UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

ANÁLISE DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO E PROPOSTA DE MELHORIAS PARA ELEMENTOS PRÉ FABRICADOS QUE COMPOEM CASAS POPULARES SOB O ASPECTO DA PRODUÇÃO ENXUTA

CURITIBA
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

SUSAN PESSINI SATO

ANÁLISE DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO E PROPOSTA DE MELHORIAS PARA ELEMENTOS PRÉ FABRICADOS QUE COMPOEM CASAS POPULARES SOB O ASPECTO DA PRODUÇÃO ENXUTA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Área de Concentração em Gerenciamento, Departamento de Construção Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Orientador: Profª. Drª. Adriana P. Santos Lacerda

CURITIBA
2012

Sato, Susan Pessini
Análise do processo de fabricação e proposta de melhorias para elementos pré fabricados que compõem casas populares sob o aspecto da produção enxuta / Susan Pessini Sato – Curitiba, 2012.
131 f. : il., tab.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil.
Orientador: Adriana de Paula Lacerda Santos

1. Casas pré-fabricadas. 2. Habitação popular. 3. Habitações – Construção. I. Santos, Adriana de Paula Lacerda. II. Título.

CDD 694.1

TERMO DE APROVAÇÃO

SUSAN PESSINI SATO

ANÁLISE DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO E PROPOSTA DE MELHORIAS PARA ELEMENTOS PRÉ FABRICADOS QUE COMPOEM CASAS POPULARES SOB O ASPECTO DA PRODUÇÃO ENXUTA

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Área de Concentração em Gerenciamento, Departamento de Construção Civil, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:

Profª. Drª. Adriana de Paula Lacerda Santos
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil
Universidade Federal do Paraná

Examinadores:

Prof. Dr. Sérgio Scheer
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil
Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Ricardo Mendes Júnior
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal do Paraná

Curitiba, 04 de abril de 2012.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela dom da vida.

Agradeço aos meus pais, que mesmo distantes sempre foram muito presentes na minha vida.

Agradeço a CAPES pelo incentivo e oportunidade de estudar proporcionando os recursos necessários para isso.

Agradeço ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Construção Civil da UFPR e a toda a coordenação que trabalham intensamente para alinhar os cursos e disciplinas às necessidades da sociedade.

Agradeço aos professores, que com muita sabedoria, souberam ensinar e transmitir seus conhecimentos, em especial a professora Adriana de Paula Lacerda Santos, por acreditar em mim e estar sempre presente, ensinando e orientando, durante essa trajetória de conquistas.

Ao companheirismo dos meus colegas de sala que tornaram a jornada mais leve e divertida, em especial á Silvia Maria Nogueira Baldessar pelas inúmeras risadas e momentos de alegria.

Agradeço também as empresas onde foram realizados os estudos de caso e todos os funcionários envolvidos no processo, assim como os alunos bolsistas e de iniciação científica do GESIT, Ricardo Ponzoni Dognini e Ingrid Giacomelli.

Em especial, gostaria de agradecer á Valeria Arantes pelo incentivo inicial de retornar à sala de aula e pelo suporte moral, espiritual e material por ela proporcionado.

RESUMO

A pré-fabricação na construção civil é considerada uma inovação tecnológica no setor construtivo e vem ganhando importância diante das necessidades impostas pelo mercado brasileiro cada vez mais exigente quanto à qualidade e ao cumprimento e redução de prazos.

A existência de uma visão estratégica de sustentabilidade seja sob a ótica empresarial, governamental ou mesmo da própria sociedade é um dos motivos que leva ao aperfeiçoamento de materiais e técnicas, fatores essencialmente abordados nos processos de fabricação de produtos. Não diferente das preocupações existentes em fábricas de bens de consumo, o processo de fabricação de peças para construção civil busca otimizar o tempo de execução da obra, minimizar os custos e eliminar os desperdícios, além de reduzir o contingente de mão de obra empregada.

Sob o ponto de vista da construção enxuta, esse trabalho teve como objetivo analisar os processos de fabricação de peças pré-fabricadas que compõem casas populares. Para isso, foram realizados estudos em duas empresas do ramo de pré-fabricação de casas populares, sendo uma delas confeccionada em madeira e a outra em concreto.

Os resultados apontaram que mesmo as empresas utilizando matéria prima e processos diferentes para a fabricação de elementos que compõem casas populares, foi possível utilizar a mesma ferramenta para medir o conhecimento e a efetividade das ações que relatam os princípios da construção enxuta. Sendo que a empresa B apresentou melhor desempenho que a empresa A, tanto na efetivação das tarefas que relatam os princípios da construção enxuta, quanto na concepção de seus conceitos.

PALAVRAS CHAVE: processos produtivos, pré-fabricação de casas populares, produção enxuta.

ABSTRACT

The prefabrication in construction is considered a technological innovation in the industry and it is gaining importance to the needs imposed by the Brazilian market, which is increasingly demanding about quality and deadlines.

The existence of a strategic vision of sustainability, either from the perspective business, governmental or even society point of view itself, is one of the reasons that lead to the improvement of materials and techniques, which are factors primarily dealt with in the process of manufacturing products.

Not unlike the concerns existing in factories of consumer goods, the process of manufacturing parts for construction seeks to optimize the runtime of the work, minimize costs and eliminate waste, in addition to reduce the number of labor employed.

From the point of view of lean construction, this study aimed to analyze the processes of manufacturing prefabricated parts that make up popular housing. To do so, studies were performed in two companies in the prefabrication of housing, one of them in wood and the other in concrete. Once the profiles of the companies were identified, it was proposed improvements to their production process in their various activities. During the data collection was used semi-structured interview, pre-prepared questionnaire, collection of documents, participant and direct observation, crono-analysis of activities and factory floor layout.

The results showed that even though the companies use different raw materials and processes for the production of the houses, it was possible to use the same tool in both companies to measure the knowledge and effectiveness of actions that relate to the principles of lean construction. These same principles were used to analyze the current situation of the companies and propose them improvements.

KEY WORDS: *productive processes, pre fabricated houses, lean production*

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: MODELO DE FLUXO DE CONVERSÃO. 14
FIGURA 2: MAPA MENTAL. 41
FIGURA 3: PASSOS DA COLETA DE DADOS. 43
FIGURA 4: MODELO PROPOSTO DE FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES. 49
FIGURA 5: EXEMPLO CONSTRUTIVO UTILIZADO PELO ESTUDO DE CASO A. 52
FIGURA 6: FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DA FÁBRICA. 55
FIGURA 7: FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DO ESCRITÓRIO 56
FIGURA 8: MODELO DE DIAGRAMA SPAGHETTI. 58
FIGURA 9: ESTOQUE DE PRODUTO ACABADO EMPRESA A. 62
FIGURA 10: DEPÓSITO DE MATÉRIA PRIMA DA EMPRESA A. 62
FIGURA 11: LAYOUT EXISTENTE DA EMPRESA A. 63
FIGURA 12: CORTE DE FERRAGENS EXCEDENTES. 63
FIGURA 13: DEPÓSITOS DOS DIFERENTES TIPOS DE FÔRMAS. 64
FIGURA 14: ÁREA DE SECAGEM COBERTA 64
FIGURA 15: ÁREA DE SECAGEM ABERTA 64
FIGURA 16: COLOCAÇÃO DA ARMADURA DAS PLACAS 66
FIGURA 17: EQUIPAMENTOS UTILIZADOS. 67
FIGURA 18: PREENCHIMENTO DAS FORMAS 67
FIGURA 19: LAYOUT PROPOSTO 1. 70
FIGURA 20: LAYOUT PROPOSTO 2. 71
FIGURA 21: INSTRUÇÃO DE TRABALHO PROPOSTO 73
FIGURA 22: PROJETO QUILOMBOLA – COHAPAR. 75
FIGURA 23: ESQUEMA ESTRUTURAL DA CASA EM WOOD FRAME DA EMPRESA B. 76
FIGURA 24: FLUXOGRAMA DE FABRICAÇÃO DE PAREDES (EMPRESA B). 77
FIGURA 25: ESTOQUE DE MATÉRIA PRIMA (EMPRESA B). 79
FIGURA 26: PLAINA 80
FIGURA 27: DESTOPADEIRA AUTOMÁTICA. 81
FIGURA 28: ÁREA DESTINADA A MADEIRA CORTADA (SUPERMERCADOS). 82
FIGURA 29: PASSOS DA CONFECÇÃO DAS PAREDES. 83
FIGURA 30: ÁREA DE EXPEDIÇÃO. 83
FIGURA 31: CRONOGRAMA. 84
FIGURA 32: LAYOUT ATUAL DA EMPRESA B. 86

FIGURA 33: MODELO DE GRÁFICO SPAGHETTI 86
FIGURA 34: DUTOS DE SUCÇÃO 90
FIGURA 35: DUTOS DE SUCÇÃO. ..... .90
FIGURA 36: ALMOXARIFADO. 91
FIGURA 37: CONFECÇÃO DOS QUADROS. 99
FIGURA 38: EQUIPAMENTO APROPRIADO 99
FIGURA 39: ÁREA DE SEPARAÇÃO DOS MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS 100
FIGURA 40: FLUXO DE MATERIAL PARA FABRICAÇÃO DAS CASAS 101
FIGURA 41: LAYOUT PROPOSTO. 102
FIGURA 42: SECÇÃO DE CORTE DA MADEIRA. 103
FIGURA 43: SECÇÃO DE FRAME. 103
FIGURA 44: FLUXO DE EMPLACAMENTO (FECHAMENTO LATERAL) 104
FIGURA 45: EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO FECHAMENTO LATERAL. 104
FIGURA 46: COLOCAÇÃO DE PORTA. 104
FIGURA 47: SISTEMAS DE MOVIMENTAÇÃO DAS PAREDES 105
FIGURA 48: MODELO DE INSTRUÇÃO DE TRABALHO 1ª PARTE. 106
FIGURA 49: RESULTADOS EMPRESA A. 109
FIGURA 50: RESULTADOS EM PORCENTAGEM EMPRESA B 112
FIGURA 51: RESULTADOS COMPARADOS DAS EMPRESAS A E B. 113

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: SIMBOLOGIA ADOTADA PARA O PROCESSO PRODUTIVO.....19
QUADRO 2: PENSAMENTO ENXUTO X CONSTRUÇÃO ENXUTA.....37
QUADRO 3: PONTUAÇÃO QUANTO A UTILIZAÇÃO. 45
QUADRO 4: PONTUAÇÃO QUANTO A IMPORTÂNCIA. 45
QUADRO 5: PARÂMETRO DE PONTUAÇÃO DA PRODUÇÃO ENXUTA. 46
QUADRO 6: MAPEAMENTO DAS ATIVIDADES DE PRODUÇÃO DE PLACAS DA EMPRESA A.....57
QUADRO 7: CARTOGRAFIA DAS ATIVIDADES DO PROCESSO PRODUTIVO DAS PLACAS.....59
QUADRO 8: MAPEAMENTO DAS ATIVIDADES EMPRESA B.....85
QUADRO 9: CARTOGRAFIA DAS ATIVIDADES DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PAREDES.....87
QUADRO 10: PARÂMETRO DE PONTUAÇÃO DA PRODUÇÃO ENXUTA.....107
QUADRO 11: RESULTADOS MÉDIOS REFERENTES AO QUESTIONÁRIO APLICADO NA EMPRESA A. 108
QUADRO 12: RESULTADOS MÉDIOS REFERENTES AO QUESTIONÁRIO APLICADO NA EMPRESA B. 110

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

CAD	COMPUTER AIDED DESIGN
CBIC	CONSELHO BRASILEIRO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO
DIEESE	DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS
PIB	PRODUTO INTERNO BRUTO
PNAD	PESQUISA NACIONAL POR AMOSTRA DE DOMICÍLIOS
IMVP	INTERNATIONAL MOTOR VEHICLE PROGRAMME
IBGE	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEODESIE
TPS	SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO
MFV	MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR
AFV	ANÁLISE DO FLUXO DE VALOR
AV	AGREGAM VALOR
NAV	NÃO AGREGAM VALOR
PCP	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO
P&D	PESQUISA E DESENVOLVIMENTO
OP	ORDEM DE PRODUÇÃO
UFPR	UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
ISO	INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION
OSHAS	OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT SPECIFICATION
COHAPAR	COMPANHIA DE HABITAÇÃO DO PARANÁ

SUMÁRIO

Capítulo 1- Introdução *1*

INTRODUÇÃO **1**

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA **3**

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA **4**

1.2.1 Objetivo principal 4

1.2.2 Objetivos específicos 4

1.3 JUSTIFICATIVAS **4**

1.3.1 Justificativa econômica 5

1.3.2 Justificativa social 5

1.3.3 Justificativa tecnológica 6

1.3.4 Justificativa ambiental 7

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA **8**

1.5 MÉTODO DE PESQUISA **8**

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO **9**

Capítulo 2- Revisão Bibliográfica *11*

2.1 SISTEMAS PRODUTIVOS **11**

2.2 MODELO DE CONVERSÃO **14**

2.3 PRODUÇÃO ENXUTA **15**

2.4 PENSAMENTO ENXUTO **16**

2.4.1 Princípios da Produção Enxuta 16

2.5 CONSTRUÇÃO ENXUTA **21**

2.5.1 Industrialização da construção civil 21

2.5.2 Princípios da Construção Enxuta 26

Capítulo 3 – Metodologia de Pesquisa *38*

3.1 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA **38**

3.1.1 Natureza da pesquisa 38

3.1.2 Classificação da pesquisa 38

3.1.3 Estratégia da pesquisa 39

3.2 ETAPAS DA PESQUISA **40**

3.2.2 Coleta de dados 42

3.2.3 Análise dos problemas encontrados 50

3.2.4 Proposta de melhorias 50

3.2.5 Considerações finais 51

Capítulo 4 – Os Estudos de Caso *52*

4.1 EMPRESA A **52**

4.1.1 DESCRIÇÃO 52

4.1.2 COLETA DE DADOS 53

4.1.3 PRINCIPAIS PROBLEMAS LEVANTADOS 60

4.1.4 MELHORIAS PROPOSTAS 69

4.2 EMPRESA B **75**

4.2.1 DESCRIÇÃO....75
4.2.2 COLETA DE DADOS....76
4.2.3 PRINCIPAIS PROBLEMAS LEVANTADOS....88
4.2.4 MELHORIAS PROPOSTAS....97

Capítulo 5 - Perfil de Lean dos Estudos de Caso....107

Capítulo 6 – Resultados e Conclusões....114

Capítulo 1- Introdução

O presente capítulo apresenta as questões fundamentais da pesquisa que ligam os objetivos e ressalta a importância sobre discutir a necessidade de um melhor entendimento do problema que foi estudado, bem como, a justificativa sob o aspecto: contribuição técnica, social, política, econômica e cultural.

INTRODUÇÃO

A construção civil é uma atividade de grande importância, pois é responsável por 70% do PIB do Brasil, gera em torno de 15 mil empregos diretos e indiretos e está em ascensão em todo o país (CBIC, 2010).

Devido a alta no setor, a mão de obra torna-se escassa e consequentemente seu valor eleva-se. Mesmo assim, percebe-se no ramo da construção civil baixos índices de qualificação de mão de obra e produtividade, além de carência de novos materiais e métodos construtivos. Por este motivo, as questões relacionadas ao modelo de gerenciamento da produção precisam ser repensadas (BLISMAS & WAKEFIELD, 2009).

O desperdício de recursos em obras no Brasil é fato conhecido e está materializado pelo número de obras inacabadas ou de má qualidade ou de valores elevados, encontradas na maioria dos municípios do país. Os resíduos gerados na obra durante a construção também devem ser considerados, pois estes valores atingem parte significativa do valor total do empreendimento (FORMOSO, 1993).

Estudos relatados por El Debs (2000) apontam que a construção civil convencional pode necessitar de até 80 homens/hora para produzir um metro quadrado acabado, o que demonstra a grande variedade de mão de obra empregada e consequentemente a morosidade da construção tradicional.

Outro fator agravante e de alta relevância para o presente estudo é o déficit habitacional brasileiro. De acordo com o estudo realizado pela Fundação Getúlio

Vargas (YOUNG, 2008), existe um déficit de 5.572.313 moradias em todo o Brasil, da qual há uma concentração da carência habitacional nas faixas de menor renda familiar. Cerca de 20% das moradias das famílias com renda até R$ 1 mil eram inadequadas, ou seja, composta por domicílios improvisados e coabitação, que corresponde ao número de casas em que há mais de uma família residente. Tendo em vista que a taxa média de crescimento do Brasil entre 1995 e 2005 foi de 2,38%, com uma contribuição de 0,27% dos investimentos em habitação, o que leva a crer que o ritmo de crescimento não é suficiente para atender a demanda no setor de habitação.

O setor também vem experimentando mudanças a partir da modificação do perfil de seus clientes. Estes têm exigido produtos de qualidade, preço competitivo e com menores prazos de entrega. A indústria da construção civil tem tentado se adaptar às novas exigências de mercado, adotando técnicas de gerenciamento e de produção que já são observadas e utilizadas, há algum tempo, por setores industriais como o automobilístico. O objetivo é aperfeiçoar seus processos e produzir produtos melhores e mais baratos (KOTLER, 2000).

Neste contexto, os métodos de construção convencional têm sido criticados pela baixa produtividade, alto risco de vida e grande produção de resíduos (VASCONCELOS, 2002). Os processos de trabalho na construção civil estão intimamente ligados aos métodos empregados na sua produção e o estágio tecnológico em que se encontra o setor. A pré-fabricação, por sua vez, pode oferecer vantagens significativas neste cenário, tais como: tempo de construção reduzido, melhoria da qualidade, saúde ocupacional e segurança aos trabalhadores; além da redução de resíduos e consumo de energia e água (DEBS, 2000).

