item apresenta-se cada uma das etapas do processo de produção das portas para a elaboração do mapa do estado atual. Esse mapeamento foi realizado com o objetivo de visualizar os fluxos de material e informação do processo de fabricação das portas.

Para elaboração do mapa do estado atual, foi acompanhado o processo de produção de 160 portas prontas de 60 x 210 x 3,5 cm do tipo Paraná. Esse foi o lote de trabalho acompanhando. O referido processo é composto por nove atividades descritas a seguir:

1. **Secagem:** Nesta etapa ocorre a secagem da matéria-prima. A madeira é serrada em forma de tábuas e o tempo médio de transporte até o estado do Ceará é de seis dias. Segundo o proprietário da madeireira, a madeira é descarregada do caminhão e permanece na estufa por 18 dias até atingir o intervalo do teor de umidade entre 13% e 18% no qual a madeira está pronta para ser trabalhada.
2. **Usinagem:** Após sair da estufa, as tábuas de madeira seguem para a usinagem, etapa em que são cortadas por equipamentos com cabeças rotatórias providas de serras, deixando-as no tamanho (comprimento, largura e espessura) necessário para a confecção do núcleo das portas. Após

o corte, as tábuas passam a ser denominadas de sarrafos, ou seja, peças de madeira serradas de seção retangular conforme ilustra a Figura 5.6.



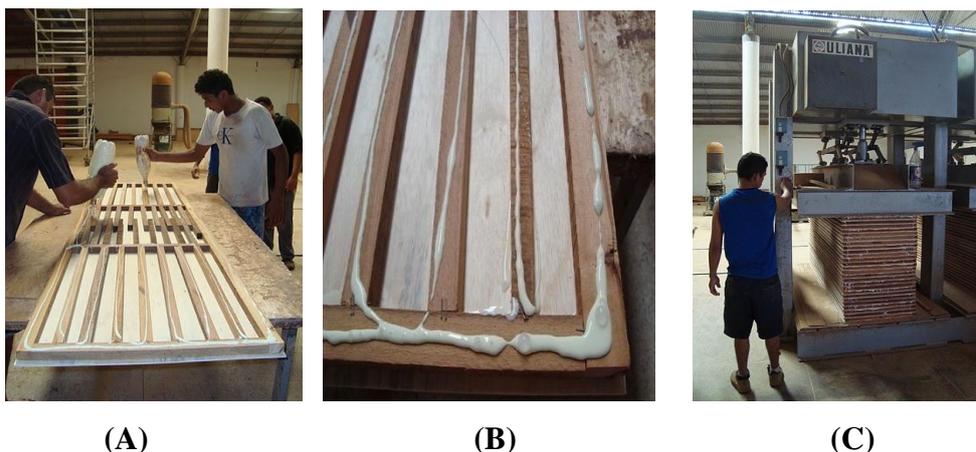
**Figura 5.6** – Usinagem  
Fonte: Autor

3. **Requadro e esquadro:** Esta etapa compreende a confecção da folha de porta. Inicialmente, o núcleo da porta, o quadro e o reforço são confeccionados. O quadro é a estrutura periférica da folha de porta. O núcleo da folha de porta é do tipo sarrafeado, ou seja, um núcleo vazado cujas peças (sarrafos) são dispostas horizontalmente e verticalmente, unidas cada uma, através de grampos metálicos conforme ilustra a Figura 5.7.



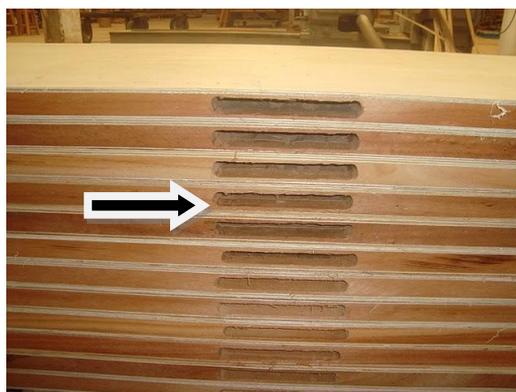
**Figura 5.7** – Núcleo das portas prontas de madeira  
Fonte: Autor

Em seguida, as contracapas de compensados são coladas ao núcleo e seguem para a prensa onde permanecem por 4 horas (Figuras 5.8). Após sair da prensa, a porta passa por mais uma máquina (*esquadrejadeira*) em que as irregularidades são retiradas fazendo com que a porta chegue a sua dimensão final.



**Figura 5.8** – A: processo de colagem. B: detalhe da aplicação manual da cola. C: prensa  
 Fonte A, B e C: Autor

4. **Furação:** Nesta etapa é realizado furo na lateral das folhas de portas para o encaixe da fechadura.



**Figura 5.9** – Furo para encaixe da fechadura  
 Fonte: Autor

5. **Pré-montagem:** Nesta etapa ocorre a realização de abertura de rasgos da fechadura e dobradiças com a utilização de uma máquina responsável pelo sistema porta-pronta (Figura 5.10). A empresa madeireira adquiriu esta máquina devido a esse pedido específico de 160 portas. Esta máquina é um centro para montagem de porta pronta onde podem simultaneamente trabalhar dois funcionários e permite através do posicionamento e travamento do batente e da porta a abertura de rasgos para dobradiças (Figura 5.11), a furação da maçaneta e cilindro.



**Figura 5.10** – Máquina centro de montagem de porta pronta  
Fonte: Autor



**Figura 5.11** – Detalhe do rasgo da dobradiça  
Fonte: Autor

6. **Lixação:** Nesta etapa as portas são lixadas em lixadeira de contato para a preparação das superfícies das portas conforme ilustra a Figura 5.12.



**Figura 5.12** – Setor de pintura da madeira  
Fonte: Autor

7. **Pré-Pintura:** Depois de lixadas, as portas são pré-pintadas (uma demão de fundo preparador de superfície e uma demão de massa para madeira) conforme ilustra a Figura 5.13.



**Figura 5.13** – Aplicação do fundo preparador  
Fonte: Autor

8. **Montagem:** Após a pré-pintura das folhas de portas e dos marcos, as portas são montadas (junção da travessa aos montantes) e em seguida é realizada a instalação da fechadura e dobradiças conforme ilustra a Figura 5.14.



**Figura 5.14** – Porta montada  
Fonte: Autor

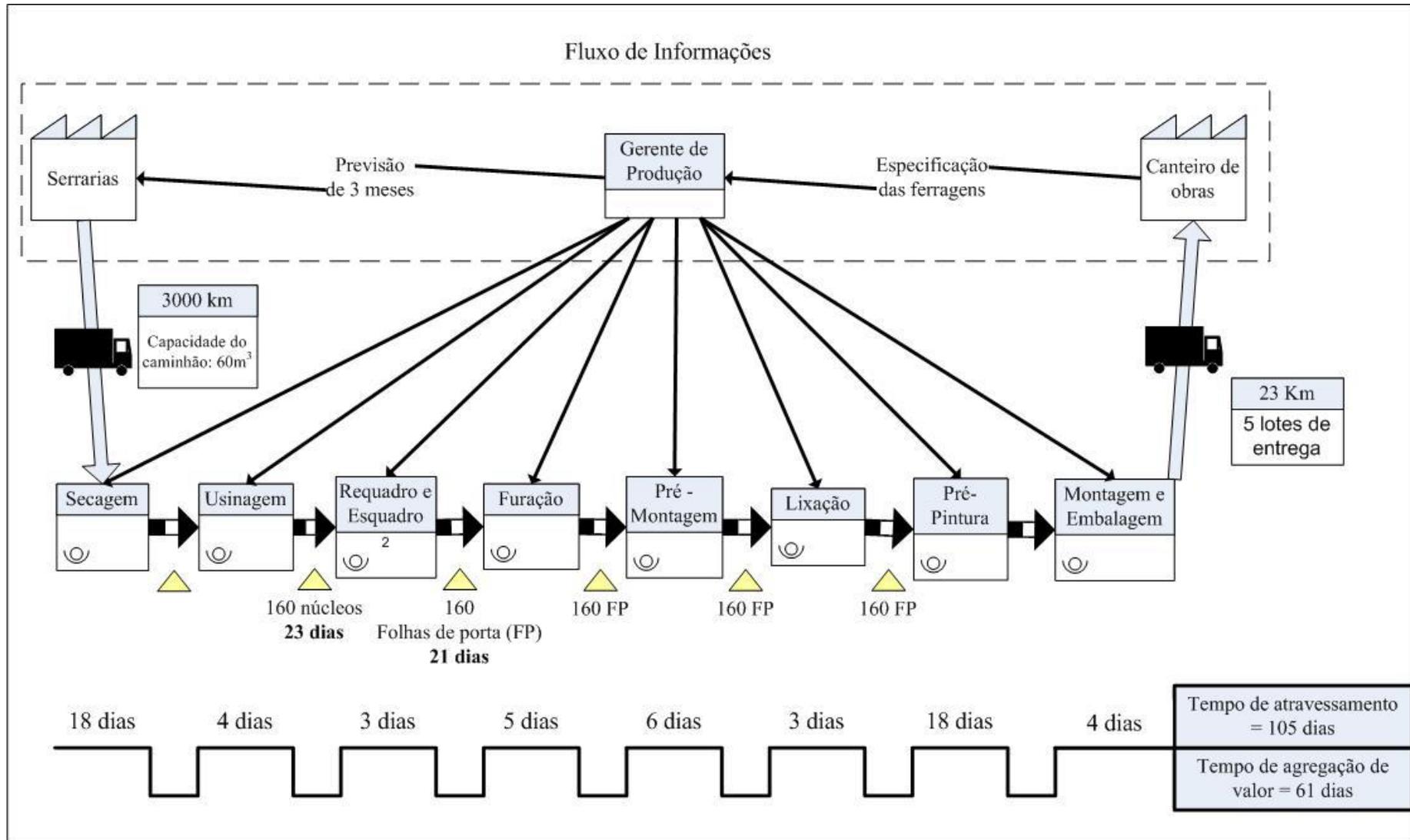
9. **Embalagem:** Por fim, as portas são embaladas em papel filme e enviadas à obra.

O MFV começa pelas demandas do consumidor. Dessa forma, o fluxo de material foi desenhado da esquerda para a direita na parte inferior do mapa e o fluxo de informação da direita para esquerda na parte superior da Figura 5.15. Cada uma das nove atividades descritas anteriormente foi representada por uma caixa de processo com uma seta de empurrar entre cada uma. A caixa de processo indica um processo no qual o

material é trabalhado e o ícone do mapeamento do movimento de material empurrado é uma seta listrada.

Além da seta listrada, foram utilizados mais três ícones do MFV para mapear o estado atual: o ícone fábrica para representar o fornecedor de matéria-prima (serrarias) e o canteiro de obra, o ícone triângulo para mostrar a localização e a quantidade de estoque ao longo fluxo de material, o ícone caminhão representado o transporte entre o fornecedor e o cliente (fabricante) e uma seta larga para indicar o movimento da matéria-prima até a madeireira e dos produtos acabados até o cliente (obra).

A partir dos dados obtidos durante as visitas a madeireira, foi desenhada uma linha do tempo embaixo das caixas de processo e dos triângulos de estoque para registrar o tempo de atravessamento (em dias) da produção das portas prontas de madeira, ou seja, o tempo desde a chegada da matéria-prima até a liberação do produto para o cliente. A Figura 5.15 ilustra o mapa do estado atual.



**Figura 5.15** – Mapa do Fluxo de Valor do Estado Atual do processo de fabricação das portas  
Fonte: Autor

### 5.2.3 Análise do Estado Atual

O processo de produção das portas é composto ao todo por nove atividades que são analisadas a seguir:

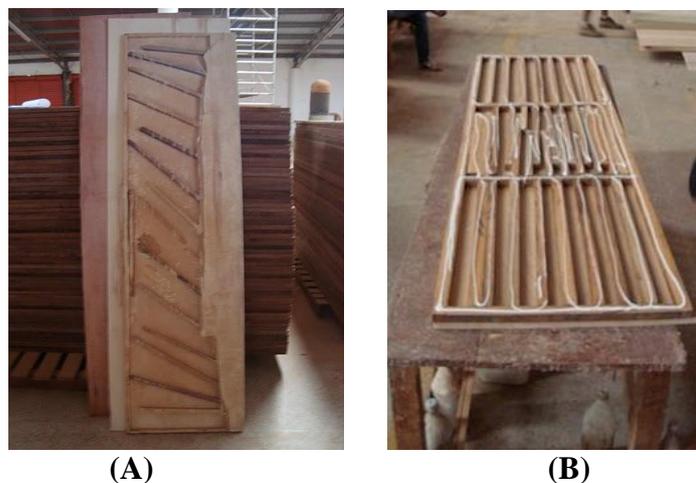
O tempo de atravessamento do processo de produção das 160 portas foi de 105 dias. A empresa madeireira trabalhava de segunda-feira a sexta-feira das 8h às 18h. A etapa de usinagem foi realizada dentro do tempo previsto de quatro dias, pois a madeira do tipo muiracatiara necessária para a fabricação das portas já se encontrava estocada na madeireira quando o pedido da construtora foi realizado.

Essa madeira ficou como estoque em processo durante 23 dias úteis antes de passar para a próxima atividade. O motivo deste longo período de espera foi devido à falta de confiança do engenheiro da obra com relação à empresa madeireira (F11). Em uma entrevista realizada durante a primeira visita ao canteiro de obras, o engenheiro disse que já tinha tido vários problemas com fornecedores de portas de madeira em obras anteriores. Por esse motivo e pelo fato de ser a primeira vez que a empresa 11 trabalha com o F11, o engenheiro autorizou o pedido de compra com a condição que um funcionário da empresa 11 pudesse acompanhar o momento em que as contracapas de compensados eram coladas ao núcleo de cada uma das 160 portas.

A maioria dos problemas enfrentados pelo engenheiro em obras anteriores estava relacionada com a baixa qualidade do núcleo das portas, popularmente conhecido como “miolo”. Segundo o engenheiro, muitas madeireiras fecham o contrato com a construtora com a garantia de que elas vão entregar uma porta conforme as especificações. A construtora só percebe a não conformidade das especificações da porta durante a fase de uso, em que muitos clientes ligam para a construtora pedindo a troca das portas devido ao empenamento.

Ainda segundo o engenheiro, a origem desse problema estava na qualidade do núcleo das portas. Ele relatou que muitas madeireiras com o intuito de reduzir custos de produção, acabam produzindo um núcleo diferente do que foi especificado no contrato. Pelo fato de o núcleo ser um componente interno da porta, não pode ser visualizado no momento da entrega das portas no canteiro. Além disso, o almoxarife da obra tem como prática conferir apenas a quantidade e as dimensões da porta.

A Figura 5.16 ilustra a diferença do núcleo produzido pela madeireira (F11) e o núcleo produzido por uma empresa concorrente.



**Figura 5.16** – A: Núcleo sem estruturação dos sarrafos de madeira. B: Núcleo de folha de porta produzido pelo fornecedor (F11) estruturado por sarrafos de madeira e fixados com grampo  
Fonte: Autor

Ao aceitar a condição imposta pelo engenheiro, o fornecedor (F11) ficou com um estoque em processo por 23 dias aguardando a visita do funcionário indicado pelo engenheiro da obra para acompanhar a produção. Uma possível explicação para esse longo período de espera enfrentado pela madeireira estaria no atraso na tomada de decisão pelo engenheiro, visto que ele era o único responsável por selecionar um funcionário e autorizar sua visita à madeireira para inspeção. Segundo a estagiária da obra em questão, o atraso do serviço de execução da fachada da obra também demandou uma maior atenção do engenheiro que acabou por não priorizar o cronograma do processo de instalações das portas.

O pesquisador foi informado pela estagiária da obra sobre o dia da visita do funcionário da obra na fábrica da madeireira e acompanhou a inspeção realizada pelo mesmo durante o processo de fixação das contracapas ao núcleo. O funcionário da obra acompanhou a colagem das contracapas de compensado ao núcleo durante dois dias. No primeiro dia foi acompanhada a colagem do núcleo de 108 portas e no dia seguinte a colagem das 52 portas restantes. Essa tarefa era realizada por dois funcionários da madeireira (F11) que aplicavam a cola manualmente em uma das faces do núcleo, uniam-na a uma contracapa de compensado e em seguida repetiam o mesmo procedimento para a outra face. Imediatamente após a colagem, os funcionários já posicionavam a folha de

porta (núcleo + contracapas) em uma prensa até formarem duas pilhas de 25 folhas de portas cada conforme ilustra a Figura 5.17.



**Figura 5.17** – Prensagem das folhas de portas  
Fonte: Autor

Além da inspeção visual do processo de colagem, o funcionário da obra teve que rubricar o nome dele na contracapa de cada folha de porta confirmando a inspeção. À medida que os funcionários posicionavam as folhas de porta na prensa, ele rubricava seu nome no canto inferior direito de uma das contracapas. Essa rubrica foi uma exigência do engenheiro da obra, pois a mesma seria posteriormente conferida pelo almoxarife da obra no dia da entrega das portas no canteiro de obras.

Quando questionado se a assinatura não iria desaparecer após a etapa da pré-pintura das portas, o gerente de produção da madeira afirmou que seria colada uma fita adesiva transparente sobre a rubrica logo após a retirada das folhas de portas da prensa.

A falta de confiança da construtora no fornecedor aumentou o tempo de produção das portas e gerou custos adicionais para a construtora e para o fornecedor. Primeiramente, a construtora arcou com o custo extra de manter um funcionário da obra dentro da fábrica da madeira. Segundo, os custos gerados para a madeira devido ao tempo que as portas não puderam ser concluídas permanecendo na fábrica como estoque em processo e ocupando espaço. Por fim, o custo arcado pela madeira por não concluir o pedido da construtora e, conseqüentemente, não poder receber o pagamento pelo mesmo. Além de proporcionar o atraso no pagamento, tal fato acabou comprometendo o cumprimento do pedido de outros clientes.