A falta da fiscalização, ou até mesmo da implantação de normas e procedimentos de execução das atividades nas empresas de construção civil caracteriza um baixo domínio e controle sobre o processo, afetando negativamente a produtividade e a qualidade dos processos e produtos (FRANCO, 1992).

Sabbatini (1989) define a industrialização como sendo um processo evolutivo que objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e

melhorar o desempenho da atividade construtiva. Neste processo de industrialização são utilizadas diferentes ferramentas para implantar as melhorias organizacionais, inovações tecnológicas e de métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle. No processo industrializado os sistemas construtivos devem considerar a modulação, juntas, tolerância dimensional, transporte de peças e permutabilidade. Estes são concebidos e fabricados em módulos de forma seriada e padronizada e apresentam alto grau de repetitividade, sendo previamente definidos e racionalizados (OLIVEIRA, 1998).

A produção consiste no fluxo de atividades que se inicia com a matéria prima que sofre transformações e processamentos até chegar ao produto final, passando por etapas de movimento, espera e inspeção. Todas essas atividades geram custos e consomem tempo, mas somente as que agregam valor ao produto devem permanecer no processo, as que não agregam valor são chamadas de desperdício e devem ser evitadas (KOSKELA, 1992).

Desde o final da década de 70, muitos setores industriais experimentaram profundas modificações na organização de suas atividades produtivas, estabelecendo um novo paradigma de gestão da produção (FORMOSO, 2003).

Uma das razões apontadas para a presença de desperdício na construção civil reside no fato de que esta ainda trabalha no modelo de conversão tradicional, onde a atenção é voltada para a qualidade e a produtividade das saídas do processo de produção, ficando as atividades de fluxos desconsideradas (SANTOS, 1999), (FORMOSO, 1992).

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Nesse contexto, esta dissertação objetivou responder o seguinte problema de pesquisa: é possível fabricar casas populares com baixo custo, curto prazo, na medida e quantidade certa e com alta qualidade, seguindo a filosofia *do lean construction*?

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal dessa pesquisa foi propor melhorias para um sistema de produção de elementos que compõem casas populares pré-fabricada segundo os conceitos da Construção Enxuta.

Neste contexto, esta pesquisa buscou abranger conteúdos que descrevem as práticas existentes no processo de fabricação de casas pré-fabricadas, analisando-os sob o aspecto da produção enxuta. As melhorias propostas para a fabricação de casas populares focaram na qualidade do produto, na maior lucratividade das empresas e na redução do desperdício que é entendido como qualquer ineficiência que se reflita no uso de materiais, equipamentos, mão de obra ou capital, acima dos níveis necessários à produção.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos traçados para esta pesquisa foram:

- Mapear as atividades que agregam valor no processo de produção de casas populares.
- Identificar as atividades que não agregam valor ao processo produtivo.
- Comparar os resultados coletados com os princípios da construção enxuta.
- Sugerir modificações no processo a fim de atender os requisitos da construção enxuta.

1.3 JUSTIFICATIVAS

O tema da pesquisa tem sua origem na carência de inovação do processo construtivo, o qual permanece praticamente inalterado desde meados dos anos 80, e justifica-se sob o prisma econômico, social, ambiental e tecnológico.

1.3.1 Justificativa econômica

Segundo o DIEESE – Departamento de estatística e estudos socioeconômicos, publicado em setembro de 2009, o setor da construção civil contribui de forma decisiva para a taxa de investimento, bem como para a geração do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, onde se pode notar sua importância para a economia nacional.

A mão de obra assalariada no setor da construção civil absorveu mais da metade dos ocupados no setor em 2008, e o valor pago aos trabalhadores vem alcançando níveis cada vez mais elevados (DIEESE, 2009).

Segundo Debs (2000) a vantagem econômica dos pré-fabricados reside em seu custo controlado, sendo vantajoso utilizar a pré-fabricação quanto se tem a necessidade de produzir repetitivamente as mesmas peças em grandes quantidades. Também podem ser destacadas, como diferenciais econômicos sua flexibilidade de encaixe com diversas configurações diferentes, a agilidade no processo construtivo e a alta qualidade na qual pode ser garantida através de um controle de qualidade.

Santos (1995) afirma que a perda em peso médio em um edifício de processo construtivo convencional pode chegar a 20% pesquisando as perdas de alguns tipos de materiais, verificou um aumento de 5.06% a 11.62% sobre o custo total estimado.

1.3.2 Justificativa social

A construção civil tem relevante papel social, particularmente em relação à geração de empregos proporcionados pelo setor, bem como o poder de reprodução de empregos diretos e indiretos. Só em 2007, segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o setor respondia, diretamente por 6,7% do total de trabalhadores ocupados no país, o que significava cerca de 6,1 milhões de

pessoas. Em 2009, o setor empregou diretamente 7,4% do total de pessoas ocupadas, ou seja, 6,8 milhões de trabalhadores.

Não é surpresa que o setor da construção civil siga crescendo nos próximos anos, de um lado, o montante de investimento público e privado aponta nessa direção; de outro, as modalidades de crédito e financiamento do setor devem apresentar forte expansão nos próximos anos em função da queda dos juros e da maior alocação de recursos públicos e privados (bancos, fundos de pensão, mercado de capitais). Neste cenário, o déficit habitacional e a necessidade de infra-estrutura indicam que a demanda estará em forte expansão nos próximos anos (DIEESE, 2009).

Desde a década de 70, com a necessidade de suprir o déficit habitacional brasileiro, surgiram novos sistemas construtivos, alternativas aos produtos e processos tradicionais até então utilizados. Estes novos sistemas construtivos visavam principalmente a racionalização da construção (PICCHI, 1993). Essa inovação contribuiu para o adensamento das cadeias produtivas, envolvendo maior diferenciação em produtos e serviços, ganhos de produtividade, melhoria da logística e aumento da capacidade entre outros benefícios (SALGADO, 1992).

Como a redução de custo dos imóveis é uma condição para atrair consumidores de baixa renda, os quais podem beneficiar-se dos subsídios do governo federal para aquisição da casa própria, a melhoria de produtividade pode ser vista como um fator que proporciona e incentiva o crescimento do setor.

1.3.3 Justificativa tecnológica

O artesanato foi uma forma de produção característica da baixa Idade Média, sendo representado por uma produção de caráter familiar, na qual o produtor (artesão) possuía os meios de produção e trabalhava com a família em sua própria casa, realizando todas as etapas da produção, desde o preparo da matéria prima, até o acabamento final, ou seja, não havia divisão do trabalho ou especialização para a confecção de algum produto.

A partir da Revolução Industrial desenvolveram-se processos de fabricação em busca da padronização das peças, além de novas tecnologias e equipamentos.

Atualmente, industrialização é sinônimo de equipamentos e processos associados à tecnologia que busca em primeiro lugar a padronização e a qualidade do produto, porém na indústria da construção civil ainda é possível encontrar um número elevado de trabalhos manuais.

Muitas modificações propostas surgiram inicialmente na indústria automobilística japonesa e uma das que merecem destaque é a produção enxuta. Também conhecida na construção civil como *Lean Construction* apresentada por Koskela (1992), o qual afirma que o Pensamento Enxuto pode ser aplicado a qualquer setor da indústria. Sendo assim, atribui-se a baixa produtividade no setor da construção civil, em parte, pela falta de novas tecnologias no processo.

1.3.4 Justificativa ambiental

Um bom sistema construtivo deve ter uma baixa geração de resíduos, seja no local de produção das peças, seja no canteiro de obra. Devem ser criados mecanismos para minimizar os desperdício e diminuir os resíduos da construção civil, que representam relevante porcentagem do custo total da obra (SANTOS, 1999).

A utilização de materiais alternativos para a constituição das peças pré-fabricadas, tais como aditivos que se misturam ao concreto, ou materiais que não possuem algum tipo de composto são alternativas que podem trazer bons resultados e melhorias ao produto final, além dos ganhos ambientais, isso é assunto que tem sido muito discutido recentemente, inclusive por autoridades políticas, que visam produção com maior sustentabilidade.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa limitou-se a estudar o processo de fabricação de componentes de casas populares segundo a visão de valor abordada pelo Pensamento Enxuto, não levando em consideração a análise de gestão de projetos, gestão de conhecimento, custo, ou forma de trabalho dos diferentes processos produtivos. A pesquisa englobou, também na fabricação de habitações populares, o tempo de execução, as atividades que agregam ou não valor ao produto e a interferência dos demais setores produtivos das empresas estudadas ligados à fabricação das casas.

A pesquisa não buscou avaliar qual dos métodos de fabricação é o mais econômico, ou o mais rápido ou o mais sustentável, embora traga essas informações subentendidas nos dados coletados. Também não foi discutido aqui a contradição, muitas vezes abordadas por diversos autores, da maneira de medir o quanto uma empresa consegue ser enxuta, adotando alguns procedimentos, relatados nos princípios da construção enxuta, elaborado por Koskela (2000).

1.5 MÉTODO DE PESQUISA

Por se tratar de um problema contemporâneo, fazendo parte do cotidiano de empresas construtoras de pré-fabricados, o método escolhido foi o de estudo de caso onde se investiga um fenômeno atual dentro do contexto da vida real, abrangendo uma lógica de planejamento, técnicas de coleta de dados e as abordagens específicas à análise dos mesmos.

Buscando responder o problema de pesquisa foram realizados dois estudos de caso. Como fontes de evidência foram utilizados observações diretas, registros fotográficos, medições geométricas, coleta de documentos e entrevistas com questionários semi-estruturados.

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está estruturada da seguinte forma:

- **Capítulo 1 – Introdução.**

O primeiro capítulo da dissertação apresenta uma visão geral da pesquisa, apresentando a escolha das questões e objetivos traçados e suas justificativas, abrangendo também a necessidade de entender e consolidar os princípios estudados no capítulo posterior. Este capítulo também abrange delimitação da pesquisa e o método de pesquisa utilizado.

- **Capítulo 2 – Fundamentação teórica.**

O capítulo apresenta o estado da arte em que se encontra o estudo dos princípios que abordam a construção enxuta. Através de uma revisão da literatura, iniciando com o método das conversões, passando pelo princípio da mentalidade enxuta, onde são apontados os cinco pilares da filosofia que baseiam-se os princípios da construção enxuta. Proporciona uma visão geral de todos os princípios estudados por diversos pesquisadores e por fim é feito um comparativo em forma de tabela dos princípios abordados, o que deixa claro a interação e subjetividade entre eles.

- **Capítulo 3 – Metodologia da pesquisa.**

O capítulo transcreve o método de pesquisa utilizado para a realização desta pesquisa, mostrando a unidade de análise, a classificação do método de pesquisa adotado, as fases, assim como os procedimentos para elaboração e aplicação do protocolo de coleta de dados e a estratégia de análise dos mesmos.

- **Capítulo 4 – Coleta de dados e analise dos estudos de caso.**

Neste capítulo são apresentadas as características das empresas escolhidas como estudo de caso dando ênfase nos processos produtivos de cada uma delas. Foram elaborados fluxogramas das atividades e relatados os passos do processo de fabricação das peças; foram enumeradas e classificadas as atividades para que posteriormente pudessem ser medidas e quantificadas, os mesmos foram

relatados em esquemas gráficos e tabelas que somados evidenciam as atividades que compõem o processo produtivo atual das empresas

Assim foi possível fazer o levantamento dos pontos fortes e fracos, identificando os problemas existentes nos processos produtivos de cada empresa, criando diretrizes de balizamento para elaboração de sugestões de melhorias baseadas nos fundamentos dos princípios da construção enxuta estudados no capítulo 2 e em casos de *benchmarks* conhecidos.

Todos os conceitos desenvolvidos e melhorias propostas foram apresentados em forma esquemática para fácil entendimento, podendo ser utilizado por empresas como um procedimento para realização da tarefa de operação, pois o mesmo tem por objetivo destacar somente as atividades que agregam valor e os pontos chaves do processo, para que a melhoria contínua seja implantada.

- **Capitulo 5 – Perfil de *Lean* dos Estudos de caso.**

O capítulo contempla os resultados provenientes do questionário aplicado a cada estudo de caso, apresentado em forma de gráficos que demonstram o perfil de construção enxuta utilizado dentro de cada estudo de caso. Traz também análises qualitativas obtidas através do cruzamento de informações coletadas ao longo da pesquisa e de uma análise criteriosa baseada nos princípios da construção civil.

- **Capitulo 6 – Discussões e conclusões.**

Neste capítulo foram descritos os passos percorridos pela pesquisadora durante os processos de coleta dos dados, assim como as dificuldades encontradas durante a pesquisa. Relata as principais dificuldades e delimitações que foram encontradas ao longo da pesquisa. Os principais aspectos discutidos neste capítulo foram as conclusões atribuídas em decorrência das fases anteriores descritas, e a visão da pesquisadora referente à relevância do assunto em questão, além de apresentar a verificação dos objetivos, bem como a validação da pesquisa. Ao final do capítulo foram apresentadas sugestões para futuros trabalhos.

Capítulo 2- Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica tem o objetivo de relatar os aspectos históricos e conceitos clássicos até reflexões atuais de um tema que se deseja pesquisar. A intenção desse capítulo foi selecionar a literatura que possibilitasse o estudo da arte do assunto exposto nesta dissertação.

Esta etapa é considerada essencial para possibilitar a reflexão sobre o problema de pesquisa, bem como a partir do relato de diversos autores com diferentes pontos de vista.

2.1 SISTEMAS PRODUTIVOS

Os processos produtivos e estudos relativos à redução de perdas evoluíram ao longo do tempo. Alguns modelos de gestão de produção serão apresentados nessa seção, de forma a contextualizar as mudanças que a função produção sofreu ao longo do tempo.

A função produção existe desde o homem das cavernas, com a fabricação de instrumentos ou utensílios das culturas primitivas. As técnicas primitivas tiveram origem na descoberta do fogo, no polimento das pedras, no cozimento dos alimentos surgidos ainda no paleolítico. Nasceram de um instinto humano, provavelmente com o desenvolvimento de sua consciência. O período neolítico é o resultado de uma verdadeira revolução técnica. Quando se descobre a agricultura, o pastoreio, a domesticação de animais, a cerâmica, a fabricação do vinho e da cerveja, toma-se possível a organização social (WOMACK *et al*, 2004).

A era da produção artesanal sofreu grande revolução após estudos realizados por Adam Smith (1723 – 1790), que abordavam a divisão de tarefas. Segundo suas publicações, seria possível realizar um número muito superior de produtos se houvesse uma divisão de tarefas na produção, resultando assim, em

uma maior produção, com a mesma quantidade de recursos, diminuindo os custos unitários e trazendo vantagens competitivas (SMITH, 1996).

Desde o inicio de século XIX, foram muito bem sucedidos os desenvolvimentos de teorias científicas para explicar o funcionamento das máquinas. Há um desenvolvimento técnico, principalmente na produção de minérios e carvão e das práticas siderúrgicas e metalúrgicas, inteiramente devido ao trabalho de práticos totalmente alheios às teorias cientificas, cuja habilidade fora adquirida através de mestres, no próprio trabalho (VARGAS, 1985). A mesma coisa aconteceu na construção de pontes, estradas e canais, o que formava o embasamento da engenharia civil (BRUNA, 1976).

Na Inglaterra, na primeira metade do século XIX, continuam os avanços técnicos realizados na prática: em 1804, Richard Trevithick construiu a primeira locomotiva a vapor que corria sobre trilhos de aço. Em 1830, apareceu o primeiro trem de passageiros, construído por George Stephenson, entre Liverpool e Manchester. Daí se inicia o grande surto de construção ferroviária inglesa a principio na própria Inglaterra e, depois de 1860, na Índia, na África e na América Latina. Com a construção ferroviária a engenharia civil inglesa desenvolve os métodos modernos de construção de pontes e túneis. O primeiro alto-forno de coque foi em 1825, por Nielson, e o primeiro conversor Bessemer entrou em operação em 1860. Assim iniciou-se a moderna industria siderúrgica. A conjugação da indústria de tecelagem e a máquina a vapor possibilita, por volta de 1835, as grandes fábricas de tecidos, em Manchester. Entretanto o avanço da técnica na Inglaterra e o consequente desenvolvimento da indústria é inteiramente realizado pela iniciativa privada, utilizando como técnicos, engenheiros cuja educação era totalmente prática (BRUNA, 1976).

Por outro lado, desde o inicio de século XIX, foram bem sucedidos os desenvolvimentos de teorias científicas para explicar o funcionamento das máquinas inventadas pelos práticos. Na segunda metade do século XIX a técnica deixou de ser só européia e imigrou para os EUA, o Japão e a Rússia. Nos EUA, o grande desenvolvimento industrial começou com o automóvel. Em 1893 os irmãos Charles e Frank Duryea construíram uma carruagem com motor (BRUNA, 1976).

Entre 1905 e 1910, Henry Ford (1863-1947) revolucionou o sistema produtivo, ao utilizar a linha de montagem e o posto de trabalho fixo, o que acelerava a produção por meio de um trabalho contínuo, coordenado e econômico. Uma das grandes preocupações de Ford era o desperdício de trabalho humano, pois para ele as perdas de materiais eram significativas na medida em que representavam certa quantidade de trabalho humano já despendido, por isso a linha de montagem evitava o deslocamento do funcionário, levando as peças até o mesmo. A fabricação em serie, completada em 1913, tornou possível a redução de tempos na fabricação do automóvel de 512 minutos para 2,3 minutos (WOMACK *et al*, 2004).

Daí por diante a fabricação de automóveis lidera a indústria norte-americana. A primeira turbina a vapor foi construída por Charles A. Parsons em 1884 para ser usada extensivamente na geração de energia elétrica para fins industriais (BRUNA, 1976).

O inicio do século XX foi marcado pelo movimento conhecido como administração científica, idealizado por Frederick Wislow Taylor (1856-1915), o que mudou os métodos gerenciais, resultando na separação de planejamento e execução. Taylor (1967) teve grande importância para a função produção, pois desenvolveu o estudo do movimento como uma técnica do estudo dos tempos, preocupando-se mais com os materiais, as ferramentas e instalações com relação ao aperfeiçoamento dos métodos, utilizando diferentes experiências cronometradas o tempo e analisando matematicamente as variações que entreviam nas ações. Sendo assim o custo do tempo é uma ferramenta utilizada para aumentar a eficiência global da produção (TAYLOR, 1967).

A essência da filosofia de Taylor era que as leis científicas governam o quanto um trabalhador pode produzir por dia, e que é função da administração descobrir e usar estas leis na operação de sistemas produtivos e a função do trabalhador é executar os desejos dos Administradores sem questioná-los (TAYLOR, 1967).

Frank Bunker Gilbreth (1868-1924), que acompanhou Taylor no esforço de aumentar a produtividade, dedicou-se, por sua vez, a identificar os movimentos

inúteis e ineficazes do processo de produção, introduzindo, assim, o estudo de tempos e movimentos dos operários como técnica administrativa para a racionalização do trabalho. A partir deste estudo, Gilbreth concluiu que todo trabalho pode ser reduzido a movimentos elementares necessários à execução de qualquer tarefa (TAYLOR, 1967).

2.2 MODELO DE CONVERSÃO

Segundo Mendes *et al.* (2011) o modelo de conversão é uma teoria que dominou o processo de produção durante anos, de acordo com esse modelo a matéria prima e o trabalho resultam em um produto final. Dentro desse modelo o processo de produção pode ser dividido em subprocessos que por sua vez, também são processos de conversão interligados ou não (Figura 1).

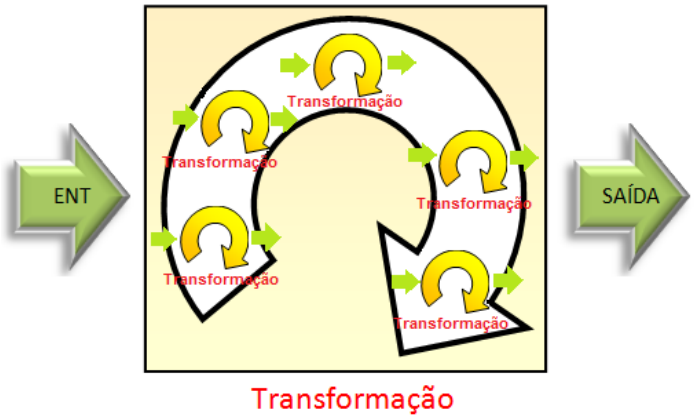


Figura 1: Modelo de fluxo de conversão.
Fonte: A autora (2010).

No entanto, utilizar o modelo de conversão para modelar o processo de produção da construção civil não levará a resultados corretos e geralmente não retrata a realidade do processo uma vez que esse modelo não diferencia atividades de conversão (que agrega valor) e atividades de fluxo (que não agrega valor) (SHINGO, 1996), resultando em um grave erro, pois ao focar sua atenção somente nas atividades de conversão as demais atividades do fluxo, tais como transporte, estoque e inspeção, que constitui grande parte do processo de produção são desprezadas. Isso faz com que o estudo se torne relevante para se alcançar o sucesso na conclusão das atividades.

As principais deficiências do modelo de conversão citadas por Bernardes (2001) são:

- Os fluxos físicos das atividades não são levados em consideração e no canteiro de obras essas atividades concentram a maioria dos custos produtivos.
- Quando focamos o controle no subprocessos individualmente acabou-se por detalhar demais as atividades fugindo do objetivo global.
- A não consideração dos resultados dos clientes faz com que se desenvolvam produtos inadequados ou ressaltando outras características dos produtos diferentes daquelas buscada pelos clientes.

2.3 PRODUÇÃO ENXUTA

Após a Segunda Guerra Mundial (1939/1945), o Japão iniciou uma forte política de reconstrução econômica. Nesse contexto, Taichii Ohno (1997), então engenheiro da Toyota Motor, desenvolveu um estudo de adaptação do sistema de manufatura baseado na eliminação do desperdício o qual foi chamado de sistema Toyota de produção. Sendo o objetivo da Toyota adaptar-se a um mercado no qual as exigências eram diversidade, qualidade e baixo custo, além da necessidade de racionalizar a produção e eliminar desperdícios (Ohno, 1997).

O Sistema Toyota de Produção também conhecido por sua sigla em inglês – TPS, foi desenvolvido em ambiente de manufatura, mais especificamente na indústria automobilística (PICCHI, 2004). Consiste em uma filosofia de gerenciamento de trabalho para atender aos clientes no menor tempo possível, na mais alta qualidade e com o menor custo possível (WOMACK & JONES, 2004). A produção enxuta considera as atividades como fluxos de processos de materiais e de informações. A eficiência do processo depende das atividades de conversão e leva em consideração a forma como são tratadas as demais atividades dentro do fluxo, buscando um balanceamento entre essas atividades. Busca-se eliminar ou reduzir as atividades que não agregam valor algum tornando o fluxo dos processos na cadeia produtiva mais veloz, buscando sempre a satisfação do cliente final, atendendo suas expectativas, isso implica na melhoria contínua das atividades e

consequentemente do processo e a eliminação dos desperdícios (WOMACK, JONES e ROSS, 2004).

2.4 PENSAMENTO ENXUTO

Com base no sistema Toyota de Produção surgiu o conceito *Lean Thinking* ou Pensamento Enxuto. O Pensamento Enxuto é uma forma de especificar valor, alinhar as ações que geram valor, realizar as atividades sem interrupção e de forma cada vez mais eficaz sempre que solicitadas. Ou seja, o Pensamento Enxuto inclui menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço e, ao mesmo tempo, atende as necessidades dos clientes no momento certo (WOMACK *et al*., 2004, p. 3).

O Pensamento Enxuta possui ferramentas que têm o objetivo de simplificar o trabalho, melhorar a qualidade, reduzir o tempo de operação e focar os funcionários em atividades que agregam valor ao produto (REIS, 2004).

Rother e Shook (2003, p. 3) explicam que um fluxo de valor é toda a ação (agregando valor ou não) necessária para trazer cada produto, os fluxos essenciais são: (1) o fluxo de produção desde a matéria prima até o consumidor, onde a produção é um fluxo de material e / ou informações de matérias primas até o produto final, ao longo do qual o material é processado, inspecionado, transportado ou permanece em espera e (2) o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento.

2.4.1 Princípios da Produção Enxuta

O Pensamento Enxuto busca de maneira contínua eliminar o desperdício e aumentar a eficácia dos processos produtivos. Para tanto, busca-se identificar as atividades que não agregam valor, reduzindo o tempo gasto entre as atividades que compõem o processo produtivo. O uso indevido do tempo ou o excesso de tempo despendido são as principais fontes de desperdícios no contexto da

produção na manufatura. Com base nesses fundamentos Womack e Jones (2004) desenvolveram cinco princípios básicos da Mentalidade Enxuta:

a) Valor: é conceito central em todo os princípios e métodos aplicados em todos os Pensamentos Enxutos, mas é bastante difícil estabelecer uma definição precisa do termo, o problema reside no sentido da palavra em si: sua ambiguidade e imprecisão tornam a teorização difícil, pois os autores têm visões diferentes e valorizam interesses diferentes, que acabam convergindo durante e após o processo. Segundo Koskela (1992) todas as atividades são custosas e consomem tempo, mas somente as atividades de conversão agregam valor ao produto final, transformando a matéria prima em produto acabado.

Martins (2000) define atividade que gera valor como as atividades que o cliente final reconhece como válida e está disposto despender de forma monetária a empresa para adquirir seus produtos.

Agregar valor a um produto consiste em transformação da matéria prima em produto de forma a atender às necessidades do cliente a um preço específico em um momento específico. O valor dado a esse produto só pode ser definido pelo cliente final, por isso, muitas vezes a dificuldade em definir corretamente o valor decorre da dificuldade de comunicação entre fabricantes e consumidores.

b) Cadeia de valor: também chamada de fluxo de valor, é o conjunto de ações necessárias para a análise de todas as etapas e processos produtivos ou administrativos que tem por objetivo o estabelecimento da melhor sequência das atividades que criam valor.

O conjunto de ações necessárias para se levar o produto ou serviço específico para o cliente, passando pelas tarefas gerenciais, tais como; solução de problemas, que envolve a concepção; o projeto detalhado; o lançamento do produto; o gerenciamento da informação que vai do recebimento do pedido até a entrega seguindo um cronograma detalhado; e a transformação física propriamente dita, que vai da matéria prima ao produto acabado.

Muitos desperdícios passam desapercebidos porque não existe uma consciência de se verificar as etapas e analisá-las de forma crítica para apurar sua

real necessidade. Além de observar as etapas envolvidas dentro da empresa, Womack e Jones (2004) propõem que o fluxo de valor seja analisado como um todo, ou seja, deve ser expandido para todos os agentes de uma cadeia conforme demonstram os estudos.

A ferramenta associada para apoiar a análise do fluxo de valor é Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), método pelo qual os resultados da Análise de Fluxo de Valor são descritos ou ilustrados. Tem como principal objetivo realizar análise do processo produtivo classificando de forma clara todas as etapas do processo em questão, de modo que fiquem evidentes as três categorias de trabalho definidas por Ohno (1997) e reafirmadas por Womack & Jones (2004, p. 8). São elas: a) aquelas que agregam valor ao produto – lembrando que valor será sempre aquele percebido pelo cliente; b) aquelas que não agregam valor, mas são necessárias aos sistemas de desenvolvimento do produto, controle e produção; c) aquelas que não agregam valor e podem ser eliminadas imediatamente.

O MFV serve para descrever um sistema altamente complexo em um formato menos complexo. Esta simplificação do sistema facilita a percepção e a compreensão, proporcionando uma linguagem comum para a comunicação entre a equipe de trabalho, ajudando o gestor a enxergar e a entender melhor o fluxo de material e de informação, na medida em que o produto segue o fluxo de valor, ou seja, o mapa do fluxo de valor segue a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, e cuidadosamente desenha uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação. O mapeamento do fluxo de valor pode ser uma ferramenta de comunicação, de planejamento de negócios e um instrumento valioso para gerenciar o processo de mudança (ROTHER e SHOOK, 2003, p. 3).

Segundo os autores o método de Análise do Fluxo de Valor (AFV) é um método pelo qual os princípios *Lean* são aplicados na análise de processos de negócio, permitindo que gerentes e engenheiros aumentem suas compreensões sobre as atividades desenvolvidas nas empresas, a fim de melhorá-las. Esse método é centralizado no desenvolvimento de tarefas que agregam valor ao produto final, de forma eficiente, unidas para formar um fluxo contínuo de valor.

Para registrar um processo produtivo Martins (2000) adotou uma simbologia (Quadro 1) que será seguida durante todo o trabalho.

	Transporte: ocorre sempre que o material é movimentado
	Armazenamento: ocorre quando o material é colocado em local previamente definido, até que seja retirado/utilizado
	Demora: é uma parada não planejada do material durante o processo.
	Operação: qualquer transformação realizada no material.
	Inspeção: é uma ou mais verificações de uma variável ou de um atributo do material.

Quadro 1: Simbologia adotada para o processo produtivo
Fonte: adaptado de Martins (2005)

c) Fluxo: Através dos conceitos de Shingo (1996) composto de aspectos qualitativamente diferentes de tratamento, de inspeção, de movimento, de transporte de trabalhadores e de objetos, de atrasos gerados por esperas ou pelo tempo de estocagem, constituem o fluxo do processo. Todos esses elementos podem ser objetos de melhoria no Pensamento Enxuto. O fluxo pode ser bom ou ruim, dependendo da organização, gestão ou habilidades. O ideal é criar condições que permitam o fluxo físico de se movimentar com o mínimo de interrupções.

Um dos maiores obstáculos para a aplicação do Pensamento Enxuto para os processos está na estrutura organizacional existente. A maioria das empresas organiza-se por funções ou departamentos, que têm pouca relação com a informação de que realmente processam. A experiência tem mostrado que na maioria dos casos a estrutura funcional impede o fluxo de informações (LOCHER, 2008).

Muitas organizações reconheceram que tornar seus processos enxutos é uma meta importante. No entanto, não basta selecionar algumas áreas,

negligenciando, por exemplo, as atividades administrativas; deve-se transformar a empresa como um todo (REIS, 2004). Pesquisadores e profissionais buscam a combinação adequada dos processos administrativos e tecnologias da manufatura para a criação de valor para o cliente (BOWEN e YOUNGDAHL, 1998).

d) Puxar: O fluxo contínuo diminui o tempo decorrido desde a concepção do produto até seu lançamento, permitindo que o cliente faça o pedido quando necessário, ou seja, o cliente puxa o produto da empresa, sabendo que pode conseguir o produto desejado imediatamente, ao invés da empresa empurrar os produtos para o mercado, o que gera estoques indesejados, ou seja, inventário.

Produtos que demoravam anos para serem fabricados são executados em meses, e pedidos que levavam dias para serem processados, podem ser atendidos em horas.

e) Perfeição: A busca pela perfeição é o último passo da Mentalidade Enxuta e só é possível devido à transparência do processo no qual todos os membros da cadeia de valor têm conhecimento do mesmo como um todo, o que torna fácil descobrir melhores formas de criar valor.

À medida que as empresas começarem a definir o valor, identificar a cadeia de valor do produto, criar fluxo contínuo e estabelecer uma produção puxada, vão perceber que os processos envolvidos em sua produção têm uma redução de tempos, esforços, custos e erros. Os quatro princípios interagem entre si para reduzir os desperdícios dentro do processo produtivo.

Finalmente, a Mentalidade Enxuta tem como base a procura o aumento da possibilidade de valor para o produto sob o ponto de vista custo, a partir da ótica do cliente, levando em consideração as necessidades dos mesmos. Esta necessidade, por sua vez, deve ser medida através de análise sistemática e subsequente transformação dessas informações em especificações de serviços e produtos.

A adaptação dos conceitos do contexto da indústria automobilística japonesa para a construção civil ocidental é um dos problemas enfrentados para a construção da teoria sobre essa nova abordagem. Outro grande problema está

relacionado à postura conservadora, a falta de visão estratégica e sistêmica e a predominância da visão de curto prazo, que são características da grande parte dos profissionais de engenharia civil (HIROTA & FORMOSO, 2000).

2.5 CONSTRUÇÃO ENXUTA

2.5.1 Industrialização da construção civil

Até meados do século XIX, a construção no Brasil era caracterizada pela auto-produção, sendo esta por iniciativa do governo ou particular com o processo construtivo resumindo-se à elaboração de materiais locais reunidos para cada obra (FAHAR, 1992). Por sua vez as técnicas utilizadas na construção eram as mesmas que os europeus utilizavam na época da colonização, adaptadas ao meio e condições de trabalhos coloniais (VARGAS, 1985).

Em função da expansão da atividade cafeeira, ocorreram as primeiras alterações significativas na área tecnológica da construção civil no Brasil, a produção deixou de ser realizada apenas para uso próprio e passou a atender ao mercado (FAHAR, 1992).

Conhecimentos científicos passaram a ser aplicados na construção de edifícios no Brasil nas décadas de 20 e 30, quando as olarias de São Paulo, passaram a produzir tijolos de alvenaria de forma industrializada, substituindo o processo artesanal da taipa nos fechamentos laterais dos edifícios. No período pós-guerra, o concreto armado passa a ser amplamente utilizado como estrutura (BRUNA, 1976).

Segundo Farah (1992), a literatura tem abordado o setor da construção civil sob uma perspectiva de atraso, quando comparado aos demais setores da engenharia. O fato da modernização na construção civil apresentar tal atraso é decorrente, em grande parte, de características específicas do processo de trabalho. Um exemplo é a grande variabilidade de produtos, na qual impõem limites à produção em série e a repetitividade dentre outros.

Em função da dificuldade em mobilizar máquinas e equipamentos, grande parte dos trabalhos na construção civil é feita pelas mãos dos trabalhadores através do uso de ferramentas e pequenos equipamentos e totalmente dependente de sua habilidade e conhecimento técnico provenientes dos hábitos dos trabalhos criados na estrutura de ofícios. Essas variabilidades, peculiares do setor, levam a um processo de trabalho bastante complexo e artesanal o que provoca dificuldades para se estabelecer uma solução padrão na organização do trabalho (VARGAS, 1985).

Nos últimos anos, as flutuações da economia e a conscientização crescente do consumidor para o problema do custo elevado e da não-qualidade dos produtos têm dirigido a atenção dos empresários da construção civil para o planejamento e o controle da produção (LIMMER, 1997).

Segundo Koskela (1992), a atividade da construção, devido a sua antiguidade, apresenta métodos e cultura anteriores ao desenvolvimento das abordagens científicas da produção. Em contraste com muitas outras indústrias, a produção artesanal prevaleceu grandemente na primeira metade do século XX e mesmo na segunda, em notável extensão. Enquanto outros setores industriais, devido a mudanças nos modelos de produção, têm conseguido grandes aumentos de produtividade, a evolução da construção não ocorre de maneira similar, em outras palavras, podemos afirmar que transformações tecnológicas de grande expressividade ocorreram em diversos setores da manufatura, em particular no setor automobilístico, o mesmo não ocorreu na construção civil. Isso não ocorreu, pois segundo Cavagliá (1994), a construção civil não era considerada indústria, e ao assumir esse título espera-se que a mesma traga os ensinamentos da linha de produção para dentro do setor.