A etapa seguinte do processo de produção é a furação. Nesta etapa do processo produtivo a madeira solicitou à construtora as referências do modelo de ferragens (dobradiças e fechadura) a serem utilizados nas portas antes de dar início à produção das mesmas. Na época da solicitação, a construtora já havia realizado o pedido de compra das

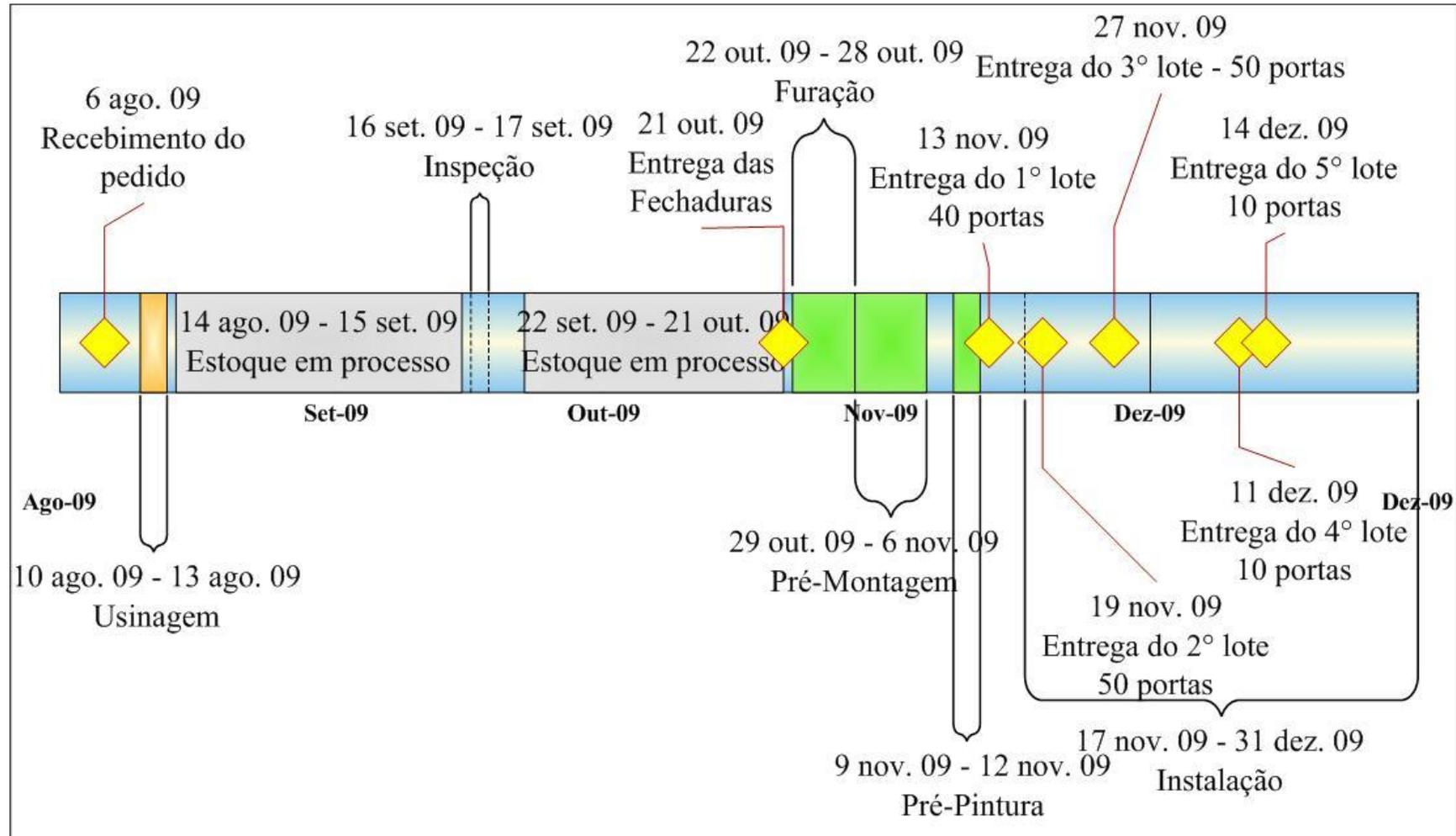
ferragens, mas ainda não havia recebido o mesmo. Por conta desse atraso no envio das ferragens, as portas permaneceram novamente como estoque em processo na fábrica da madeireira por mais 21 dias. No dia seguinte à chegada das ferragens, deu-se início a etapa de furação. Essa etapa foi realizada por um funcionário da madeireira por cinco dias.

A etapa seguinte (pré-montagem) teve uma duração acima do previsto, pois foi realizada apenas por um funcionário. Segundo o gerente de produção esta etapa teria uma duração de dois dias. A máquina utilizada nesta etapa para a abertura de rasgos nas folhas e de portas e marcos permite que dois funcionários trabalhem simultaneamente. Porém, tal vantagem não pode ser aproveitada devido à falta de treinamento dos funcionários por parte do fabricante. A máquina tinha sido adquirida recentemente pela madeireira e apenas um funcionário havia recebido treinamento.

A etapa de lixação das folhas de portas e marcos durou três dias. Este período do processo produtivo foi marcado pelo desligamento do gerente de produção da empresa madeireira. Além de ser responsável pelo controle e produção das portas prontas e de acompanhar o processo de instalação de portas em obras de outros clientes da madeireira, o referido gerente estava atuando em outro departamento da empresa (comercialização e vendas). Tal fato propiciou seu desligamento da empresa devido ao acúmulo de tarefas.

A etapa de pré-pintura teve duração de 18 dias. O atraso em etapas anteriores do processo de produção das portas comprometeu a capacidade do setor de pintura da madeireira que já realizava a pintura de portas de outros clientes. Esse fato acabou por fracionar a entrega do lote das portas em cinco partes. A entrega fracionada não seria um problema se ambas as empresas tivessem acordado que as portas seriam entregues em múltiplos lotes. Se a construtora tivesse compartilhado o cronograma de instalação das portas com o fabricante, o mesmo poderia ter distribuído a demanda ao longo do tempo, sem sobrecarregar a produção ao mesmo tempo em que supriria as portas conforme a necessidade indicada na programação da obra.

As etapas de montagem e embalagem eram realizadas durante o turno da manhã no setor de expedição da fábrica no dia da entrega da fração do lote para o canteiro de obras. A instalação da maçaneta só ocorre no canteiro de obras após as portas serem instaladas nos vãos e posteriormente pintadas. A seqüência das etapas descritas anteriormente encontra-se ilustrada na Figura 5.18.



**Figura 5.18** – Linha do tempo do processo de fabricação e instalação das portas prontas

Fonte: Autor

#### 5.2.4 Mapa do estado futuro do processo de fabricação das portas

A Figura 5.19 mostra algumas sugestões que podem ser utilizadas na melhoria do fluxo de valor do processo em estudo, reduzindo assim o tempo de atravessamento de 105 para 58 dias. A partir da análise do mapa do estado atual sugere-se manter o sistema empurrado entre o processo de secagem e usinagem, pois a estufa utilizada para reduzir o teor de umidade da madeira opera apenas quando seu espaço interno está completo de tábuas de madeira.

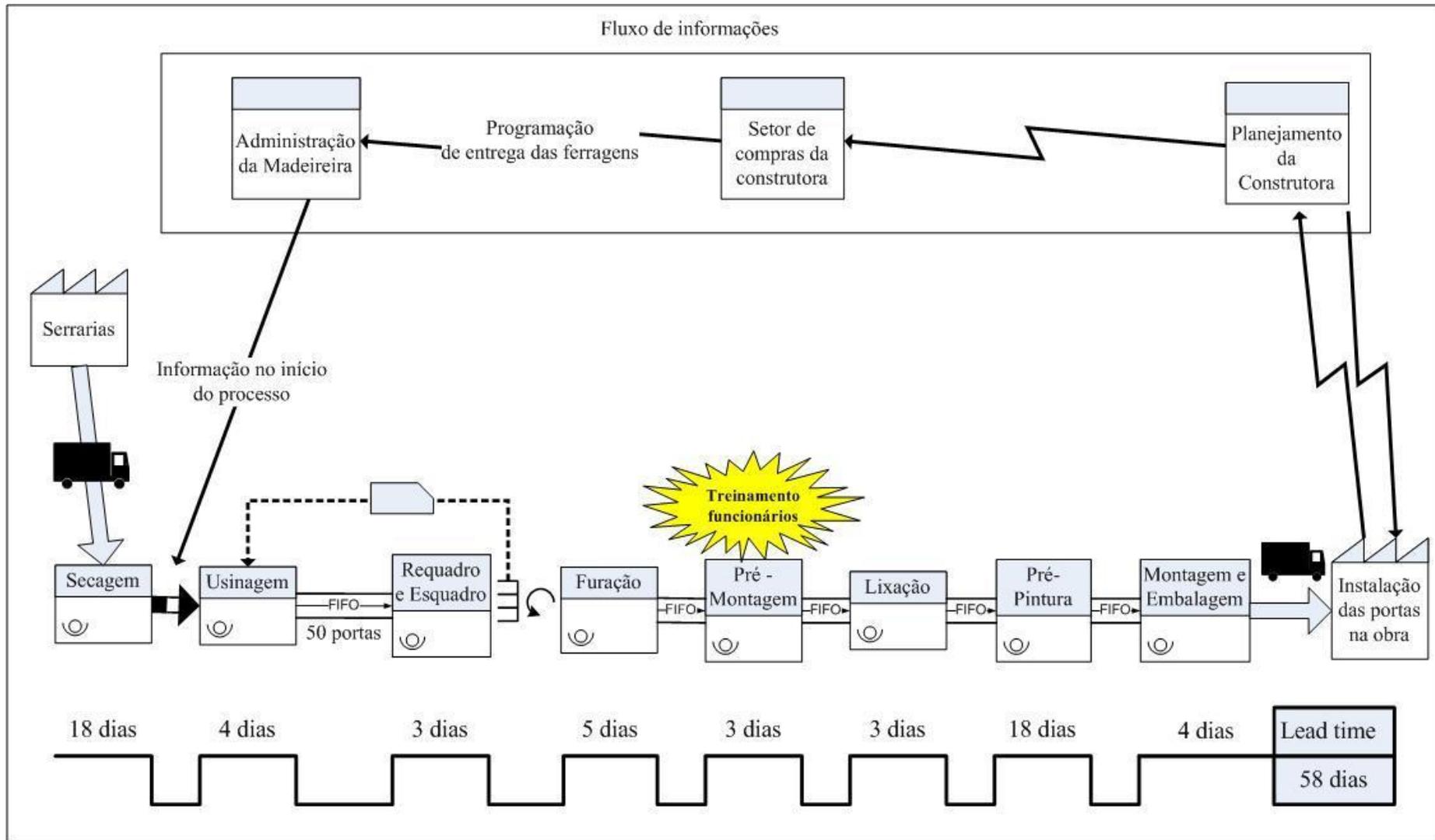
Por outro lado, é possível instalar um sistema puxado entre o processo de usinagem e o processo de requadro/esquadro. Como a capacidade da prensa é de apenas 50 portas por dia, sugere-se que se estabeleça uma linha FIFO (*first in, first out*, primeiro a entrar, primeiro a sair) entre os dois processos para manter um fluxo entre eles. A linha FIFO evita a superprodução no processo fornecedor. Quando a linha estiver cheia (atingir a o estoque de 50 portas), o processo fornecedor (usinagem) deve parar de produzir portas para serem prensadas.