Além da preocupação em embasar uma teoria de produção que se adaptasse às peculiaridades da construção civil, Koskela (2000) propôs a teoria de transformação, fluxo e valor TFV, onde a eficiência da produção é atribuída à soma da eficiência das atividades de conversão e de fluxo e a eficácia da produção é atribuída ao atendimento dos valores dos clientes.

Nem sempre as ferramentas de gestão de produção voltadas a ambientes industriais conseguem adaptar-se às situações de produção que ocorrem na construção civil, o que gera sistemas inadequados e de baixa eficiência. Geralmente, essa ineficiência ocorre porque os princípios desenvolvidos na produção industrial não foram suficientemente abstraídos e aplicados de acordo com as peculiaridades intrínsecas do ambiente da construção civil (KOSKELA, 1992). Koskela pesquisou as deficiências do modelo de conversão aplicado à construção, propondo um novo modelo conceitual para o processo, a qual foi chamada de Construção Enxuta.

Sabbatini (1989) afirma que a maior parte dos estudos que avaliam o grau de industrialização na construção considera apenas os critérios de produtividade, sem levar em conta relações de custo-benefício, qualidade obtida, etc. Por isso, propõe que a classificação dos graus de industrialização seja apenas qualitativa.

O termo Construção Enxuta trata de uma nova filosofia de administração da produção que busca consolidar os conhecimentos obtidos na indústria de manufatura, aplicando-os na construção civil, observando as peculiaridades desse setor (KOSKELA, 2000). Diversos pesquisadores do Brasil (HEINECK, 1998; CARVALHO, 1998; FORMOSO, 1999; BERNARDES, 2003; KUREK, 2005) e de outros países (BALLARD e HOWELL, 1996; KOSKELA, 2000) têm dedicado suas pesquisas ao desenvolvimento de um referencial teórico que contribua para a formulação de modelos de planejamento e controle do processo construtivo baseados nos princípios da Construção Enxuta.

A essência da industrialização é produzir um objeto sem o uso da mão de obra artesanal, utilizando-se de máquinas operadas por funcionários qualificados para tal fim. Os equipamentos necessários introduzem um grau variável de automação do trabalho, o que diminui a quantidade necessária de operários (BRUNA, 1976).

Os conceitos como industrialização, qualidade e racionalização ajudam a ampliar o horizonte de compreensão dos processos de grande potencial de industrialização como é o caso dos painéis pré-fabricados para fechamento lateral. Para se alcançar a industrialização de um processo, é necessário que ele passe

por um amadurecimento, do qual as ações evolutivas voltadas à racionalização e à qualidade são partes integrantes. Embora a racionalização seja parte indispensável na industrialização, ambas podem ser encontradas isoladamente (OLIVEIRA, 2001).

Para Fernández Ordóñez *apud* Oliveira (2001), a pré-fabricação é um método industrial de construção em que os elementos fabricados, em grandes séries, por métodos de produção em massa (instalação industrial), são montadas na obra, mediante equipamentos e dispositivos de elevação.

Para Vaconcelos (2002), industrialização é um método produtivo que tem por base a mecanização, sendo um processo organizado de caráter repetitivo que requer continuidade. Para este autor, não há razão de se falar em construção não industrializada, pois mesmo as formas mais tradicionais de construção utilizam, necessariamente, alguns produtos produzidos industrialmente, como, por exemplo, pregos, aço, cimento, vidro, entre outros.

Sabbatini (1989) afirma que a maior parte dos estudos que avaliam o grau de industrialização na construção considera apenas os critérios de produtividade, sem levar em conta relações de custo-benefício ou qualidade obtida, o que propõem uma classificação qualitativa dos graus de industrialização da construção civil. Os processos com elevado grau de industrialização são considerados industrializados e os graus intermediários, como os processos tradicionais racionalizados, são considerados semi-industrializados. O autor ainda define a industrialização como sendo um processo evolutivo que objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção melhorando o desempenho da atividade construtiva. As ferramentas para implementar as melhorias são ações organizacionais, inovações tecnológicas e de métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle da produção.

Utilizar a modulação na construção civil desde a concepção do projeto até sua execução tem o potencial de produzir melhorias significativas no que tange a qualidade e custos das habitações de interesse social. A aplicação desse método é fundamental para a difusão dos conhecimentos entre as visões da industrialização e da construção civil, eliminando assim os desperdícios (PEREIRA, 2007).

Obedecendo esta tendência, no Japão as casas pré-fabricadas deixaram de ser consideradas de baixa qualidade e passaram a assumir uma característica pessoal de cada proprietário pelo fato de serem facilmente ajustadas as suas necessidades, prática que se torna cada vez mais comum neste tipo de construção (NOGUCHI, 2003).

No processo industrializado os sistemas construtivos devem considerar a modulação, juntas, tolerância dimensional, transporte de peças e permutabilidade. Estes são produzidos de forma seriada e padronizada e apresentam alto grau de repetitividade, podendo ser previamente definidos e racionalizados (PEREIRA, 2007)

Dentro deste contexto, foram realizados ensaios com painéis de concreto pré-moldado para avaliar o desempenho das paredes de uma residência para um estudo na Universidade de São Carlos. Constatou-se um bom desempenho das paredes referente à estrutura, sendo confirmada a simplicidade de montagem e rapidez de toda a construção. No confronto com outros métodos construtivos, demonstrou-se competitivo quanto aos custos, desde que haja um processo industrializado de fabricação e prescrição adequada dos materiais. Ainda constatou-se que o mesmo foi superior quanto à produtividade, na elevação das paredes, sem nenhuma sofisticação nem a necessidade de equipamentos específicos para tal fim (MACHADO JR, 1991).

O setor da construção civil no Brasil vem passando por um processo de mudanças e melhorias consideráveis. Neste sentido, a utilização do sistema construtivo pré-fabricado tem contribuído e vem demonstrando estar preparado para atender a demanda do mercado com diferentes tipologias. Portanto, pode-se dizer que a pré-fabricação é um instrumento de grande potencial para incrementar os níveis de industrialização dos processos construtivos.

Com a certeza da grande contribuição que o pré-fabricado trás ao crescimento da indústria da construção civil, pode ser citado alguns benefícios do sistema de pré-fabricado com relação o sistema convencional tais como, melhoria na qualidade da gestão do projeto, redução de tempo na execução da obra, maior confiabilidade no cumprimento do cronograma, redução de desperdício, menor

estrutura administrativa, fiscalização e controle, menor suscetibilidade às variações climáticas, redução de exposição do pessoal ao risco, obra limpa e menor dano ao meio ambiente e permite a rastreabilidade do processo (DEBS, 2000).

O uso de pré-moldado em edificações está relacionado à uma forma de construção econômica, durável, estruturalmente segura e com versatilidade arquitetônica. A indústria de pré-fabricados está continuamente fazendo esforços para atender as demandas da sociedade, como por exemplo: economia, eficiência, desempenho técnico, segurança, condições favoráveis de trabalho e de sustentabilidade (ACKER, 2002).

2.5.2 Princípios da Construção Enxuta

Na construção civil a Mentalidade Enxuta foi adaptada através dos princípios propostos por Koskela (1992), apresentados a seguir, e foi denominada de *Lean Construction* ou Construção Enxuta, como é conhecida no Brasil. Ao longo dos princípios estudados serão apresentadas questões que farão parte do questionário estruturado.

a) Redução de atividades que não agregam valor

Segundo Koskela (1992), as atividades podem ser definidas como: a) atividades que agregam valor ou atividades de transformação/conversão de material ou informação, na direção do que é requerido pelo consumidor; b) atividades que não agregam valor (desperdício); atividades que consomem tempo, recursos e espaço, sem agregar valor.

Ainda segundo o autor existem três formas definidas de redução de atividades que não agregam valor. A primeira refere-se a reduzir e/ou eliminar perdas na inspeção, movimentação e espera, que são as atividades consideradas mais críticas pelo autor. A segunda refere-se a falta de informação sobre a medição de desempenho das atividades realizadas nas obras, o que torna difícil comparar se há melhoras na produtividade. O terceiro refere-se aquelas atividades que não

agregam valor, porém não podem ser eliminadas, pois não podem ser previstas, como por exemplo, defeitos e acidentes. Esse tipo de atividade deve ser gerenciada para que a empresa consiga reduzi-la ao máximo.

Devem ser consideradas também, algumas atividades que geram valor para os clientes internos, como o planejamento, identificação das vias de acesso, que melhoram os fluxos e reduzem os custos de transporte de materiais e pessoas (FORMOSO e NASCIMENTO, 1998).

Conforme citado anteriormente um dos focos principais da Produção Enxuta é eliminar qualquer tipo de trabalho que seja considerado desnecessário na produção de um determinado bem ou serviço, o que chamamos de perda – qualquer elemento que gera custo, mas que não agrega valor ao produto ou serviço (SHINGO, 1996). Desse modo, qualquer forma de melhoria existente no ambiente produtivo deve ser focalizada na identificação dessas perdas, através da análise das causas que produzem desperdício e da realização de ações para reduzir ou eliminar essas causas (LIMMER, 1997). Assim, Taiichi Ohno (1997) identificou os sete principais tipos de desperdícios na produção:

- **superprodução:** produzir em excesso ou antecipadamente (papéis e informações em excesso ou no momento errado), causa consumo desnecessário de recursos, como material e pessoas, e gera estoques, causando outros tipos de desperdícios; para eliminá-lo deve-se estabelecer um fluxo de trabalho puxado pelo cliente, criar normas e padrões para todos os processos e sinalizações que indiquem o momento de iniciar a produção;

- **esperas:** interromper o fluxo de trabalho e fazer o cliente interno esperar (por assinaturas, telefonemas etc.) é outro tipo de desperdício; para eliminá-lo, deve-se rever e padronizar as assinaturas e autorizações necessárias e eliminar as burocracias desnecessárias, ter funcionários habilitados para exercer diferentes funções, mantendo o fluxo na falta de alguém, e permitir um melhor balanceamento da carga de trabalho, evitando sobrecargas, além de garantir que os equipamentos e materiais estejam sempre à disposição;

- **processamento excessivo:** são etapas redundantes que podem ser geradas por baixa tecnologia ou ineficiência do operador, como revisões nos projetos, geração de informação sem utilidade, checagens para verificar se os trabalhos foram feitos corretamente, obtenção de múltiplas assinaturas etc.; para eliminar esse tipo de desperdício devem-se rever os passos que agregam valor em cada um dos processos, eliminando os desnecessários sempre que possível;

- **inventários:** é o excesso de estoques, ocupando espaço, podendo se tornar obsoleto; esse tipo de desperdício é difícil de ser eliminado, pois representa, em alguns casos, uma margem de segurança para as organizações; para eliminá-lo deve-se conhecer e produzir somente o requerido pelo cliente final, padronizar o espaço e o número de unidades de trabalho em cada local e manter o fluxo contínuo, assegurando que o que é produzido não fique acumulado a jusante. As ferramentas *lean* que são utilizadas para controlar esse desperdício são Estoques de Recursos e Recursos de Segurança;

- **locomoção:** qualquer locomoção desnecessária é vista como desperdício; as principais causas são processos ineficientes e leiautes ruins para o ambiente de trabalho. Para eliminá-los devem-se padronizar as áreas de trabalho, utilizando, por exemplo, códigos de cores para destacar a necessidade de produção, arquivar documentos de forma que sua localização seja fácil, alocar máquinas e equipamentos o mais próximo possível do local de trabalho, evitando ao máximo as caminhadas; uma ferramenta para eliminar esse tipo de desperdício é a aplicação dos 5S, criando um espaço de trabalho saudável, que permita o controle visual e a execução de tarefas de forma enxuta, mantendo a organização de forma padronizada;

- **retrabalhos:** esse tipo de desperdício causa interrupção no fluxo de produção, material e tempo extra para refazê-lo; para eliminá-lo devem-se padronizar os procedimentos, formulários e criar postos de ajuda para tirar dúvidas;

- **transporte:** transportar algo além do necessário ou até um local temporário, como arquivos, estoques, pilhas etc., gasta energia e tempo; peças estocadas são também mais suscetíveis a rasuras, roubos, perdas etc.; para eliminar esses tipos

de desperdícios devem-se diminuir ao máximo as distâncias e eliminar os estoques intermediários.

b) Busca pela melhoria do valor do produto através das considerações do cliente.

Segundo Koskela (1992), o valor não é uma qualidade inerente ao processo de conversão, mas é gerado como consequência do atendimento aos requisitos do cliente. As atividades que agregam valor possuem dois tipos de clientes, o cliente interno, que será responsável pela próxima atividade da cadeia produtiva e o cliente final. Em ambos os casos, o cliente deve ter suas considerações questionadas, analisadas e implantadas, sempre que possível, para que se possa garantir sua satisfação pelo serviço realizado ou pelo produto ofertado (FORMOSO e NASCIMENTO, 1998), ou seja, este princípio pode ser atendido, ao longo do processo de projeto, com a disponibilização de dados relativos aos requisitos e preferências dos clientes finais, através de pesquisas de mercado e avaliações pós-ocupação (ISATTO *et al*, 2000).

c) Reduzir a variabilidade

A padronização dos procedimentos e atividades internas da obra tendem a reduzir as variabilidades (KOSKELA, 1992; SHINGO, 1996). Formoso (2003) e Bernardes (2003) afirmam que produtos e serviços padronizados são melhores aceitos pelos clientes e aqueles produtos e serviços que possuem grandes variabilidades tendem a aumentar parcelas de atividades que não agregam valor.

Existem diversos tipos de variabilidade, relacionados com o processo de produção, como por exemplo, a variação dimensional dos materiais entregues, a variabilidade existente na própria execução de um determinado processo e a variabilidade da demanda, que está relacionada aos desejos e às necessidades dos clientes de um processo. Os mesmos autores sugerem a aplicação deste princípio, através de procedimentos padronizados de execução de processos, reduzindo o surgimento de problemas e eliminando incidências de retrabalho (ISSATO *et al*, 2000).

A certificação ISO vem contribuindo para o aumento sistemático das operações e redução da variabilidade dentro das indústrias, pois para obter é preciso gerar registros das atividades seguindo alguns critérios, padrões e métodos, sendo aplicados da mesma forma em todos os projetos de forma padronizada. Segundo Santos (1999) a padronização das atividades envolve desde os procedimentos de pré-preparação das atividades, incluindo materiais a serem utilizados, até a entrega do produto.

O sistema *poka-yoke* permite 100% de inspeção e zero defeitos de todas as peças produzidas dentro de uma atividade, o que garante a padronização e qualidade dos produtos (MODEN, 1998).

d) Reduzir o tempo de ciclo

Tempo é a unidade básica para a medição de fluxos de processos, e o fluxo de produção pode ser caracterizado por um ciclo de tempo que pode ser representado como a soma de todos os tempos inerentes ao processo produtivo (KOSKELA, 1992).

Segundo Koskela (1992) um ciclo é composto por transformações, inspeções, esperas e movimentações, as atividades de transformação são as únicas que agregam valor ao produto, ficando as demais classificadas como atividades que não agregam valor. Porém em um ciclo as atividades tais como, inspeção, espera e movimentação são as atividades que mais consomem tempo e em um sistema enxuto o objetivo é eliminar essas atividades, o que reduzira, consequentemente o tempo de ciclo.

O ciclo consiste no período em que o material passa por todos os estágios do processo até chegar ao consumidor final, iniciando no momento do set up, que é composto do tempo que se gasta na preparação das atividades, até a entrega do produto ao cliente final (SANTOS, 1999). Para Bernardes (2003), esse processo pode ser implantado pelo processo de planejamento e controle da produção, na medida em que se consegue reduzir a parcela das atividades que não agregam valor ao processo produtivo, através das decisões nos diferentes níveis de planejamento. O mesmo afirma que um planejamento de médio prazo (tático) aliado ao ritmo das equipes de produção, é um instrumento potencial para que o

fluxo seja analisado na busca da sincronização. No nível de curto prazo (operacional), as ações destinadas à proteção, para a produção possibilitam a continuidade das operações no canteiro.

e) Simplificar e minimizar o número de passos e partes

Entende-se que quanto maior o número de passos ou partes, maior será a quantidade de atividades envolvidas no processo que não agregam valor, pois mais tarefas auxiliares serão necessárias para fornecer o suporte à atividade ou produto fornecido (FORMOSO e TZORTZOPOULOS, 1999).

A simplificação das atividades pode ser caracterizada pela redução da quantidade de componentes presentes em um determinado produto ou na redução de passos presentes em um determinado fluxo de trabalho ou informações (BERNARDES, 2003). Através da simplificação podem-se eliminar atividades que não agregam valor ao processo de produção, pois quanto maior o número de componentes ou de passos num processo, maior tende a ser o número de atividades que não agregam valor (ISATTO *et al*., 2000).

Debs (2000) afirma que uma das maneiras de atingir a simplificação, como a utilização de elementos pré-fabricados, o uso de equipes polivalentes e o planejamento eficaz do processo de produção, buscando eliminar interdependências e agregar pequenas tarefas em atividades maiores.

f) Melhorar a flexibilidade do produto

Aumentar a flexibilidade na execução do produto, a primeira vista parece contraditório com a simplificação. Na realidade podem ser complementares. O projeto de produtos ou componentes modulares pode ser combinado com redução do tempo dos ciclos e maior transparência (KOSKELA, 1992).

Esse conceito refere-se ao aumento das possibilidades ofertadas ao cliente sem que seja necessário aumentar substancialmente seu preço. Esse principio é normalmente tratado de maneira conjunta com outros princípios básicos como transparência e redução do tempo de ciclo (FORMOSO, 2003).

O aumento de flexibilidade de saída está também vinculado ao conceito de processo, como gerador de valor, e refere-se à possibilidade de alterar as características dos produtos entregues aos clientes, sem aumentar substancialmente os custos dos mesmos. A aplicação desse princípio pode ocorrer na redução do tamanho dos lotes, no uso de mão de obra polivalente, na customização do produto através da flexibilidade permitida e planejada (ISATTO *et al*., 2000), ou seja, permitir a customização do produto, no tempo mais tarde possível, e na utilização de processos construtivos, que permitam a flexibilidade do produto sem grande ônus para a produção.

g) Melhorar a transparência do processo

A transparência no processo tente a exibir os pontos falhos existentes nos fluxos produtivos, além de aumentar e melhorar o acesso a informação de todos os usuários. Desta forma o trabalho se torna mais fácil, além de possibilitar a redução do desperdício de materiais e de atividades que não agregam valor (KOSKELA, 1992).

Melhorar a transparência significa melhorar a comunicação das atividades de produção com os envolvidos, o caminho na qual a informação é organizada e acessada influi na rapidez do processo (SANTOS, 1999).

O Sistema de Produção Enxuto utiliza a produção puxada, na qual as informações são geradas e carregadas durante todo o ciclo e podem ser acessadas por qualquer envolvido a qualquer momento, diferente da produção empurrada, onde os envolvidos tem pouco ou nenhum contato com as informações do processo (SANTOS, 1999).

Segundo Santos (1999) existem diversas maneira de tornar o processo mais transparente, entre elas pode-se citar:

- ✓ Manter a limpeza e ordem nas estações de trabalho: todo processo bem organizado é mais limpo e claro de ser entendido.
- ✓ *Layout*: uma organização dos processos bem planejada e bem identificada resulta em um processo mais transparente e claro, de fácil entendimento aos envolvidos, o

que pode facilitar a comunicação e a identificação de erros e falhas mais rapidamente, além da relação que existe entre cada estação de trabalho.

- ✓ Controles visuais: a fácil e rápida identificação do processo através de placas e cores ajuda a classificar, identificar e promover a contínua melhora das atividades. Alguns desses controles foram estudados por diferentes pesquisadores:

  - **Kanban:** identificação que utiliza cores variadas para diferentes etapas do processo.

  - **Luz de chamada:** dispositivo luminoso, geralmente usado para solicitar a presença de um superior, onde as diferentes cores significam diferentes tipos de solicitações.

  - **Painel de aviso:** dispositivo informativo que geralmente é utilizado para acompanhar o processo e geral dados de produtividade

  - ***Poka-yoke*:** sistema desenvolvido para alertar o usuário quanto a divergências, anormalidades ou defeitos na peça, garantindo assim uma padronização da atividade. Dispositivos limitadores são os mais frequentemente usados, pois o processo fica impedido de iniciar até que o material esteja posicionado de maneira correta.

- ✓ Reduzir a interdependência: reduzir espaços e distâncias entre as estações de trabalho, de forma a gerar maior informação e comunicação entre elas.

- ✓ Informações corporativas: o conteúdo das informações geradas e carregadas durante todo o processo de produção deve mostrar específicas recomendações sobre o produto e o processo e pode-se incluir também informações sobre o plano da empresa, que deve servir como motivação, e esclarecimento para os envolvidos.

h) Focar o controle do processo global

Quando se tem o controle de todo o processo torna-se mais fácil a identificação e a correção de possíveis desvios que venham a interferir no prazo de entrega da obra (BERNARDES, 2003).

Para Isatto *et al*. (2000), um grande risco dos esforços de melhorar um subprocesso é sub-otimizar essa atividade dentro de um processo, com um impacto reduzido de desempenho global, ou seja, preocupação excessiva em controlar a atividade que esquece-se de controlar o todo.

A integração entre os diferentes níveis de planejamento (longo, médio e curto prazo) pode facilitar a aplicação desse processo, que pode ser aplicado na medida em que haja mudança de postura, por parte dos envolvidos na produção, no que tange à preocupação sistêmica dos problemas (BERNARDES, 2003).

i) Introduzir a melhoria contínua do processo

Segundo Koskela (2000) os esforços para a redução do desperdício e do aumento do valor do produto devem ocorrer de maneira contínua na empresa.

Iniciativas de apoio e dignificação da mão de obra são importantes. Pode-se destacar a utilização da caixa de sugestões, a premiação pelo cumprimento de tarefas e metas, o estabelecimento dos planos de carreira, a adoção das medalhas por distinção, entre outros (POZZOBON *et al*., 2004).

Um dos princípios a serem seguidos para a realização de melhoria contínua é nunca aceitar o conhecimento estabelecido como verdade absoluta (SHINGO, 1996), o que implica no frequente questionamento de equipamentos, processos, sistemas e ações dos envolvidos. As ações devem ser sempre objeto de discussões e revisões, pois podem ser sempre melhoradas (SANTOS, 1999).

É importante que se identifique a causa raiz dos desvios para adotar medidas de correção e ou prevenção para que esse erro não ocorra novamente. O tempo entre a ocorrência do desvio, a determinação da causa raiz e a adoção da ação corretiva, não pode ser grande para que se possa garantir a qualidade dos produtos fabricados, por isso implementar práticas que resultam em ações que promovam eficiência e eficácia da produção, tais como medições sistemáticas que ajudam a detectar problemas assim que eles ocorrem, ou até mesmo antes que possam vir a acontecer reduzirá o tempo de ação sobre o erro (SANTOS, 1999).

Para Isatto *et al*. (2000), o trabalho em equipe e a gestão participativa constituem os requisitos essenciais para a introdução de melhoria contínua no processo. Esse princípio pode ser implementado através do processo de planejamento e controle da produção na medida em que são analisadas as decisões tomadas, para a correção de desvios oriundos da coleta de dados do plano de curto prazo (BERNARDES, 2003).

j) Balancear as melhorias no fluxo com as melhorias das conversões

Em geral, quanto maior a complexidade do processo de produção, maior é o impacto das melhorias e quanto maiores os desperdícios inerentes ao processo de produção, mais proveitosos os benefícios nas melhoras do fluxo, em comparação com as melhorias na conversão (KOSKELA, 1992).

Ainda segundo Koskela (1992) há diferenças de potencial de melhoria em conversões e melhoria em fluxos no processo de produção, porém os dois estão intimamente interligadas e por isso é necessário que exista um equilíbrio entre ambas: a) melhores fluxos requerem menor capacidade de conversão e, portanto, menores investimentos em equipamentos; b) fluxos mais controlados facilitam à implementação de novas tecnologias na conversão; c) novas tecnologias na conversão podem acarretar menor variabilidade e, assim, benefícios no fluxo.

Isatto *et al*. (2000) sugerem, para a aplicação deste princípio, uma consciência por parte da gerência de produção de que é necessário atuar em ambas as frentes. Primeiramente, eliminar perdas nas atividades de transporte, inspeção e estoque de um determinado processo e, apenas posteriormente, avaliar a possibilidade de introduzir uma inovação tecnológica.

Ohno (1997) argumenta que aderir "a uma melhoria requer certa ordem", ou seja muitas vezes vale a pena perseguir agressivamente melhorias no processo de fluxo antes de buscar grandes investimentos em tecnologia de conversão, ou seja, existentes processos podem ser melhorados para se alcançar todo o seu potencial antes de buscar projetar novos, posteriormente, investimentos em tecnologia podem ser destinados a melhoria de fluxo ou *redesign.*

k) Referências de ponta (Benchmarking)

Um dos maiores exemplos de *Benchmark* na Produção Enxuta é o IMVP (*International Motor Vehicle Programme*), que teve como objetivo criar as bases de entendimento sobre o que compreende Produção Enxuta para as empresas automobilísticas. Desde a publicação de seus resultados, o interesse das indústrias e da academia sobre o assunto, tem crescido constantemente.

Pesquisadores buscam a Produção Enxuta em outros ramos de atividade, testando e avaliando sua relação com a prática. Algumas empresas do setor da construção civil já estão aplicando os princípios da *lean construction* em seus processos e atingindo melhorias significativas no desempenho de suas obras (BERNARDES, 2003), esse princípio deve ser observado durante a etapa de projeto, bem como ao longo da formulação da estratégia de ataque à obra.

Consistem em um processo de aprendizado, a partir das práticas adotadas em outras empresas, tipicamente consideradas líderes, num determinado segmento ou aspectos específicos (ISATTO *et al*., 2000).

Em linhas gerais, para a aplicação destes princípios, deve-se conhecer os processos da própria empresa, identificar as boas práticas inclusive em empresas similares e entender os princípios por de trás dessas práticas para adaptá-los a realidade da empresa.

Uma vez conhecidos os princípios da Mentalidade Enxuta e da Construção Enxuta, pode-se traçar um paralelo entre elas, verificando que tanto uma como a outra possuem características similares. Conforme mostra o Quadro 2:

Lean Thinking **(WOMACK e JONES, 1998)**	***Lean Construction*** **(KOSKELA, 1992)**	
	Nível 1	**Nível 2**
Valor		
Pacote de produto/serviço valor ampliado	Aumento do valor dos produtos através dos requisitos cliente	
Redução de lead time	Redução dos tempos de ciclos	
Fluxo de Valor		
Alta agregação de valor na empresa estendida	Reduzir parcela de atividade que não agrega valor	Simplificar através da redução de passos, parte e ligações
		Focar no controle global
		Manter equilíbrio entre melhorias de fluxo e nas conversões
Fluxo		
Produção em fluxo		Reduzir variabilidade
Trabalho padronizado		Aumentar a transparência do processo
Puxar		
Produção e entrega Just in time		
Recursos flexíveis	Aumentar a flexibilidade de saída	
Perfeição		
Aprendizado rápido	Introdução de melhoria contínua no processo	Fazer benchmarking
Foco comum		

Quadro 2: Pensamento enxuto X Construção enxuta.
Fonte: Adaptado de Picchi (2003).

Os aspectos ressaltados na Mentalidade Enxuta estão presentes na Construção Enxuta de forma mais detalhada, o que permite uma maior abrangência na forma de pesquisa e evidências desses princípios.

Capítulo 3 – Método de Pesquisa

Este capítulo tem o objetivo de relatar sobre a metodologia utilizada para realização desta pesquisa a fim de atingir o objetivo proposto. A metodologia abrange a escolha do método de pesquisa e dos instrumentos utilizados para a coleta dos dados, assim como os parâmetros adotados para a análise dos resultados.

3.1 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA

A seguir descrevem-se as definições de natureza das pesquisas, a maneira como as pesquisas são classificadas e a estratégia que podem ser utilizadas para se alcançar os objetivos.

3.1.1 Natureza da pesquisa

A pesquisa pode assumir naturezas diferentes (GIL, 2010), sendo elas; qualitativa, quando se considera que existe uma relação entre a vida real e o sujeito em estudo; ou quantitativa quando traduz em números opiniões e informações para classificá-las e organizá-las através de métodos estatísticos.

3.1.2 Classificação da pesquisa

Segundo Robson (2002), são apontados três tipos de finalidade de pesquisa conforme o objetivo que se pretende alcançar: exploratória, descritiva, explicativa.

Na pesquisa exploratória, o que se busca é descobrir o que está acontecendo, particularmente em situações pouco compreendidas; procurar novas

formas de entendimento; apresentar questões sobre o assunto; avaliar o fenômeno sob novo posicionamento ou gerar idéias e hipóteses para futuras pesquisas

Na pesquisa descritiva, busca-se descrever o fenômeno a se estudar, baseada no conhecimento disponível sobre o assunto. Busca-se identificar as principais características do sistema de fachadas duplas ventiladas e sua utilização em edifícios de escritórios, casos onde a técnica foi utilizada e resultados esperados pela sua aplicação.

Na pesquisa explicativa, o que se busca é explicar o fenômeno que está acontecendo, particularmente em situações contemporâneas e cotidianas que fazem parte da realidade das empresas construtoras de pré-fabricados; buscando descrever as formas de funcionamento.

3.1.3 Estratégia da pesquisa

Ainda segundo Robson (2002) as estratégias usadas para atingir os objetivos da pesquisa, podem ser:

- Experimental; medição de efeitos de manipulação de uma variável em outra.
- Survey; coleta de dados padronizada em um grupo de pessoas. Quando a pesquisa envolve a interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer.
- Estudo de caso: envolve o estudo profundo e exaustivo a respeito de um simples caso ou de um pequeno número relativo de casos.

Conforme Yin (2005), estudo de caso é uma estratégia para fazer pesquisa que envolva investigação impírica de um fenômeno contemporâneo particular dentro do contexto da vida real usando várias fontes de evidência.

Robson (2002) define estudo de caso como uma estratégia para fazer pesquisa que envolva investigação empírica de um fenômeno contemporâneo particular dentro do contexto da vida real, usando várias fontes de evidência.

O estudo de caso caracteriza-se por ser um estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, cuja utilidade é verificada nas pesquisas exploratórias e, especialmente, utilizada nas fases iniciais de uma investigação de tema complexo (GIL, 2010).

O estudo de caso é um movimento de investigação direta e a descrição de fenômenos que são vivenciados pela consciência, sem teorias sobre a sua explicação causal e tão livre quanto possível de pressuposto e de preconceito (YIN, 2005).

De acordo com o tipo de questão que esta pesquisa procurou responder optou-se por realizar um estudo de caso com objetivo explicativo de natureza qualitativa, onde se buscou analisar o processo de fabricação modular de casas populares.

Como fontes de evidências foram utilizadas observações diretas e participantes, registros fotográficos, medições geométricas, coleta de documentos e entrevistas com questionário semi-estruturado. Com isso, pretendeu-se investigar um fenômeno contemporâneo dentro do contexto da vida real, abrangendo uma lógica de planejamento, técnicas de coleta de dados e as abordagens específicas à análise dos mesmos.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Nessa seção serão descritas as etapas da pesquisa realizada, abordando desde o inicio quando se buscou o embasamento teórico, o desenvolvimento das ferramentas utilizadas para captação de dados até a análise dos resultados.

A pesquisa foi dividida em três fases (Figura 2): a primeira consiste na definição da unidade de análise, os estudos de caso e pesquisa bibliográfica sobre o tema definindo. A segunda fase trata-se da elaboração do questionário para obtenção dos resultados e outras formas de coleta de dados. E a terceira fase trata-se de uma análise minuciosa, através da triangulação dos dados e da base teórica adquirida durante todo o tempo de pesquisa.

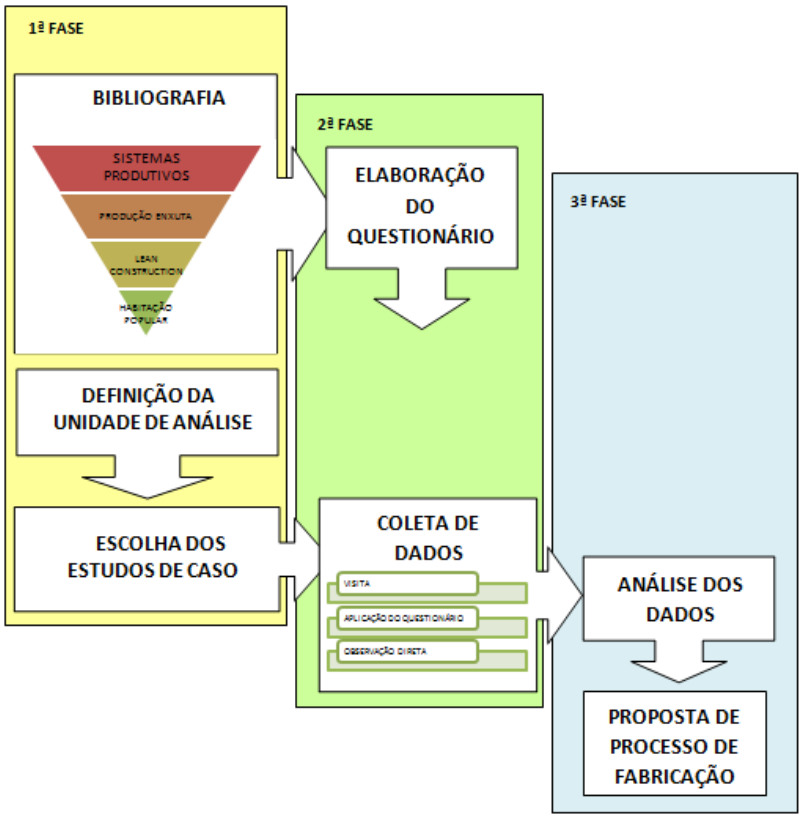


Figura 2: Mapa mental.
Fonte: a autora (2010).

a) Pesquisa bibliográfica

A construção do conceito teórico para a elaboração da coleta de dados é fundamental para o sucesso na pesquisa, delimitando os dados a serem coletados (YIN, 2005). A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida com base principalmente em livros, artigos científicos, teses, dissertações, monografias e periódicos técnicos e científicos.

A escolha para o referencial teórico iniciou-se pela leitura exploratória baseada em três linhas de pesquisa: os sistemas produtivos, a produção enxuta, a mentalidade e a construção enxuta dando ênfase na pré-fabricação. Buscou-se também conceitos relacionados aos sistemas de produção da construção civil no Brasil e seus desperdícios.