Foi proposto também, um supermercado logo após o processo de requadro/esquadro. Dessa forma, o responsável pela movimentação de material do processo cliente (furação) vem ao supermercado do fornecedor e retira o que precisa. Estas retiradas acionariam o movimento de *kanban* desde o supermercado até o processo fornecedor (usinagem), onde eles são usados com a instrução de para a produção para aquele processo.

O uso do sistema puxado com supermercado permite a programação de um ponto no fluxo de valor. Para esse estudo foi selecionado o processo de furação de modo que todos os processos posteriores (pré-montagem, lixação, pré-pintura, montagem e embalagem) processem em lotes de 50 portas. Esse lote foi escolhido devido à capacidade de operação da prensa.

O sistema puxado também pode estar presente entre o fornecedor F11 e o canteiro de obras, ou seja, a produção das portas deveria seguir a programação para instalação das portas na obra, para evitar estoques tanto na obra como no F11. Além disso, também ajudaria o F11 no nivelamento da fabricação com base na demanda real evitando que o fornecedor trabalhe de forma dedicada a um só pedido quando se sabe que o mesmo não será instalado de forma contínua de uma só vez.

Por fim, sugere-se a realização de *kaizen* no processo de pré-montagem para reduzir o tempo de ciclo deste processo resultante da falta de treinamento de funcionários.



**Figura 5.19** – Mapa do fluxo de valor do estado futuro do processo de fabricação das portas  
 Fonte: Autor

### 5.2.5 Diagnóstico inicial da Construtora

A construtora estava com mais seis obras em andamento na época do estudo e, conforme explicado anteriormente, havia adotado o sistema porta pronta para a obra do estudo de caso. O fornecedor das portas prontas também ficou responsável pelo processo de instalação das portas. O processo de instalação das 160 portas prontas de entrada do banheiro de cada sala (10 salas por pavimento) foi acompanhado pelo pesquisador através de visitas semanais à obra durante os meses de novembro e dezembro de 2009.

### 5.2.6 Processo de instalação das portas

O processo de instalação das portas prontas na obra foi dividido em quatro partes:

1. Fixação provisória: Após remoção da embalagem, a porta é encaixada no vão fixando-a com cunhas de madeiras nas laterais. Em seguida, o esquadro, o prumo e o nível da porta são conferidos bem como seu funcionamento (abrir e fechar).
2. Fixação permanente: Após a conferência, é realizada a fixação na alvenaria com bucha e parafuso.
3. Acabamento: As cunhas de madeira são retiradas e a folga (espaço existente entre alvenaria e o marco) é preenchida com argamassa.
4. Fixação dos alizares: Os alizares são fixados ao marco com pregos sem cabeça e os encontros são encaixados a 45°.

### 5.2.7 Análise da instalação das portas prontas na obra do estudo de caso I

O tempo de atravessamento do processo de instalação das 160 portas durou 32 dias. No dia 13 de novembro de 2009 foi entregue o primeiro lote de portas prontas. Este lote correspondia a 40 portas que foram armazenadas horizontalmente no almoxarifado da obra.

No dia seguinte uma equipe de três funcionários da madeireira chegou ao canteiro de obras. Pela manhã, a equipe se reuniu com a gerente de qualidade, o técnico de segurança do trabalho e o mestre de obras. À tarde a equipe distribuiu o lote em quatro pavimentos (10 portas por pavimento) conforme ilustra a Figura 5.20.



**Figura 5.20** – Armazenamento das portas no pavimento  
Fonte: Autor

A instalação das portas pronta só teve início no dia seguinte. Segundo recomendação do mestre de obras, a equipe deveria iniciar a instalação das portas no primeiro pavimento tipo. Em seguida, seria realizada a instalação das portas do décimo sétimo pavimento e assim sucessivamente para os demais pavimentos inferiores. Todos os serviços se iniciavam no primeiro pavimento tipo, pois esse era um pavimento modelo e servia de cartão de visita aos clientes que iam visitar a obra.

O processo de instalação das portas foi realizado por duas equipes: uma da madeireira e outra da construtora. A equipe da madeireira instalava 10 portas por dia, ou seja, a produtividade de instalação das portas prontas era de um pavimento por dia e realizava apenas as duas primeiras etapas do processo de instalação: fixação provisória e fixação permanente. A etapa seguinte em que a folga é preenchida com argamassa (acabamento) era realizada pela equipe da empresa construtora.

Durante esta etapa, os funcionários da obra desparafusavam as dobradiças removendo assim a folha de porta para o preenchimento da folga com argamassa conforme ilustra a Figura 5.21. Em outras palavras, a porta pronta era desmontada para realização do ajuste com a argamassa. Isso era realizado para evitar sujar a superfície da folha de porta com resquícios de argamassa. Essa prática vai de encontro às vantagens fornecidas pelo sistema porta pronta que tem como um de seus objetivos a redução das etapas do processo de instalação. Além disso, era uma atividade que aumentava o tempo de instalação.



**Figura 5.21** – A: Fixação permanente. B: Retirada da folha de porta. C: Acabamento. D: Fixação dos alisares  
Fonte: Autor

Outro problema que afetou o tempo de instalação das portas foi a transferência de umidade da argamassa para o marco. O aumento do teor de umidade da madeira provocou uma variação volumétrica (inchamento) do marco. Por conseguinte, tal fato gerou mais três problemas no processo de instalação: diminuição da abertura para instalação da porta; danos causados à folha da porta; aumento do tempo de espera para a conclusão do processo.

Em primeiro lugar, esse inchamento da madeira diminuiu a abertura limitada pelas faces internas do marco e pela soleira (vão livre) levando ao impedimento do fechamento da folha de porta. Ainda por conta disso, algumas folhas de portas apresentavam uma lasca de madeira próxima à fechadura devido ao fechamento brusco provocado pela ação dos ventos, ocasionando a potencial redução do valor do produto para o cliente final. Na época da instalação das portas, as esquadrias externas do pavimento ainda não haviam sido instaladas fazendo com que as folhas de portas já instaladas estivessem sujeitas a ação dos ventos principalmente nos pavimentos mais superiores.

Por fim, o inchamento do marco também aumentou o tempo de espera entre a etapa de acabamento e fixação dos alisares. Segundo um dos funcionários da madeireira responsável pela instalação, era necessário esperar a redução do teor de umidade do marco para realizar de forma precisa a fixação dos alisares.

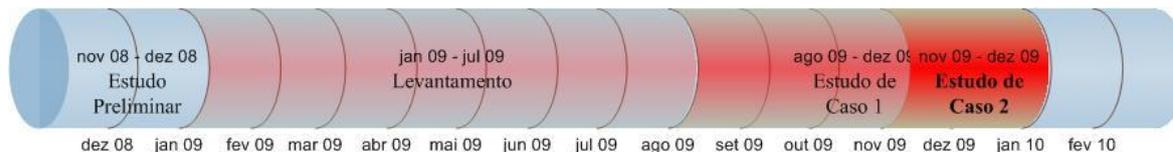
O problema com a utilização da argamassa para preenchimento do vão poderia ter sido evitado com o uso de uma espuma expansora com a mesma finalidade. Não foi feita uma análise para levantamento dos custos do uso da argamassa versus o uso da espuma expansora. Porém, a discussão apresentada demonstra os problemas oriundos do uso da argamassa, a perda de vantagens do uso da porta pronta e a geração de atividades

que não agregam valor ao produto final (desmontagem da porta, retrabalho, portas danificadas).