Após determinados os tópicos relevantes da pesquisa, foi realizada a leitura seletiva, selecionando os textos que seriam utilizados. Como terceira etapa realizou-se uma leitura analítica, a fim de compatibilizar e resumir as informações, e por último a leitura interpretativa dos textos selecionados.

Com a leitura interpretativa procurou-se conferir o significado mais amplo dos resultados obtidos com a leitura analítica, a qual tem por objetivo relacionar o que o autor afirma com o problema para o qual se propõe uma solução (GIL, 1996).

b) Definição da Unidade de Análise

Nesta etapa buscou-se entender as diferenças entre as estratégias de pesquisa e também definir o perfil das empresas que participariam do trabalho. A unidade de análise estudada foi o processo de produtivo de peças pré-fabricadas utilizadas na construção de casas populares.

c) Escolha do Estudos de caso

Esta pesquisa foi realizada em duas empresas do setor da construção civil da indústria de pré-fabricados. A escolha das empresas baseou-se na característica do negócio de pré-fabricado, método que foge do sistema convencional de construir que exige o desenvolvimento de um processo construtivo cíclico e restrito a um determinado local, tornando viável a busca contínua pela melhoria da produtividade e eficácia.

Por questões geográficas, de localização de fácil acesso, foram escolhidas duas empresas do ramo de pré- fabricação: uma com sede na cidade de São José dos Pinhais, Paraná, nomeada empresa A e a outra com sede na cidade de Curitiba, Paraná, nomeada empresa B.

3.2.2 Coleta de dados

Como esta pesquisa visou analisar as necessidades de informações nos processos de produção, foi feita uma investigação preliminar que seguiu alguns passos (Figura 9). Através de visitas e consultas informais identificou-se as empresas escolhidas como estudo de caso.

Esta etapa retrata como foram adquiridos, nas duas empresas de estudo de caso, os dados coletados ao longo da pesquisa que foram utilizados para a análise e conclusão final do trabalho.

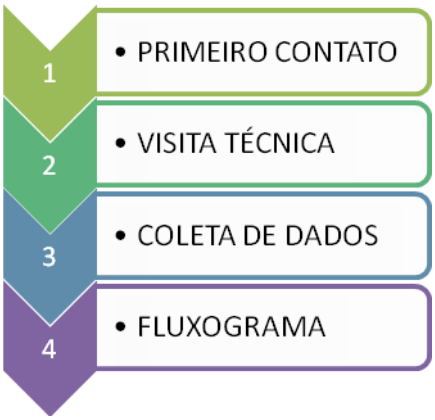


Figura 3: Passos da coleta de dados.
Fonte: A autora (2010).

a) Primeiro contato

Após a escolha das empresas do estudo de caso foi feito um primeiro contato com a empresa, via telefone, para verificar a disponibilidade de agendar uma visita e saber sobre os interesses da empresa em participar da pesquisa.

Após identificado o interesse em participar, foi preenchido o formulário de cadastro da empresa (Apêndice 1), aceitado o termo de aceitação entre empresa e instituição de ensino, assim como o termo de sigilo entre ambas as partes, também foram agendadas as próximas visitas para as demais fases da coleta de dados.

b) Visita técnica

Na visita às empresas foram apresentados os interesse e objetivos da pesquisa, de forma a verificar se as empresas enquadravam-se nos requisitos desejados. Neste momento buscou-se conhecer metas, objetivos e missão das empresas e tomar conhecimento do fluxo de atividades produtivas, identificando quais eram os responsáveis pelo cenário de cada etapa.

c) Coleta de dados

A coleta de dados foi dividida em três partes: a aplicação do questionário, a observação direta da pesquisadora e o registro de documentos que validariam as informações coletadas.

- **Questionário semi-estruturado**

Um projeto de pesquisa que utiliza como método o estudo de caso necessita da formulação de um instrumento para coletar dados. Este protocolo tem como objetivo principal diminuir a possibilidade de esquecer de coletar dados importantes à pesquisa, evitando o retrabalho e servindo também para aumentar o rigor e possibilitar uma análise corporativa entre os dados obtidos (YIN, 2003).

A proposta de desenvolvimento do questionário aplicado a esta pesquisa, surgiu da adaptação de um questionário existente na dissertação desenvolvida por Carvalho (2008), que buscou desenvolver uma ferramenta capaz de medir a relação do uso da Construção Enxuta dentro das construtoras. O questionário possuía diferentes perguntas para serem aplicadas a diferentes categorias dentro da organização e era baseado nos onze princípios da Construção Enxuta, elaborado por Koskela (2000).

Segundo o livro, a partir do checklist desenvolvido para a avaliação da Construção Enxuta nas empresas construtoras, foram feitas algumas adequações para que o mesmo fosse aplicado a uma indústria da construção civil de grande porte no Brasil. Esta dissertação adotou os critérios iniciais do questionário de Carvalho (2008), tais como o tempo de aplicação não maior do que uma hora e a interface de preenchimento simples e resumida para entrevista acompanhada de observação do pesquisador. A escala de pontuação das respostas foi alterada visto que os Estudos de Caso eram de diferentes naturezas. O objeto de estudo no caso da pesquisa de Carvalho (2008) eram empresas construtoras de edifícios e a presente dissertação abordou indústrias de casas pré-fabricadas.

Nesta dissertação, foram utilizadas as mesmas escalas descritas por Gonçalves (2011) para criar um parâmetro entre as respostas obtidas na coleta de dados durante a aplicação do protocolo de pesquisa. Estas escalas foram adotadas

para facilitar a confiabilidade estruturada dos dados, ao invés de utilizar perguntas abertas. As escalas de avaliação para esta pesquisa seguiram algumas definições e foram adaptadas de Beber (2008), servindo para verificar o grau de realização/utilização de uma atividade e/ou ferramenta e a sua relevância, ou seja, o respondente classificava a importância de alguma atividade, ferramenta ou documento mediante a visão do entrevistado.

As escalas atribuídas seguem os quadros 3 e 4 a seguir:

NÍVEIS DE CLASSIFICAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO PRINCÍPIO	
0	O princípio não está presente e não existe registro de evidências
1	O princípio está presente, mas não há registro formal de evidências
2	O princípio está totalmente presente e existe evidências periódicas de registros
3	O princípio está presente e existe evidências formais de registro

Quadro 3: Pontuação quanto a utilização.
Fonte: A autora adaptado de Carvalho (2008).

NÍVEIS DE CLASSIFICAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DO PRINCÍPIO	
0	O princípio não é importante e não existe interesse de conhece-lo
1	O princípio é pouco importante, mas não se conhece teoricamente
2	O princípio é muito importante e existe a necessidade de implanta-lo
3	O princípio é extremamente importante e se faz uso da teoria para implantar ferramentas para segui-lo

Quadro 4: Pontuação quanto a importância.
Fonte: A autora adaptado de Carvalho (2008).

Foram considerados pesos iguais para todos os princípios e para todas as perguntas, pretendendo-se assim garantir que todos os princípios possuam igualdade de importância.

A partir da contabilização das respostas foi elaborada uma análise nas semelhanças e nas diferenças das respostas, apontando os pontos positivos e identificando as falhas no processo, com o intuito de evidenciar a falta de conhecimento *Lean*. Através dos questionários devidamente pontuados, também foi possível extrair a média entre as respostas dos diferentes entrevistados,

podendo assim, classificar a empresa conforme padrões estabelecidos na pesquisa de Carvalho (2008).

A escala utilizada para pontuar a Produção Enxuta abrange quatro níveis estipulados por Carvalho (2008). O nível A refere-se a utilização de 95% a 100% dos princípios da *lean construction. O nível B abrange de 70 a 84% de utilização do Lean. O nível C de 55 a 65%* e o nível D de 0% a 9% da pontuação, o que significa baixo ou nenhum conhecimento do *lean construction*, além de baixa qualidade nos processos e produtos e desperdícios e falta de melhorias conforme mostrado no Quadro 5.

Os resultados desta média aritmética foram expostos em percentuais expressando o desempenho em relação à Construção Enxuta, ou seja, quanto maior o valor calculado, mais próximo do Pensamento Enxuto encontrava-se a empresa estudada.

Foi estabelecido para servir como parâmetro de comparação para as empresas estudadas, a tabela proposta por Hofacker *et al*. (2008), porém com a escala e características de cada nível modificada por Carvalho (2008), divididas em duas categorias descritivas; uma que descreve as características que evidenciam a efetividade e outra que descreve as características que evidenciam o grau de importância, conforme Quadro 5:

NÍVEL	SUBNÍVEL	PERCENTUAL	DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS	
			EFETIVIDADE	IMPORTÂNCIA
A	A+	95% a 100%	Utiliza ferramentas documentais para relatar as práticas da construção enxuta	Disseminação dos princípios da construção enxuta
	A	90% a 94%		
	A-	85% a 89%		
B	B+	80% a 84%	Busca implantar as práticas ca construção enxuta	Consciência e aprendizado enxuto
	B	75% a 79%		
	B-	70% a 74%		
C	C+	65% a 69%	Foco apenas na qualidade do produto final	baixo ou nenhum conhecimento em construção enxuta
	C	60% a 64%		
	C-	55% a 59%		
D	D+	50% a 54%	Baixo foco em melhorias	Conhecimento nulo sobre a construção enxuta
	D	45% a 49%		
	D-	0% a 44%		

Quadro 5: Parâmetro de pontuação da produção enxuta.
Fonte: A autora adaptado de Carvalho (2008).

Desta maneira foi possível avaliar o grau adaptação do Pensamento Enxuto no estudo de caso, bem como o cumprimento das tarefas que verificavam tais pensamentos.

O questionário foi aplicado em diferentes colaboradores da empresa que foram identificados como líderes de seus postos de trabalho, por julgar que estes representam uma situação de responsabilidade capaz de contribuir para o desenvolvimento da pesquisa. Durante a escolha dos entrevistados buscou-se identificar as seguintes situações:

- ✓ perceber a visão que o entrevistado tinha do processo como um todo;
- ✓ fazer com que o entrevistado relatasse a participação dos demais agentes envolvidos com o processo;
- ✓ abrir espaço para que o entrevistado revele os aspectos que considerava peculiar e importante no processo.

O questionário que foi utilizado durante a coleta de dados encontra-se no Apêndice 2. O questionário surgiu da adaptação de um questionário existente na dissertação desenvolvida por Carvalho (2008), focando desenvolver uma ferramenta capaz de medir o grau de Construção Enxuta nas empresas de pré-fabricados.

- **Documentação**

Uma das formas sugeridas por Robson (2002) para assegurar a validade da pesquisa é a utilização de múltiplos instrumentos de coleta dos mesmos dados, a fim de verificar a ocorrência de padrão de semelhança nas descobertas obtidas, de forma a eliminar ruídos externos que possam interferir no resultado final. Com esse intuito, além dos questionários, também foram feitas observações diretas e análise documental.

A documentação, segundo Yin (2005), serve para valorizar as evidências provenientes de outras fontes, sendo que através destes documentos é possível fazer ligações com o que é relatado durante as entrevistas. Foram analisadas as tarefas de cada processo e registrado os documentos que comprovavam a efetividade das ações, tais como ordem de produção, contratos, projetos, relatórios,

editais, planilhas orçamentárias, cronogramas de obras, entre outros documentos constantes nas pastas de cada obra.

- **Observação**

A terceira fonte de evidência foi a observação. Aqui foram praticadas dois tipos diferentes de observação. Na empresa A, a observação foi direta e na empresa B a observação foi participante, uma vez que a pesquisadora fez parte do quadro de funcionários durante alguns meses.

A observação direta possibilita ao pesquisador a oportunidade de registrar os acontecimentos em tempo real e de retratar o contexto de um evento. Na empresa A, a observação foi direta e ocorreu apenas nas visitas agendadas à empresa. Sob um ponto de vista passivo, onde muitas vezes não foi possível verificar a veracidade dos documentos apresentados, foram desenvolvidos e relatados os fluxos e informações.

Segundo Yin (2005), ser um observador participante não é apenas ser um observador passivo; pode-se assumir uma variedade de funções dentro de um estudo, sendo possível, de fato, participar dos eventos que estão sendo estudados.

Segundo o mesmo autor, trabalhar como membro da equipe em uma organização é ser um observador participante, diferentemente daquele que apenas analisa o caso esporadicamente. Yin (2005) afirma que existe duas oportunidades interessantes na observação participante: a habilidade de conseguir permissão para participar de eventos ou de grupos que podem ser inacessíveis à investigação científica e a capacidade de perceber a realidade do ponto de vista de alguém de dentro da instituição, e não de um ponto de vista externo.

Nesse estágio foi importante observar os documentos existentes no fluxo, a forma como se dava a comunicação entre os departamentos, os aspectos geográficos da fábrica, tais como, *layout*, máquinas e processos, além de identificar as atividades que englobam o processo produtivo e as funções e atividades de cada departamento dentro do processo como um todo. Foi através das observações que foram feitas as medições geométricas e tomados os tempos de cada atividade cronometrados em diferentes momentos. As medidas de tempo

padrão foram baseadas na média retirada dos tempos de produção medidos para cada tarefa.

d) Fluxograma

Através dos dados obtidos foi traçado um mapa da estrutura e organização, assim como o levantamento das atividades durante o processo de fabricação e o tempo de execução de cada uma. Os tempos tomados serviram como uma referência para determinar quais eram os locais que necessitavam de melhorias. Para ilustrar esse levantamento será elaborado um fluxograma com tais informações.

A figura 4 ilustra um modelo de fluxograma utilizado por Gonçalves (2011) para apresentar as melhorias nas atividades que compõem o sistema produtivo das empresas. O esquema trás informações sobre as atividades, tempo de duração, tempo total, tempo ocioso, responsável pela operação e material utilizado, também serão destacados os pontos críticos, que contém informações essenciais para se alcançar bons resultados.

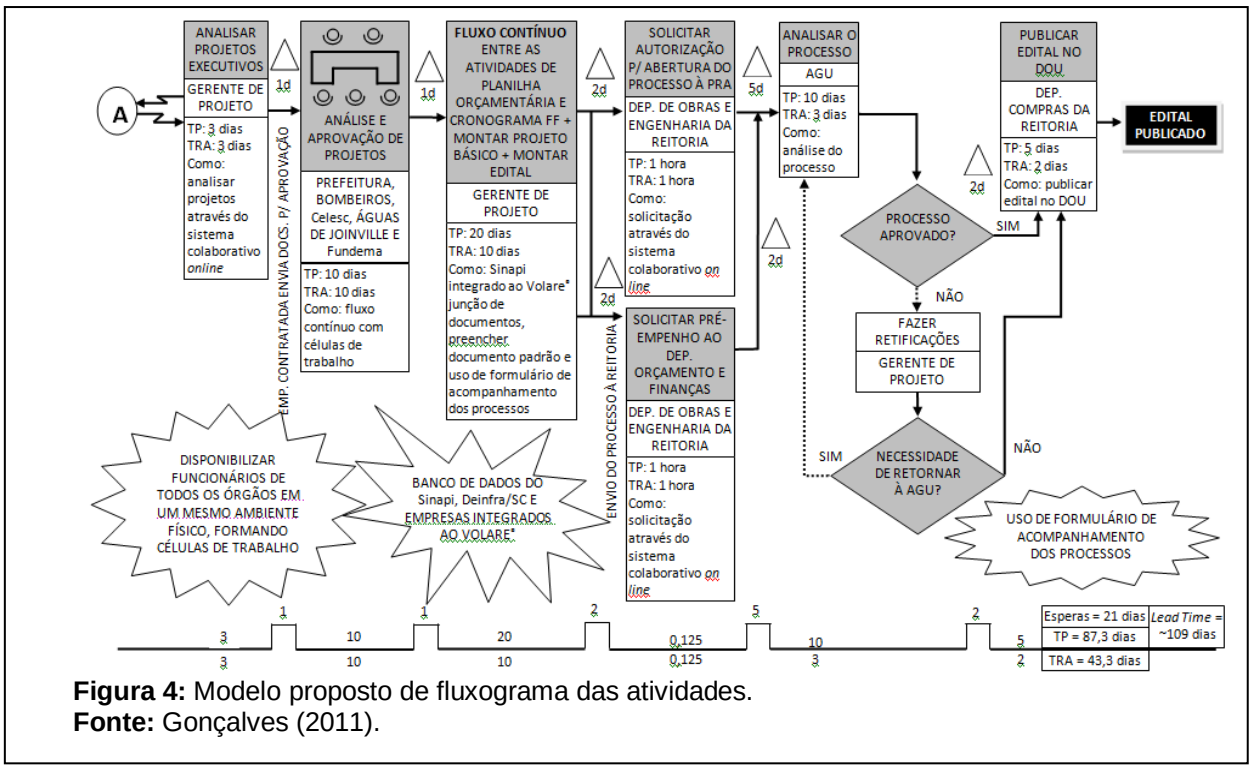


Figura 4: Modelo proposto de fluxograma das atividades.
Fonte: Gonçalves (2011).

3.2.3 Análise dos problemas encontrados

A análise de dados consiste em examinar, identificar, classificar, testar, ou, ao contrário, recombinar as evidências quantitativas e qualitativas para tratar as proposições iniciais de um estudo (YIN, 2005).

Primeiramente, foi realizada a análise individual das evidências de cada no estudo de caso, sendo posteriormente utilizada a técnica de triangulação de dados entre os resultados das fontes de evidências.

Nesta etapa foram listados as atividades que englobam o processos de fabricação das peças, analisando os pontos fortes e fracos do processo, buscando identificar as atividades que não agregam valor e oportunidades para propor um Modelo de Produção de Casa Populares pré-fabricadas baseado na Construção Enxuta. A partir do modelo conceitual foram separadas as atividade que agregam valor (AV) e atividades que não agregam valor (NAV). Por exemplo, transportes internos não agregam valor e deviam ser eliminados. Outras atividades que não necessariamente agregam valor, como inspeção de qualidade, deveriam ser reduzidas ou, se possível, eliminadas.