Três semanas após o início do processo de instalação das portas, foi percebido um erro cometido pela construtora na elaboração do pedido de compras das portas prontas. Foram pedidas portas para 16 pavimentos, um a menos do que o necessário. Por não ter realizado o pedido de 170 portas prontas, a construtora ocasionou o atraso na instalação das portas prontas do segundo pavimento tipo.

De forma geral, os principais problemas identificados durante a condução deste estudo de caso foram: a falta de confiança da empresa construtora em seus fornecedores de portas, atrasos, o aumento do tempo de ciclo e do tempo de atravessamento do processo de fabricação das portas, a redução de valor do produto final, a perda dos benefícios das portas prontas. Além disso, a demanda das portas estava desnivelada e era “empurrada” pela madeireira ao invés de a obra “puxar” a produção e a madeireira tornar a produção nivelada.

### 5.3 Estudo de Caso II



**Figura 5.22** – Linha do tempo indicativa do estudo de caso II  
Fonte: Autor

O segundo estudo de caso foi conduzido entre novembro e dezembro de 2009 em uma das empresas participantes do levantamento. A empresa construtora (empresa 12) selecionada possuía certificação com base na NBR ISO 9001:2000 e atuava há 40 anos no segmento de obras residenciais e comerciais nos estados de São Paulo, Maranhão e Ceará.

O estudo foi realizado em um empreendimento residencial de 22 andares sendo 2 subsolos, 1 pilotis, 1 mezanino e 18 pavimentos-tipo e 70% das portas prontas já haviam sido instaladas à época do estudo.

#### 5.3.1 Diagnóstico inicial da Construtora

A construtora adotou o sistema porta pronta para a obra do estudo de caso e 70% das portas prontas já haviam sido instaladas à época do estudo. O fornecedor das portas prontas da construtora realizou a entrega em dois lotes. O empreendimento era composto por 18 pavimentos tipo, sendo dois apartamentos por andar e as portas solicitadas eram para uso interno (quartos e WC). As portas prontas eram do tipo Paraná com núcleo formado por células de produtos derivados da madeira (colméia de papel kraft). A quantidade de portas prontas por pavimento tipo era variada, pois o cliente tinha duas opções de planta baixa. Nessa obra, foi acompanhado o processo de instalação das portas internas de dois pavimentos do empreendimento através de visitas semanais à obra durante os meses de novembro e dezembro de 2009.

#### 5.3.2 Processo de instalação das portas

O processo de instalação das portas prontas na obra foi dividido em três partes conforme ilustra a Figura 5.23:

1. Fixação provisória: A porta é encaixada no vão fixando-a com cunhas de madeira nas laterais. Em seguida, o esquadro, o prumo e o nível da porta são conferidos bem como seu funcionamento (abrir e fechar).

2. Fixação permanente: Após a conferência, é realizada a fixação na alvenaria com espuma expansiva de poliuretano.
3. Fixação dos alizares: Os alizares são fixados ao marco.



**Figura 5.23** – A: Fixação provisória. B: Fixação permanente.  
Fonte: Autor

### 5.3.3 Análise da instalação das portas na obra do estudo de caso II

As portas prontas foram estocadas no subsolo da obra e eram transportadas pelo elevador para os pavimentos à medida que decorria o processo de instalação. A equipe de instalação era formada por dois funcionários da construtora (instalador e auxiliar). Em todas as portas estava colada uma etiqueta (Figura 5.24) com um código de barras e com as seguintes informações:

- Nome da empresa construtora
- Nome do empreendimento
- Identificação do número do lote
- Dimensões da porta (altura, largura e espessura)
- Sentido de abertura da porta (horário ou anti-horário)
- Local de instalação (número do apartamento e cômodo)
- Movimento da folha de porta (do tipo abrir)
- Espaçamento em mm entre a folha de porta e a soleira
- Descrição do acabamento da porta (base para pintura)



**Figura 5.24** – Etiqueta de identificação  
Fonte: Autor

O processo de instalação das portas prontas no apartamento gerou mais problemas em vãos de parede de alvenaria de blocos cerâmicos do que em paredes de chapas de gesso acartonado. As paredes internas do apartamento que delimitavam as suítes e sala eram de chapas de gesso acartonado que tinham espessuras compatíveis com as espessuras das portas prontas. Essa compatibilidade é oriunda do fato do gesso acartonado ser parte de um sistema de vedação pré-fabricado e montado na obra. Isso garante uma maior precisão dimensional do que os blocos cerâmicos que além da sua própria imprecisão contam com a imprecisão do tamanho das juntas durante o processo de elevação da alvenaria.

Por outro lado, a falta de precisão na execução dos vãos de paredes em alvenaria comprometia o processo de instalação. A maioria das paredes de alvenaria apresentou espessura diferente do que estava no projeto. A variação estava presente muitas vezes em paredes de um mesmo pavimento tipo e em outros pavimentos tipos.

Quando a espessura do vão era menor do que a espessura da porta pronta, o instalador serrava o marco na medida da espessura do vão. Quando a espessura do vão era maior do que a espessura da porta pronta, ele fazia um ajuste com a sobra do marco da porta do caso anterior.

As paredes de alvenaria foram recebidas sem a verificação dos requisitos do processo seguinte (instalação de portas) e sem se verificar se esses requisitos atendiam às necessidades do processo seguinte. Ou seja, ao utilizar produtos pré-fabricados é necessário entender os requisitos desses produtos que são fabricados com maior precisão

para serem adotados em um ambiente que não presta muita atenção às questões da tolerância dimensional.

Segundo o técnico de edificações da obra, a descrição do pedido foi realizada pela representante da empresa fornecedora das portas prontas. Ela realizou uma visita na obra em que mediu pessoalmente as dimensões de cada um dos vãos de porta do apartamento do primeiro pavimento tipo e encaminhou o pedido para a empresa fornecedora de portas prontas presumindo a padronização de execução dos vãos nos demais pavimentos do empreendimento.

O fornecedor de portas prontas teve a preocupação em medir os vãos com antecedência (verificou *in loco* as medidas reais antes da fabricação), porém a construtora não assegurou a padronização das medidas. Isso causou a geração de passos desnecessários no fluxo de valor que além de consumirem mais recursos e aumentarem o tempo de produção podem diminuir o valor de saída para o cliente.

Apesar dos ajustes feitos nas dimensões da porta ser uma medida aparentemente mais barata do que executar vãos com maior precisão, existe um desperdício de material, tempo e uma possível perda de qualidade do material. Além disso, os vãos poderiam ter sua espessura padronizada com o uso de um escantilhão durante a produção da alvenaria (medida proativa) ou recebidos com o uso de um padrão para atestar que o tamanho final do vão era compatível com as portas (medida reativa de inspeção).

A empresa 12 deveria rastrear esses serviços e descobrir o motivo das falhas para que fossem corrigidas. Também no sentido de pensar no cliente interno, a empresa 12 deveria listar os requisitos do processo seguinte e assegurar que os mesmos sejam devidamente considerados.

#### **5.4 Análise cruzada dos estudos de casos**

As principais conclusões após a realização da análise de cada estudo são descritas a seguir com o objetivo de desenvolver abstrações, comparar os casos e identificar quais os principais desperdícios ao longo da cadeia de suprimentos de portas prontas.

Conforme foi possível constatar por meio do estudo preliminar, os problemas identificados (variação dimensional das esquadrias, má comunicação entre a empresa construtora e o fornecedor) contribuíam para a geração de atividades que não agregavam valor ao produto final, aumentando o tempo de ciclo para instalação das portas em cada

unidade e o tempo de atravessamento para a conclusão da instalação das portas no projeto como um todo. Além disso, a falta de confiança da empresa em seus fornecedores ocasionava inúmeras atividades (retorno de portas não conformes para o fornecedor, duplo manuseio, espera por novos carregamentos, cortes) que além de não agregarem valor ao produto final diminuía o valor do mesmo para o usuário (frestas nas portas e janelas, falta de uniformidade dimensional e visual).

A falta de confiança e de um relacionamento de longo prazo entre a empresa construtora e o fornecedor de portas também esteve presente no primeiro estudo de caso ocasionando aumento do estoque em processo na empresa madeireira e na geração de custos.

A recorrência desse problema ressalta a importância da confiança como antecedente do GCS. No modelo teórico de antecedentes e consequentes da gestão da cadeia de suprimentos proposto por Mentzer et al. (2001), apresentado e descrito no capítulo 3 desta dissertação, a confiança aparece como um dos fatores internos que uma empresa deve ter para facilitar a implantação do GCS. A confiança entre empresas de uma cadeia de suprimentos possibilita e promove um comportamento cooperativo de forma que o GCS seja alcançado.

Outro problema identificado no primeiro estudo de caso foi a perda de vantagens do uso da porta pronta devido à utilização da argamassa para preenchimento do vão. Esse procedimento de instalação gerou atividades que não agregaram valor ao produto final (desmontagem da porta, retrabalho, portas danificadas). Caso a decisão de utilizar as portas prontas tivesse sido tomada com antecedência, o impacto de desses componentes pré-fabricados na alvenaria de vedação seria considerado de forma que se evitassem tais desperdícios.

O segundo estudo de caso ilustrou a pouca atenção despendida às tolerâncias dimensionais. O fornecedor de portas prontas F12 “puxou” as medidas reais dos vãos das paredes antes da fabricação das portas prontas, mas a empresa 12 não assegurou a padronização das medidas. Isso causou a geração de passos desnecessários no fluxo de valor que além de consumirem mais recursos e aumentarem o tempo de produção podem diminuir o valor de saída para o cliente.

A não consideração de componentes pré-fabricados na fase de projeto foi um dos aspectos apontados por Pasquire e Connolly (2003) que afetam negativamente no uso de pré-fabricados. A adoção de gesso acartonado certamente facilita o processo de instalação das portas prontas. Porém, nos casos em que o gesso não seja a solução mais

adequada, o uso do escantilhão pode garantir a precisão dimensional evitando assim a desmontagem das portas para encaixe nos vãos de paredes de alvenaria.

De uma forma geral, as vantagens advindas da transferência de atividades do canteiro para estágios iniciais da cadeia de suprimentos só são devidamente alcançadas com um comportamento cooperativo entre os atores da cadeia. A pré-fabricação atende esse foco do GCS, mas a decisão de utilizar componentes pré-fabricados no canteiro de obras torna a cadeia mais complexa. Tal fato deve ser bem administrado pela empresa construtora de forma que as vantagens desse sistema seja verdadeiramente aproveitadas.

## **5.5 Considerações Finais**

Este capítulo apresentou os resultados do estudo preliminar em um EHIS no qual as portas e janelas de madeira do tipo ficha foram utilizadas como unidades de análise. Os principais problemas encontrados nas esquadrias estavam relacionados com a qualidade do material entregue na obra. Em seguida foram apresentados os resultados do estudo de caso I no qual foi possível investigar com maior profundidade os processos de fabricação e instalação das portas prontas. Foram elaborados MFVs do estado atual e futuro do processo de fabricação das portas. Os resultados do estudo de caso II demonstraram que a falta de precisão na execução dos vãos de paredes em alvenaria comprometia o processo de instalação das portas prontas. Por fim, foi realizada uma análise cruzada dos estudos realizados.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS

### 6.1 Conclusões

A partir da análise dos resultados e da revisão bibliográfica são propostas contribuições relacionadas à questão principal do trabalho: **Como melhorar os fluxos de materiais e informações entre os atores da cadeia de suprimento de portas prontas de madeira?** O estudo da cadeia de suprimentos de portas prontas de madeira vem ao encontro da crescente importância dos componentes pré-fabricados na ICC e permite investigar um dos focos do gerenciamento de cadeias de suprimento da construção civil. Além disso, esta pesquisa foi iniciada a partir da definição das duas hipóteses de trabalho. Essas hipóteses são derivadas da revisão bibliográfica e foram apresentadas no final do capítulo 3.

Neste contexto, o objetivo geral foi propor soluções para a cadeia de suprimentos de portas prontas de madeira com base na mentalidade enxuta aplicada à indústria da construção civil. Para atingir esse objetivo foram definidos outros dois objetivos, discutidos abaixo:

O primeiro objetivo está relacionado a identificar **os principais problemas enfrentados pelos atores da cadeia de suprimento de portas prontas de madeira**. No estudo preliminar realizado em um EHS foram encontrados problemas relacionados à qualidade do produto final, tais como:

- Apresentação de imperfeições como brocas e rachaduras.
- Madeira não apresentava estado satisfatório (madeira “verde”, fabricação fora de esquadro, empenadas).
- Falta de tratamento da madeira.
- Diferentes tipos de madeira em uma mesma peça.
- Desbitolamento (peças com tamanhos variados).

Além desses problemas, as análises realizadas indicaram a presença de problemas gerenciais como o armazenamento inadequado das portas no canteiro e as falhas na comunicação entre a empresa construtora e o fornecedor.

No primeiro estudo de caso os principais problemas identificados foram:

- A falta de confiança da empresa construtora em seus fornecedores de portas devido a experiências anteriores com outros fornecedores.

- O aumento do tempo de ciclo e do tempo de atravessamento do processo de fabricação das portas devido à falta de confiança do gerente da obra no fornecedor e também devido ao atraso, ocasionado pela construtora, na entrega de materiais que seriam incorporados às portas durante a fabricação.
- O desnivelamento da demanda das portas. As portas foram fabricadas e entregues em um grande lote, mas foram instaladas em pequenos lotes após a entrega na obra. Isso gerou, sem necessidade, um grande volume de trabalho para o fornecedor em um determinado momento.
- A redução de valor do produto final devido à falta de consideração das condições do entorno no qual as portas foram instaladas. Por exemplo, devido a falta de instalação de batedores as portas eram danificadas ao fecharem bruscamente devido à ação dos ventos. Outro exemplo pode ser ilustrado devido ao inchamento do marco da porta devido à absorção da umidade proveniente da argamassa ocasionando a necessidade de ajustes nas portas prontas.
- A perda dos benefícios das portas prontas por conta da desmontagem no canteiro de obras. Problema ocasionado pela falta de consideração da porta pronta como parte de um sistema completo que inclui as portas, as paredes no seu entorno, e os materiais empregados na interface dos dois sistemas.

Em adição aos problemas identificados no primeiro estudo de caso, a pouca atenção despendida às tolerâncias dimensionais foi o principal problema encontrado durante a condução do segundo estudo de caso.

O segundo objetivo da pesquisa refere-se identificar **a origem dos principais problemas entre os atores da cadeia de suprimento de portas prontas de madeira**. Esse objetivo foi alcançado através da condução dos dois estudos de casos em que foi possível analisar em profundidade os processos de fabricação e instalação das portas. A análise dos estudos de caso permitiu identificar que a origem da maioria dos desperdícios e problemas de cadeias de suprimentos de portas prontas encontra-se em um estágio da cadeia diferente daquele em que os problemas aparecem, conforme sugerido por Vrijhoef e Koskela (2000). Corroborando assim com que está presente na literatura sobre gerenciamento de cadeias de suprimentos da construção civil. A origem dos problemas da cadeia em estudo está na falta de confiança entre os atores da cadeia, na não consideração de componentes pré-fabricados na fase de projeto e na pouca atenção despendida às tolerâncias dimensionais.

Considera-se que o objetivo geral da dissertação foi alcançado através do cumprimento dos dois objetivos específicos citados anteriormente e mais especificamente através do mapeamento de fluxo de valor do processo de fabricação. Tal mapeamento permitiu a elaboração de um mapa do estado futuro em que melhorias foram sugeridas com o objetivo de eliminar desperdícios e diminuir o tempo de atrevesamento da cadeia:

- Sistema puxado entre o processo de usinagem e o processo de requadro/esquadro.
- Instalação de uma linha FIFO (*first in, first out*, primeiro a entrar, primeiro a sair) com o objetivo de evitar a superprodução no processo fornecedor (usinagem).
- Proposição de um supermercado logo após o processo de requadro/esquadro.
- Proposição de sistema puxado entre o fornecedor F11 e o canteiro de obras, ou seja, a produção das portas deveria seguir a programação para instalação das portas na obra, para evitar estoques tanto na obra como no F11.
- Por fim, foi sugerido a realização de *kaizen* no processo de pré-montagem para reduzir o tempo de ciclo deste processo resultante da falta de treinamento de funcionários.

## 6.2 Recomendações para trabalhos futuros

As recomendações para trabalhos futuros são as seguintes:

- Estudo de outras cadeias de suprimento de materiais largamente empregados na região Nordeste, tais como: blocos cerâmicos e concreto usinado.
- Análise de cadeias de suprimento de produtos pré-fabricados e o valor agregado para o cliente final.
- Modelagem de cadeias de suprimento de habitações de interesse social no Nordeste no sentido de detectar as principais ações necessárias para a sua modernização.
- Desenvolvimento de especificações técnicas para a melhoria da qualidade da habitação de interesse social.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo Setorial 2007:** Indústria de madeira processada mecanicamente. Disponível em: <[http://www.abimci.com.br/estudos\\_setoriais/estudo\\_setorial2006/estudos\\_setorial2006.html](http://www.abimci.com.br/estudos_setoriais/estudo_setorial2006/estudos_setorial2006.html)>. Acesso em: 15 mar. 2009

ABIKO, A. K.; GONÇALVES, O. M.; CARDOSO, L. R. A. **O Futuro da construção civil no Brasil:** resultados de um estudo de prospecção tecnológica da cadeia produtiva da construção habitacional. São Paulo: USP, 2003 Disponível em: <<http://prospectiva.pcc.usp.br/arquivos/O%20futuro%20da%20construção%20civil%20no%20brasil.pdf>> Acesso em: 25 ago. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO. **A cadeia produtiva da construção e o mercado de materiais.** São Paulo, 2007. Disponível em: <[http://www.abramat.org.br/lista\\_publicacao.asp?s=14&txtBusca=&npage=4](http://www.abramat.org.br/lista_publicacao.asp?s=14&txtBusca=&npage=4)>. Acesso em: 10 set. 2009.