3.2.4 Proposta de melhorias

> Toda mudança, por melhor que seja, tende a causar problemas inicialmente, portanto deve-se primeiramente entender o cenário e depois adotar diferentes ações para que se obtenha resultados satisfatórios.

Baseados nos problemas levantados, foram elaboradas sugestões de melhorias, focando os princípios da Construção Enxuta e em modelos de estudos obtidos durante a pesquisa bibliográfica. Como resultados foram elaborados passos para serem seguidos na obtenção das melhorias em forma de documentos que visassem a padronização dos produtos, a redução do tempo de ciclo das atividades, mantendo o fluxo contínuo de fabricação da empresa.

As ações sugeridas para a estruturação do processo de fabricação de casas populares foram baseadas em três princípios: (a) ação de prevenção: que visa prevenir possíveis problemas, eliminando a causa dos problemas em

potencial. (b) ação de proteção: que impede que o problema se alastre. (c) ações corretivas: remove os efeitos gerados pelo problema, nesse caso não é eliminado a causa e sim os danos decorrentes.

3.2.5 Considerações finais

Neste item foram relatadas as entrevistas, apontado o que a autora considerou dificuldade durante o processo. O texto final foi exposto de modo a verificar se os objetivos da pesquisa tiveram a possibilidade de serem atingidos, bem como se foi respondido o problema de pesquisa e quais foram as suas limitações, finalizando com sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 4 – Os Estudos de Caso

Este capítulo tem o objetivo de relatar os resultados obtidos nos Estudos de Caso, as fases e dificuldades encontradas na coleta de dados e a equalização do questionário aplicado, pontuando as empresas dentro da filosofia da Construção Enxuta.

4.1 EMPRESA A

4.1.1 DESCRIÇÃO

Trata-se de uma empresa familiar, que está no mercado há mais de 20 anos e é liderada todos esses anos pela mesma pessoa, que acredita que a empresa se desenvolveu com maior rapidez nos últimos anos.

Atua em um parque fabril de 6.000 m² localizado na cidade de São José dos Pinhais, Paraná, e conta com a colaboração de 6 (seis) funcionários na fábrica e 5 (cinco) funcionários em um *stand* de vendas com diversas casas de *showroom* na cidade de Curitiba.

Produz peças de concreto, tais como placas e colunas que ao se encaixarem podem constituir as paredes estruturais de uma casa. Além de produzir placas e colunas possui uma vasta linha de produtos, entre eles escadas, cercas, muros, calçadas, balaustres e lajes (Figura 5).

Figura 5: Exemplo construtivo utilizado pelo estudo de caso A.
Fonte: www.formasparaconcreto.ind.br (2010).

Além da produção de peças em concreto pré-moldado, a empresa também executa obras, montando as casas utilizando equipes terceirizadas. Atualmente, a grande maioria das obras localizam-se na região litorânea do Estado, leste à cidade de Curitiba, Paraná.

4.1.2 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi feita pela pesquisadora e contou com a ajuda de dois estudantes de graduação do Grupo de Estudos de Inovação Tecnológica da UFPR. Grande parte da coleta ocorreu no parque fabril com visitas agendadas esporádicas durante aproximadamente dois meses e também com visitas agendadas no *stand* de vendas. Durante a coleta de dados foram entrevistados quatro colaboradores da empresa em questão: um desenhista responsável pelos projetos, uma vendedora, um gerente de produção e um dos operários da fábrica responsável pela confecção das peças.

A primeira visita feita ao *showroom* da empresa serviu para apresentação formal dos interessados. Foi exposto objetivo principal da pesquisa e identificado o interesse de participação da empresa.

A segunda visita foi feita na fábrica em São José dos Pinhais e foi possível obter uma visão geral de como ocorria o fluxo de atividades na produção. Tal fluxo iniciava-se com um pedido impresso, encaminhado pelo PCP (Planejamento e Controle da Produção) da empresa, localizado em Curitiba. O pedido continha informação de descrição das peças e quantidades a serem produzidas. O responsável pela coordenação da produção anotava em um papel apenas o número de placas e colunas a serem produzidos para aquele pedido e pendurava o lembrete em um quadro localizado na produção. O coordenador da produção também era responsável por verificar os estoques de matéria prima.

A produção atuava por conta própria, independente do número de peças que atendia um ou outro projeto. Possuíam uma meta interna, traçada pelos próprios colaboradores da produção, de confeccionarem 200 placas por dia independente dos pedidos, mantendo os estoques sempre cheios.

Para confecção das placas, os colaboradores cortavam os aços que formavam a malha estrutural. O aço era comprado em rolo e a empresa possuía uma máquina de corte. O corte era feito sem controle de contagem e utilizava-se um dispositivo tipo *poka-yoke* que limitava o tamanho do aço a ser cortado.

Enquanto um funcionário cortava o aço, outro funcionário preparava a mistura de argamassa, eram utilizados baldes, torneira de água e saco de cimento como medidas. O traço do concreto era determinado pelo líder da produção que empiricamente dizia se a mistura estava pronta para ser utilizada.

A empresa possuía duas betoneiras que trabalhavam simultaneamente, enquanto uma misturava o concreto, o concreto da outra era despejado no chão, para somente em seguida ser colocado nas formas.

Primeiramente “punhados” de concreto eram distribuídos pela forma, já lubrificada com óleo reaproveitado, e serviam como espaçadores da armação que era colocada logo em seguida.

Em seguida coloca-se a armadura vertical e em seguida a armadura horizontal, formando assim uma manta de aço. A mesa era vibrada para que o concreto fosse assentado e em seguida acontecia o preenchimento das formas, nesta etapa o transporte do material era feito por pá e a distribuição e nivelamento do concreto era manual.

Ao término do preenchimento da forma a mesa era vibrada novamente, até que o concreto estivesse aparentemente bem distribuído pelas formas. Eram corrigidos excessos e imperfeições, o que ocorria manualmente, e a mesa era vibrada novamente.

Em seguida, as peças eram empilhadas e carregadas para área de secagem coberta, onde acontecia a cura, o tempo médio de desforma era de 24 (vinte e quatro) horas podendo chegar a 48 (quarenta e oito horas) em dias chuvosos.

Logo depois de desenformadas, as peças eram transportadas manualmente e empilhadas na área de estoque, onde permaneciam até a hora da expedição.

A meta da produção era confeccionar 200 placas por dia independente dos pedidos dos clientes. O processo descrito anteriormente está ilustrado no fluxograma da figura 6:

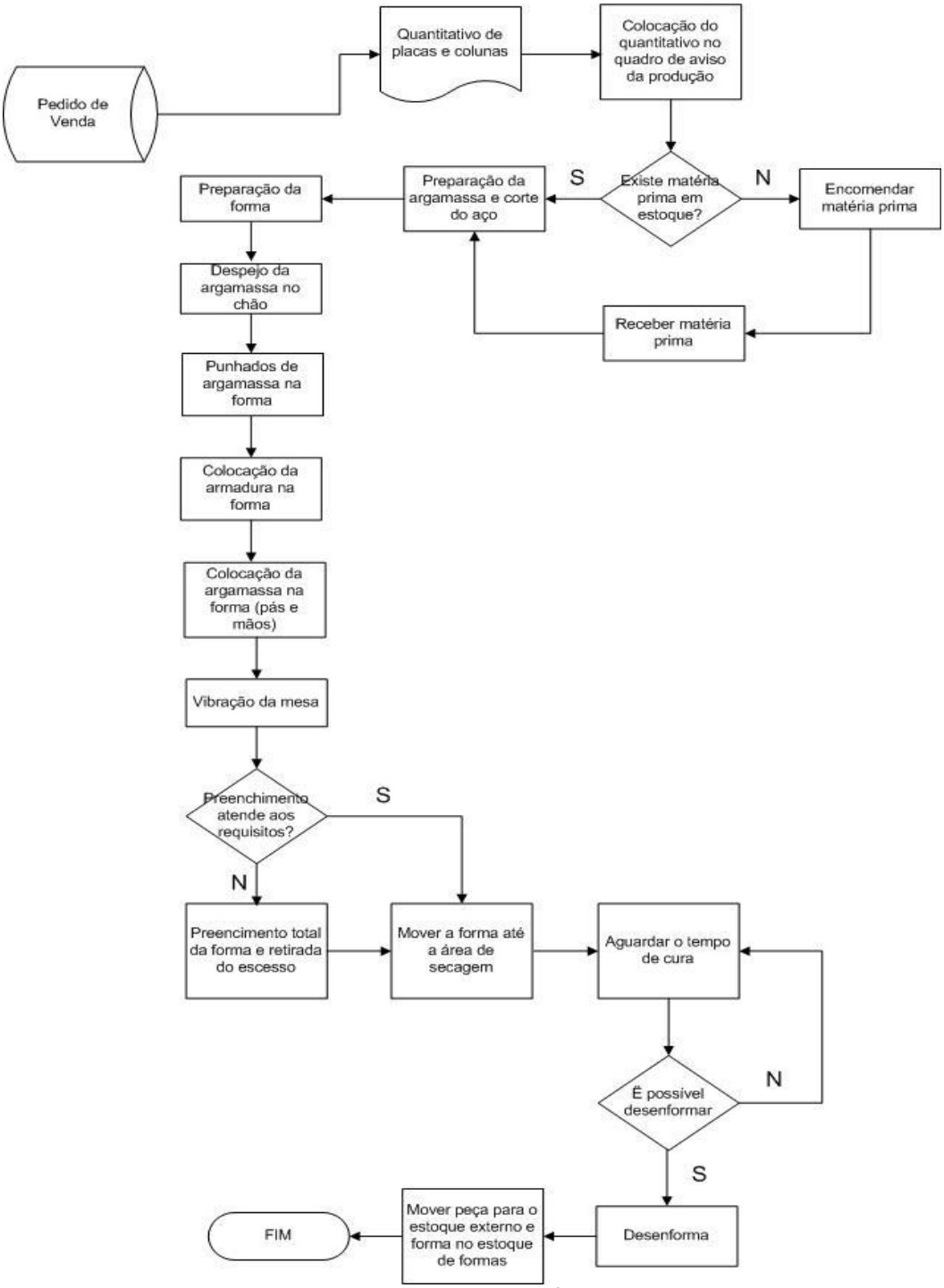


Figura 6: Fluxograma de atividades da fábrica.
Fonte: a autora (2010).

A terceira visita aconteceu no *showroom* da fábrica em Curitiba. Durante a visita foi levantado o fluxo de atividades administrativas que envolvia a venda, o projeto e o levantamento quantitativo dos materiais.

Ao se dirigir ao *showroom* o cliente encontrava uma variedade de plantas de diferentes metragens as quais permitiam algumas variações de materiais e

layout mediante o custo adicional. O cliente ainda podia apresentar uma planta a sua escolha que era desenhada de forma modular pelo desenhista da empresa que utilizava uma ferramenta gráfica (CAD).

Decidida a planta e aprovado o orçamento, o cliente assinava um contrato com a empresa e realizava a primeira parcela do pagamento. Após realizado o pagamento da primeira parcela, o desenho era encaminhado ao setor de levantamento onde era elaborado a lista de peças, que incluía colunas e placas. O documento era então encaminhado à fabrica.

Através do levantamento das atividades envolvidas no processo administrativo foi possível elaborar um fluxograma de informações, conforme Figura 7:

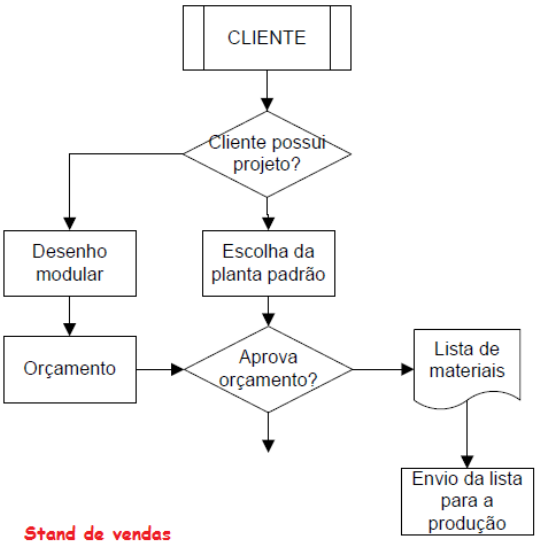


Figura 7: Fluxograma de atividades do escritório
Fonte: A autora (2010).

A quarta visita à fábrica da Empresa A, tratou de aplicar o questionário elaborado, com o intuído de identificar pontos chaves da Construção Enxuta, dentro da empresa. O primeiro entrevistado foi o coordenador da produção. O questionário levou 50 (cinquenta) minutos para ser respondido e demonstrou-se satisfatório quanto ao seu objetivo. O resultado quantificado de todos os questionários aplicados está apresentado no QUADRO 11 do capítulo 5.

Durante essa mesma visita, foi aplicado o mesmo questionário para o líder da produção, o qual levou em torno de uma hora, pois o mesmo tentava explicar seus atos em cada uma das respostas dadas, o que tornou possível a validação de suas respostas.

Durante todo o questionamento, era solicitado que fosse mostrado a pesquisadora os documentos relatados durante as respostas, o que muitas vezes, mostrou-se inexistente.

Após o término das entrevistas foi levantado o *layout* da área de fabricação e, através de uma trena, as medidas dos locais de armazenagem, confecção das peças, estocagem, secagem e etc.

Com a ajuda dos bolsistas da UFPR, do grupo de estudo GESIT, foram levantadas as atividades de produção, tomados os tempos de cada uma, anotados a produção diária, o consumo de matéria prima, e número de funcionários envolvidos em cada atividade.

Baseado no fluxograma e na observação direta foi elaborado uma lista de atividades detalhadas do processo de fabricação de placas (Quadro 6).

FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES (PLACA)

ATIVIDADE	OPERAÇÃO	TRANSPORTE	ESPERA	INSPEÇÃO	ESTOQUE
1. Entrada do pedido (manual)					
1.1 Verificação do estoque					
1.2 Verificação de matéria prima					
1.3 Verificação de formas					
2. Corte e amarração do aço					
3. Espera/demora					
4. Separação da forma					
5. Espera/demora					
6. Separação de matéria prima					
7. Mistura dos materiais					
8. Inspeção da argamassa					
9. Posicionamento da forma					
10. Despejo da argamassa no chão					
11. Preparação para colocação do aço					
12. Colocação do aço					
13. Vibração da mesa					
14. Preenchimento da forma com a pá					
15. Inspeção do preenchimento					
16. Armazenamento para secagem					
17. Espera/demora					
18. Desenforma					
19. Inspeção da peça					
20. Estoque/armazenamento					

Quadro 6: Mapeamento das atividades de produção de placas da empresa A.
Fonte: a autora (2010).

Optou-se por fazer a análise crítica de apenas um tipo de peça, visto que as demais peças possuíam o mesmo princípio de produção e, portanto, as mesmas atividades de operação.

Após levantamento da área fabril, com auxílio da ferramento do Google Earth e de uma trena de rolo, foi possível traçar um *layout* das instalações industriais da empresa A.

Através de um desenho em escala, denominado diagrama *spaghetti*, foram anotadas e traçadas as distâncias percorridas pelos colaboradores durante a execução de suas atividades referente a confecção da placa de concreto pré moldada (Figura 8).

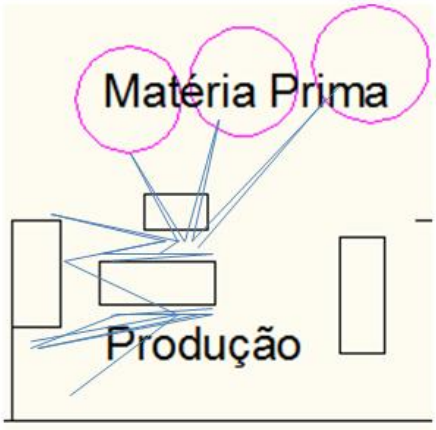


Figura 8: Modelo de diagrama spaghetti.
Fonte: a autora (2010).

Após análise criteriosa do mapeamento das atividades de confecção das placas, foram detalhadas as atividades de forma que pudessem ser classificadas quanto ao tipo de atividade (operação, transporte, estocagem, espera ou inspeção), usando simbologia apresentada no Quadro 1, tabelados tempos e distâncias conforme mostra o Quadro 7:

CARTOGRAFIA									página	1/1
Produto: PLACAS DA PAREDE Processo: MOLDAGEM Área: PRODUÇÃO Data: 12/07/2010					Elem	Atual		Proposto		Progresso
					○	3		3		
					⇨	7		3		
					D	3		0		
					□	2		2		
					△	7		2		

#	Descrição - SMED Descrição - Hoshin	Int. Lote	Ext. quant.	Dist. m	Tempo (") fluxo	 hom	○	⇨	D	□	△	percorrido homem
1	Retirar molde do estoque		x	1		6						0,33
2	Transportar molde até mesa		x	1		16						0,33
3	Posicionar molde na mesa		x	0		2						0,00
4	Respingar argamassa por toda a placa		x	0,5		46						0,17
5	Trazer armadura vertical		x	0		6						0,00
6	Posicionar armadura no molde		x	0		66						0,00
7	Trazer armadura horizontal		x	0,0		6						0,00
8	Posicionar armadura no molde		x	0		46						0,00
9	Vibrar a mesa		x	0		16						0,00
10	Segurar os moldes		x	0		16						0,00
11	Colocar argamassa no molde	x		1		244						0,33
12	Espalhar argamassa	x		1		346						0,33
13	Vibrar a mesa	x		0		120						0,00
14	Segurar os moldes	x		0		120						0,00
15	Completar falhas	x		1		100						0,33
16	Retirar excessos	x		0		100						0,00
17	Vibrar a mesa	x		0		50						0,00
18	Segurar os moldes	x		0		50						0,00
19	Empilhar moldes	x		1		55						0,33
20	Mover moldes para área de secagem	x		4		124						1,33
21	Estocar placas	x		0		5						0,00
22	Retornar à área de estoque do molde		x	4		45						1,33
		SubTotal		14,5		26,1	13,8%	31,8%	13,8%	9,1%	31,8%	4,83

Quadro 7: Cartografia das atividades do processo produtivo das placas.
Fonte: a autora (2010).