ALVES, T.C.L. et al. **Programa Qualifor:** Relatório sobre o trabalho com o meio externo (1ª etapa). FCPC/UFC, Fortaleza, CE, 2009 (relatório interno)

ALVES, T.C.L. **Buffering Practices in HVAC Ductwork Supply Chains.** Ph.D. Dissertation – Civil and Environmental Engineering, University of California, Berkeley, 2005.

ALVES, T.C.L.; TOMMELEIN, I.D. Cadeias de suprimentos na construção civil: análise e simulação computacional. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.7, n.2, p. 31-44, abr./jun. 2007.

ARBULU, J. R.; TOMMELEIN, D. I. Value stream analysis of construction supply chains: case study on pipe supports used in power plants. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10., 2002, Gramado. **Proceedings...** Gramado: IGLC, 2002

ARBULU, R.; BALLARD, G. Lean Supply Systems in Construction. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 12., 2004, Elsinore. **Proceedings...** Elsinore: IGLC, 2004.

AZAMBUJA, M.M.B. **Processo de projeto, aquisição e instalação de elevadores em edifícios: diagnóstico e propostas de melhoria**. 2002. 149 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

AZAMBUJA, M.M., O'BRIEN, W.J. A Qualitative Evaluation of Construction Supply Chain Visual Process Modeling Tools. In: CONSTRUCTION RESEARCH CONGRESS. **Proceedings...** Grand Bahama Island: ASCE, 2007.

AZAMBUJA, M. M.; O'BRIEN, W.J. Construction Supply Chain Modeling: issues and perspectives. In: O'BRIEN, W.J.; FORMOSO, C.T.; VRIJHOEF, R.; LONDON, K.A. **Construction Supply Chain Management Handbook**. 1. ed. New York: CRC Press, 2009, cap. 2.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/Logística Empresarial**. 5. ed. Porto alegre: Bookman, 2006.

BARROSO, R. L.; ALVES, T. C. L.; SILVEIRA, R. F. Análise do fluxo de valor de argamassas produzidas em um empreendimento habitacional de interesse social. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 5., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: 2007.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS D.J.; COOPER. B.M. **Gestão Logística de Cadeias de Suprimento**. Porto Alegre: Artmed, 1996.

BRISCOE, G.; DAINY, A.R.J.; MILLETT, S. Construction supply chain partnerships: skills, knowledge and attitudinal requirements. **European Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 7, n.2, p.243-55, 2001.

BULHÕES, I. R. **Diretrizes para implementação de fluxo contínuo na construção civil: uma abordagem baseada na Mentalidade Enxuta**. 2009. 361 f. Tese (Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual de Campinas, 2009.

BURGESS, K.; SINGH, P. J.; KOROGLU, R., Supply chain management: a structured literature review and implications for future research. **International Journal of Operations & Production Management**, v.26, n.7, p.703-729, 2006.

BURRELL, G.; MORGAN, G. **Sociological paradigms and organizational analysis**. London: Heinemann Educational Books, 1979.

CHEN, I. J.; PAULRAJ, A. Understanding supply chain management: critical research and a theoretical framework. **International Journal of Production Research**. v. 42, n.1, p.131-163, 2004.

CHRISTOPHER, M. **Logistics and supply chain management: creating value-added networks**. 3 ed. New York: Financial Times Prentice Hall, 2005.

COLLINS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em Administração: Um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de Pesquisa em Administração**. Tradução Luciana de Oliveira Rocha. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

FERNIE, S.; THORPE, A. Exploring change in construction: supply chain management. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v.14, n.4, p. 319 – 333, 2007.

FONTANINI, P.S. **Mentalidade enxuta no fluxo de suprimentos da construção civil: aplicação de macro-mapeamento na cadeia de fornecedores de esquadrias de alumínio**. 2004. 275 f. Dissertação (Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual de Campinas, 2004.

FONTANINI, P.S.; PICCHI, F.A. Mapeamento administrativo de fluxo de valor em habitações de interesse social – um estudo de caso –fluxo de projeto do conjunto habitacional de itatiba. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ENTAC: 2008.

FORMOSO, C.T. Estratégias e ações prioritárias para ciência, tecnologia e inovação na área de tecnologia do ambiente construído. **Seminário Ibero-Americano da Rede CYTED**, 4, 2003 São Paulo, SP, p.227-238.

GEHBAUER, F.; EGGENSPERGER, M.; ALBERTI, M.E.; NEWTON, S.A. **Planejamento e gestão de obras: Um resultado prático da cooperação técnica Brasil – Alemanha**. 1 ed. Curitiba: CEFET-PR, 2002.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GODOY, A.S. Estudo de caso qualitativo. In: GODOI, C.K.; BANDEIRA-DE-MELLO, R.; SILVA, A. **A pesquisa qualitativa em estudos organizacionais: paradigmas, metáforas e métodos**. São Paulo: Saraiva, 2007, cap. 4.

GREEN, S. D.; FERNIE, S.; WELLER, S. Making sense of supply chain management: a comparative study of aerospace and construction. **Construction Management and Economics**, v. 2, n.6, p. 579-593, 2005.

GREVEN, H. A. Coordenação Modular. In: GREVEN, H. A. **Técnicas não convencionais em edificação I**. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. Notas de aula.

GREVEN, H. A.; BALDAUF, A. S. F. **Introdução à coordenação modular da construção no Brasil**: Uma abordagem atualizada. 1 ed. Porto Alegre: ANTAC, 2007.

GUNASEKARAN, A.; NGAI, E.W.T. Build-to-order supply chain management: a literature review and framework for development. **Journal of Operations Management**, n.23, p. 423-451, 2005.

GUNASEKARAN, A.; PATEL, C.; MCGAUGHEY, R. E. A framework for supply chain performance measurement. **International Journal of Productions Economics**, v.87, p. 333-347, 2004.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. C. L. **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. 1 ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.

ISATTO, E. L. **Proposição de um modelo teórico-descritivo para a coordenação inter-organizacional de cadeias de suprimentos de empreendimentos de construção**. 2005. 305 p. Tese (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005

JONES, D.; WOMACK, J. **Enxergando o todo**: mapeando o fluxo de valor estendido. 1 ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004.

KIM, Y.; BAE, J. Supply chain costs analysis using activity-based costing: case study in rebar supply. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 17., 2009, Taiwan. **Proceedings...**Taiwan: IGLC, 2009.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford University, CIFE Technical Report # 72, 1992.

LAU, A. K. W.; YAM, R. C. M.; TANG, E. P. Y. Supply chain integration and product modularity: An empirical study of product performance for selected Hong Kong

manufacturing industries. **International Journal of Operations & Production Management** v. 30 n. 1, p. 20-56, 2010.

LIBRELOTTO, L. I.; FERROLI, P. C. M.; RADOS, G. V. Caracterização da sustentabilidade nas empresas de construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ABEPRO, 2003.

LIMA, M. M. X.; BISIO, L. R. A.; ALVES, T. C. L. Mapeamento do fluxo de valor do projeto executivo de arquitetura em um órgão público. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1., 2009, São Carlos. **Anais...** São Carlos: USP, 2009.

LONDON, K.; KENLEY, R. An Industrial Organization Supply Chain Approach for the Construction Industry: A Review. **Journal of Construction Management and Economics**, v.19, n.8, p. 777-788, 2001.

LOTURCO, B. Padronização e Qualidade. **Revista Técnica**. v. 103. São Paulo: Pini. Out. 2005. Seção Reportagens. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/103/artigo31638-1.asp> Acesso em: 18 nov 2008.

LUCKO, G.; ROJAS, E.M. Reseach Validation in the construction domain. In: CONSTRUCTION RESEARCH CONGRESS. **Proceedings...** Seattle: ASCE, 2009, p. 1449-1458.

MARTINS, G.A. **Estudo de caso: uma estratégia de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2006.

MASCARÓ, L. E. R. de. **Coordinación modular? Qué es? Summa**, Buenos Aires, n. 103, p. 20-21, ago. 1976.

MASSETO, L.; HAITO, R.; BERNARDES, M.; SABBATINI, F.; BARROS, M. Análise do Mercado de esquadrias no Brasil baseada em aspectos de desempenho. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ENTAC, 2008.

MEDEIROS, H. Fabricantes ampliam variedades de portas para ganhar mercado interno. **Construção Mercado**, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.piniweb.com.br/construcao/premio-pini/artigo113510-1.asp>>. Acesso em: 23 set. 2009.

MELO, R. S. S.; BARRETO, A. M.; BARROS NETO, J. P. Transformação *lean* nos escritórios: mapeamento do fluxo de valor do processo de escritura de apartamentos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 6. , 2009, JoãoPessoa. **Anais...** João Pessoa: ANTAC, 2009a.

\_\_\_\_\_; BARRETO, A. M.; ALVES, T. C. L. Estudo da cadeia de suprimento de esquadrias de madeira: o caso das portas tipo ficha. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 6. , 2009, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ANTAC, 2009b.

MENTZER, J.; DEWITT, W.; KEEBLER, J. S.; MIN, S.; NIX, N. W.; SMITH, C. D.; ZACHARIA, Z. G., Defining supply chain management. **Journal of Business Logistics**, v.22, n.2, p.1-25, 2001.

MIGUEL, P. L. S.; BRITO, L. A. L. Antecedentes da gestão da cadeia de suprimentos, eles realmente existem? um estudo empírico no brasil. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 12., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV-EAESP, 2009.

MILBERG, C.; TOMMELEIN, I. D. Application of tolerance analysis and allocation in work structuring: partition wall case. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 11., 2003, Blacksburg, VA , USA. **Proceedings...** Blacksburg: IGLC, 2003.

MILBERG, C. Tolerance considerations in work structuring. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 15., 2007, Michigan , USA. **Proceedings...** Michigan: IGLC, 2007.

OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção**: Além da produção em larga escala. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PASQUALINI, F.; ZAWISLAK, P. A. Value stream mapping in construction: a case study in a brazilian construction company. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 13., 2005, Sydney. **Proceedings...** Sydney: IGLC, 2005.

PASQUIRE, C. L.; CONNOLLY, G. E. Design for manufacture and assembly. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 11., 2003, Blacksburg, VA , USA. **Proceedings...** Blacksburg: IGLC, 2003.

POLAT, G.; BALLARD, G. Construction Supply Chains: Turkish Supply-Chain

Configurations for Cut and Bent Rebar. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 11., 2003, Blacksburg, VA , USA. **Proceedings...**Blacksburg: IGLC, 2003.

PORTER, M.E. **Vantagem Competitiva: Criando e sustentando um desempenho superior.** Rio de Janeiro: Campus, 1992.

PROVERBS, D.; GAMESON, R. Case study research. In: KNIGHT, A.; RUDDOCK, L. **Advanced Research Methods in the Built Environment.** Oxford: Wiley-Blackwell, 2008.

ROCHA, F. E. M.; HEINECK, L. F. M.; LEITE, M. O. O conceito plug and play na comercialização de edifícios . In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar.** São Paulo: Lean Enterprise Institute, 1999.

SALES, A. L. F.; BARROS NETO, J. P.; FRANCELINO, T. B. O fluxo de informação na construção civil: estudo aplicado em uma empresa construtora de Fortaleza. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ABEPRO, 2003.

SILVA, M. A. C. Estratégias competitivas na indústria da construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1995, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ/UFF/ANTAC, 1995. v.1, p.97-102.

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. **Designing and Managing the Supply Chain: concepts, strategies and case studies.** 2 ed., 2003.

STAR, M. K. Modular production – a 45-year-old concept. **International Journal of Operations & Production Management.** v. 30 n. 1, p. 7-19, 2010.

TAN, K.C. A framework of supply chain management literature. **European Journal of Purchasing & Supply Management.** v. 7 n.1, p.39-48, 2001.

TEIXEIRA, R.; LACERDA, D. P. Gestão da Cadeia de Suprimentos: Análise dos Artigos Publicados nos Principais Periódicos Acadêmicos Internacionais entre os Anos de 2004 e 2006. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E

PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 33, São Paulo, 2009. **Anais...** São Paulo: ANPAD, 2009.

VOORDIJK, H., HAAN, J. de, JOOSTEN, G.J. Changing governance of supply chains in the building industry: a multiple case study. **European Journal of Purchasing & Supply Management**. n.6. p. 217-225, 2000.

VRIJHOEF, R.; KOSKELA, L. The Four roles of supply chain management in construction. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, n. 6, p. 169-178, 2000.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T., **A mentalidade enxuta nas empresas: Elimine o desperdício e crie riqueza**. 5ª Edição, Rio de Janeiro, Campus, 1998

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. 7 ed. São Paulo: Pini, 2006

YIN, R.K. **Estudo de caso: Planejamento e métodos**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YU, H., TWEED, T.; AL-HUSSEIN, M.; NASSERI, R. Development of Lean Model for House Construction Using Value Stream Mapping., v.135, n.8, p. 782-790, 2009.

## APÊNDICE 1 – PROTOCOLO DE ESTUDO DE CASO

### VISÃO GERAL DO PROJETO

Muitos estudos já realizados ressaltam a importância do estudo de cadeias de suprimentos na construção civil (KOSKELA e VRIJHOEF, 2000; ALVES 2005, O'BRIEN et al.,2008), muito embora a realização dessas pesquisas possa se tornar uma tarefa complexa devido ao grande número de empresas envolvidas e distantes geograficamente (ALVES e TOMMELEIN, 2007).

A pesquisa tem como principais referenciais teóricos diversos estudos realizados ao longo da atual década tanto sobre as características da indústria da construção e de suas cadeias de suprimentos (e.g., KOSKELA e VRIJHOEF, 2000; O'BRIEN et al., 2009), como estudos de casos de cadeia de suprimentos dos mais variados componentes e subsistemas de obras de construção civil, tais como: suportes de tubulações (ARBULU e TOMMELEIN, 2002), elevadores (AZAMBUJA, 2002), vergalhões (POLAT e BALLARD, 2003), esquadrias de alumínio (FONTANINI, 2004), dutos de ar condicionado (ALVES, 2005).

Dessa forma, o presente estudo visa investigar a cadeia de suprimento de esquadrias de madeira e mais especificamente as folhas de portas que foram definidas como unidade de análise. O escopo de análise da cadeia em estudo concentra-se apenas em dois atores da cadeia de suprimentos de esquadrias de madeira: construtor e fornecedor de portas. Assim, o objetivo geral deste estudo é propor soluções para a cadeia de suprimentos de portas prontas de madeira com base na mentalidade enxuta aplicada à indústria da construção civil.

A partir do objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar os principais problemas ao longo dos estágios da cadeia em estudo.
- Identificar a origem dos principais problemas entre os atores da cadeia de suprimento de portas prontas de madeira.
- Propor soluções com base na mentalidade enxuta aplicada à indústria da construção civil.

### PROCEDIMENTOS DE CAMPO

#### Carta de apresentação

Essa carta visa a apresentar Reymard Sávio Sampaio de Melo, aluno do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará. Atualmente, como bolsista de mestrado do CNPq, conduzo uma pesquisa sobre a cadeia de suprimentos de esquadrias de madeira.

Basicamente, meu objetivo é mapear os fluxos de materiais e informações entre os atores da cadeia de suprimento de portas prontas de madeira. A pesquisa espera identificar e documentar respostas a questões como: identificar os principais problemas ao longo dos estágios da cadeia em estudo; identificar a origem dos principais problemas entre os atores da cadeia de suprimento de portas prontas de madeira e propor soluções com base na mentalidade enxuta aplicada à indústria da construção

Dessa forma, solicito sua colaboração na coleta de dados deste estudo. Sua cooperação é essencial para concretizar tal esse estudo e para que o mesmo possa suportar as conclusões finais dessa pesquisa.

Obrigado pela colaboração.

### **Seleção da amostra**

Será adotada uma amostragem por conveniência (uma amostra não-probabilística): as empresas serão selecionadas por alguma conveniência do pesquisador.

### **Agendamento inicial da visitas**

O agendamento da data e horário das visitas ao canteiro de obras e aos comércios atacadistas e varejistas será realizado por e-mail, telefone ou pessoalmente com uma semana de antecedência. A confirmação será realizada até dois dias antes da visita. Em caso de atraso ou impossibilidade do entrevistado de comparecer na data e horário confirmados, uma nova visita será remarcada.

### **Escolha das pessoas que serão entrevistadas**

A escolha do respondente mais adequado é importante para a condução de um estudo de caso.

### **Construtor**

No processo de aquisição das esquadrias, muitas pessoas estão envolvidas (engenheiro, funcionários do setor de comprar, encarregado de instalação).

Em relação ao manuseio, Armazenagem e instalação das esquadrias, o próprio encarregado do processo de instalação das portas e janelas no canteiro de obras é um bom respondente.

## **QUESTÕES DO ESTUDO DE CASO**

### **Ator da cadeia: Construtor**

### **Fonte de Dados:**

Funcionários do setor de compras da empresa construtora

Engenheiro da obra

Procedimento da qualidade

Encarregado da instalação das esquadrias

Almoxarife

### **Questões**

### **AQUISIÇÃO DAS ESQUADRIAS:**

- Como funciona o sistema de compras?
- Como é feito o levantamento das quantidades necessárias de esquadrias para o empreendimento?

- Como essas quantidades são traduzidas em pedidos de compras?
- Quem é responsável pela aprovação da ordem de compra?
- Como as compras são programadas para entrega?
- Quais informações a empresa mantém a respeito dos fornecedores?

#### INSPEÇÃO NO RECEBIMENTO:

- Quais são as características inspecionadas no momento de recebimento das esquadrias na obra?
- Quais são os critérios de aceitação?
- Qual a amostragem adotada pela empresa?
- Quem é o responsável pela conferência desses critérios?
- Quem é responsável pela conferência da ordem de compra?

#### PRESERVAÇÃO DAS ESQUADRIAS

- Como é o manuseio e transporte das esquadrias até o local de estoque?
- Onde as esquadrias são armazenadas na obra?
- Quanto tempo as esquadrias ficam armazenadas?
- Como é armazenamento das esquadrias de madeira na obra? Empilhamento máximo?