Segundo a cartografia do processo de fabricação de placas em concreto apresentada acima, foi possível identificar as atividades de operação que agregam valor. Apenas três das vinte e duas operações envolvidas no processo são operações que agregam valor e representam 13,6% do tempo total da operação que leva 26,1 minutos para completar o ciclo. Lembrando que são feitas três placas por ciclo, ou seja 8,7 minutos para confeccionar uma placa.

Outra característica importante que pode ser observada nos dados do Quadro 7 é a distância percorrida pelo colaborador para executar suas tarefas, totalizando uma média de 4,83 metros por placa.

A última visita aconteceu no *showroom* da Empresa A, onde foram aplicados os questionários a dois dos funcionários do escritório, sendo eles um vendedor e um desenhista. O resultado de aplicação do questionário está apresentado no gráfico 1 do capítulo seguinte.

4.1.3 PRINCIPAIS PROBLEMAS LEVANTADOS

Este tópico tem o objetivo relatar as análises dos dados coletados sobre o ponto vista da pesquisadora que baseou-se nos 11 (onze) princípios da Construção Enxuta. Os resultados obtidos nessa pesquisa serão apresentados em 5 (cinco) diferentes tópicos conforme os princípios do Pensamento Enxuto: valor, fluxo, fluxo de valor, puxar e perfeição.

a) Valor

Foram consideradas perguntas no questionário, referentes ao desperdício, esperas, transporte, valor agregado e inspeção, ou seja, atividades que agregam valor e atividades que não agregam valor. Todos demonstraram uma alta preocupação com os desperdícios gerados em suas atividades, além de terem adotado práticas diárias que evidenciam essa preocupação. Todos demonstraram envolvimento em suas atividades e preocupação em realizar suas tarefas da melhor forma possível, agregam valor, mesmo que inconscientemente.

Notou-se que existe pouca movimentação dentro de cada atividade, com exceção da produção, onde essa movimentação foi quantificada para melhor entender e estudar uma solução para isso. Além do transporte dentro das atividades, foi constatada uma grande movimentação entre os departamentos com o intuito de levar ou trazer informações do processo, alguns desses departamentos localizam-se distantes de seus setores.

O fator que mais se destacou dos princípios estudados nessa pesquisa foi concentração de grandes estoques de produtos acabados, uma vez que a empresa trabalhava para manter um estoque permanente. O estoque existia porque havia uma diferença de ritmo entre o fornecimento e a demanda. Se o fornecimento da matéria prima ocorresse a medida que a demanda surgisse, não haveria

necessidade de estoque. Quando a taxa de fornecimento excede a taxa de demanda, o estoque aumenta; quando a taxa de demanda excede a taxa de fornecimento o estoque diminui. O ideal é encontrar o ponto de equilíbrio entre o fornecimento de matéria prima e a demanda do produto.

Baseados nos dados obtidos na coleta de dados pode-se dizer que a redução dos desperdícios é um fator importante para reduzir as atividades que não agregam valor. Tendo em vista que a produção não calcula exatamente o material a ser utilizado em cada pedido, deixando o abastecimento por conta do fornecedor, que o faz de tempos em tempos, através de uma forma empírica.

A conscientização de que cada funcionário exercendo sua função em seu respectivo departamento fazia parte de um todo e é responsável pelo bom funcionamento da empresa para atender aos clientes em primeira instância, não era prioridade, nem se fazia perceber pelos colaboradores entrevistados, ou seja, a satisfação do cliente era independente das atividades desenvolvidas pelos colaboradores.

Na produção, o retrabalho era constante, devido a falta de tecnologia empregada nos equipamentos utilizados. O aparecimento de falhas como os vazios nas bordas das peças de concreto, os chamados “bixeiras”, eram não conformidades que eram aperfeiçoadas empiricamente, ou seja, após várias tentativas de erro e acerto, chegou-se a melhor maneira de evitá-las. Porém, o mesmo erro era repetido continuamente quando acontecia a troca de funcionários, perdia-se um certo tempo e uma certa quantidade de peças eram desperdiçadas até que esse funcionário corrigisse seus próprios erros. Para evitar que esse erro fosse corriqueiro nas atividades diárias da empresa sugeriu-se a adoção de medidores capazes de despejar sobra no molde. Buscava-se utilizar a quantidade exata de materiais no processo bem como rolos compressores manuais de baixa densidade, que serviam para espalhar o concreto de forma uniforme e proporcionava um melhor acabamento nas peças.

Durante a aplicação do questionário elaborado previamente (ver Apêndice I), a autora pode constatar que existia uma descontinuidade de informações entre a venda e a fabricação das peças, que ocorriam em locais distintos. Fato que foi

amenizado pela meta de produzir um determinado número de peças por dia, mantendo o estoque de peças acabadas sempre nivelado. O estoque de produtos acabados (Figura 9) era algo custoso e representava acúmulo de uma considerável quantidade de capital, mantê-los representava risco, pois estes materiais podiam demorar demasiadamente para serem usados além de ocuparem espaço valioso.

Figura 9: Estoque de produto acabado empresa A.
Fonte: A autora (2010).

As quantidades estocadas de matéria prima (Figura 10) foram estipuladas empiricamente ao longo dos anos através de tentativas de acertos e erros, fato que dependia da experiência dos colaboradores. Com o passar do tempo, a frequência do ritmo de entrega desses materiais foram percebidos pelos fornecedores que passaram a fornecer esses materiais regularmente, sem a necessidade de um pedido formal.

Figura 10: Depósito de matéria prima da Empresa A.
Fonte: a autora (2010).

Presencialmente foi constatado que a fonte de alimentação de matéria prima, não se encontrava em local de fácil acesso para sua aplicação, porém a maior dificuldade no caso da matéria prima era a forma de como era estocada. As matérias primas eram armazenadas em fila sendo a ordem: brita, pó de pedra e areia, o que tornava inviável o reabastecimento do primeiro item (brita) quando ainda existiam os outros itens em estoque, uma vez que a passagem de acesso a esses materiais era restrita pelo setor de estoque de peças acabadas, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11: Layout existente da empresa A.
Fonte: Google earth (2010).

Outros pontos que caracterizavam desperdícios na produção foram anotados e estão relacionados a seguir.

- ✓ Corte desnecessário do aço: Os aços galvanizados que eram comprados em barras e eram cortados em grandes quantidades desnecessárias gerando desperdício (Figura 12).

Figura 12: Corte de ferragens excedentes.
Fonte: a autora (2010).

- ✓ Armazenamento das formas: não existia um local definido para armazenar as formas, sendo que cada tipo de forma era estocado próximo ao seu local de utilização (Figura 13).

Figura 13: Depósitos dos diferentes tipos de fôrmas.
Fonte: A autora (2010).

- ✓ Área de secagem: assim que acabavam de ser preenchidas, as fôrmas eram colocadas para secar em área coberta, durante 48hrs (Figura 14) e após desenformadas eram transportadas manualmente, uma a uma, para a área de armazenagem aberta (Figura 15), sendo que as matérias primas e máquinas como betoneiras e mesas vibratórias ficavam entre as áreas em questão, o que dificultava o manuseio e o fluxo das atividades.

Figura 14: Área de secagem coberta
Fonte: a autora

Figura 15: Área de secagem aberta
Fonte: a autora

Referente ao princípio que busca aumentar o valor do produto através da perspectiva do cliente, foram elaboradas 11 (onze), para saber se a empresa realizava constantemente troca de informações com o cliente. Através do

questionamento, foi possível verificar que o cliente não fazia parte do processo de melhorias da empresa, estando esse limitado apenas na fase da venda do produto. Também não foram encontradas evidências de documentos que relatassem esse questionamento por parte da empresa a seus clientes. Toda a organização mostrou baixo interesse na pesquisa de satisfação e preocupação com os valores dos clientes sendo que todos os entrevistados eximiram-se da responsabilidade que suas atividades interferirem no grau de satisfação dos clientes.

b) Fluxo de Valor

Segundo relatos dos colaboradores ao responderem o questionário, não existia um controle da produtividade dos tempos gastos na execução de cada atividade, também não foi notado interesse ou preocupação com esse tipo de controle, embora todos afirmassem que podiam realizar suas atividade de forma mais rápida e simplificada sem afetar a qualidade dos produtos.

Como o conceito de coordenação estava presente nos projetos e a padronização nas peças, simplificar ou minimizar partes e peças era uma função difícil e limitada.

Nenhum dos entrevistados revelou conhecimento do tempo de execução de sua atividade, também não acreditavam que esse dado fosse importante para o processo produtivo. A maioria dos entrevistados afirmou que conhece os objetivos, metas e políticas da empresa embora as mesmas não fossem repassadas com frequência para os funcionários.

A empresa não estabelecia metas para cada departamento, por isso cada departamento acabava por traçar suas próprias metas diariamente.

Embora não houvesse planejamento das atividades nem um tempo de ciclo das atividade monitorado, no geral, todos classificam o fluxo entre projeto e entrega do produto como bom. O fluxo de entrega de material era controlado pelo fornecedor. Não existia um documento que relasse o controle das fases do projeto, o que dificultava manter um “*status*” atualizado para o cliente, porém a existência de um estoque de peças acabadas garantia a entrega do produto no prazo estipulado.

Todos relataram que o processo produtivo da empresa era bem sucedido pois atendia aos prazos prometidos.

c) Fluxo

O questionário mostrou que a variabilidade nas peças produzidas era muito pequena, pois todas eram feitas a partir de formas metálicas industrializadas com tolerâncias na casa dos milímetros, porém os gabaritos não eram conferidos ou aferidos com frequência. Também não existia uma manutenção preventiva dos equipamentos utilizados, o que podia gerar variação nas peças produzidas.

Em relação ao posicionamento do aço da placa percebeu-se que não ocorria fixação do aço, este era colocado aleatoriamente em quantidades pré estipuladas e distâncias entre eles não possuíam qualquer padrão de medida. O espaçamento entre a forma e o aço era feito com um “punhado” de concreto, e os aços não eram amarrados entre si (Figura 16)

Figura 16: Colocação da armadura das placas
Fonte: a autora

O conceito de coordenação modular estava presente desde a criação do produto, dado que todas as peças que formavam o projeto eram regulares e padronizadas. Mesmo tendo padronização nas peças, os entrevistados não mostraram preocupação ou interesse em mecanizar suas atividades, limitando-se ao uso de equipamentos básicos e sem tecnologia para a confecção das peças (Figura 17).

Figura 17: Equipamentos utilizados.
Fonte: a autora (2010).

As atividades são realizadas de forma manual, como por exemplo, o preenchimento das formas onde o concreto era colocado na forma com a ajuda de uma pá e espalhado com as mãos (Figura 18).

Figura 18: Preenchimento das formas
Fonte: A autora (2010).

Excessos e faltas eram corrigidos visualmente. Após um período de produção ocorria o acúmulo de concreto seco necessitando remoção e limpeza, além do desperdício de argamassa.

No geral as atividades costumavam ser repetitivas e não variavam ao longo do dia. Não foi identificado procedimento que não fosse empírico, a dosagem do concreto, por exemplo, ocorria por intuição e experiência do funcionário.

Poucos foram os documentos encontrados que evidenciaram o fluxo de operação das atividades. A comunicação entre pessoas dos diversos setores era feita de forma direta e constante, porém a localização dos setores, principalmente na fábrica não propiciavam uma boa comunicação com os setores vizinhos, mas a

maior falha na comunicação estava entre o departamento de vendas e a produção que se localizavam em diferentes cidades. Como não existia um sistema integrado que transmitisse as informações eletronicamente, além dos emails, muitas informações acabavam perdendo-se.

Após a quantificação de peças de um projeto o mesmo era anexado ao contrato como um documento de escopo dos itens a serem entregues. A produção por sua vez recebia apenas um lembrete escrito a mão com a quantidade de peças a serem produzidas para aquele determinado projeto. Como o fluxo de informações não era contínuo e transparente, informações importantes acabavam perdendo-se ao longo do processo gerando erros e retrabalhos.

Não existiam documentos que evidenciassem os tipos de retrabalhos ou a incidência com que eles aconteciam.

Os setores não eram demarcados e não existia sinalização de riscos nos equipamentos da fábrica. Não existiam dispositivos de identificação dos setores ou das etapas do processo ou quadros informativos quanto sua produtividade na fábrica. Os procedimentos e instruções de trabalho eram inexistentes e cada colaborador acabava por desenvolver seu próprio ritmo de trabalho.

Mesmo com todos esses empecilhos no fluxo de informação da empresa os entrevistados mostraram-se envolvidos e motivados.

d) Puxar

Em relação à flexibilidade do produto a pesquisa constatou que as peças eram pouco flexíveis em seu formato, ou na forma como eram empregadas (as placas eram utilizadas para formar paredes de casas ou muros). Também não foi constatado variação nos materiais empregados exceto por aceleradores de cura do concreto.

e) Perfeição

Através do questionário identificou-se que não existia controle efetivo dos desvios/defeitos de cada atividade, embora a maioria dos entrevistados tenha demonstrado preocupação e interesse sobre esse assunto. Ainda segundo as

resposta do questionário contatou-se que na maioria das vezes as idéias de melhoria dos colaboradores não eram adotadas como procedimentos, o que podia perder-se com o passar do tempo ou troca de funcionários. Não existiam documentos de procedimentos ou instrução de trabalho que padronizassem as atividades. Também não existia capacitação para os novos ou demais funcionários.

A maioria dos entrevistados revelou que conheciam práticas de outros concorrentes e tentavam trazer suas técnicas de sucesso para dentro de suas atividades. Embora a maioria reconhecesse a necessidade de pesquisar novas práticas tecnológicas, como a empresa não apoiava essa prática não se busca tornar-se referência de ponta.

4.1.4 MELHORIAS PROPOSTAS

Este tópico apresenta propostas de melhorias baseadas nos problemas identificados na Empresa A, durante todo o processo de coleta de dados e análise dos problemas encontrados. Para a elaboração de tais propostas foram considerados modelos bem sucedidos no ramo da pré-fabricação e a teoria estudada em relação à Construção Enxuta proposta por Koskela (2000).

Em relação aos estoques gerados, a maior concentração de estoques ocorria na produção, onde os operários trabalhavam para manter o estoque de peças acabadas sempre constante. O ideal seria a eliminação por completo adotando uma produção puxada, determinada pelos pedidos dos clientes. Caso isso não seja possível, pode-se estabelecer um lote econômico, ou seja, deve-se balancear a capacidade de acordo com a demanda, para depois tentar manter o fluxo contínuo, produzindo apenas o que é necessário para fechar o pedido. Para que não aconteçam acúmulos de pedidos e falta de peças em estoque, deve-se contar com uma boa programação da produção.

A solução proposta para o cálculo do consumo de matéria prima seria a quantificação da matéria prima a granel, sendo feita juntamente com o cálculo de peças da casa pelo departamento de PCP que deverá informar a data prevista de fabricação das peças, ou seja a data prevista para entrega de matéria prima. O

próprio PCP poderia ficar responsável pelo pedido de compra de material, o que aliviaria o departamento de gerenciamento da produção, ficando este apenas encarregado de conferir e receber o material.

No caso onde a demanda é esporádica, e não existe a possibilidade de trocar de fornecedores, indica-se usar o estoque de proteção, que tem como objetivo compensar as incertezas inerentes do fornecimento e demanda, encomendando a matéria prima de modo que sempre haja certa quantidade dos itens em estoque. Nesse caso é indicado o uso de dispositivos que alertam a hora certa de realizar o pedido junto aos fornecedores.

Alguns estoques são triviais para a produção como é o caso das matérias primas como o cimento, a areia, a brita e o pó de pedra. A rotatividade desses itens é grande e o valor estimado dos estoques é relativamente pequeno comparado ao valor agregado ao produto final. Para facilitar o acesso ao reabastecimento de estoques de matéria prima propõe-se o distanciamento dos estoques de brita, areia e aditivos, de forma que seja possível o trânsito de caminhões que realizam o reabastecimento desses materiais, sem que seja necessário movê-los entre si. Essa proposta de rearranjo do *layout* é viável, uma vez que não é necessário empregar materiais ou recursos para realizá-la (Figura 19).

Figura 19: Layout proposto 1.
Fonte: a autora (2011).

Transporte é considerado uma atividade que não agrega valor ao produto final, sendo assim a redução das distâncias entre as atividades e entre as fontes de alimentação de matéria prima e estações de trabalho, reduzem o transporte, eliminando assim atividades que não agregam valor. Tendo em vista que a

produção possui as maiores distâncias entre fonte de alimentação e estação de trabalho, a sugestão apresentada é a mudança de *layout*, o que nem sempre indica a solução mais econômica. A abertura de portões que facilitem o abastecimento de matéria prima junto à estação de trabalho é uma solução viável tendo em vista a existência de uma via terrestre adjacente ao galpão da fábrica, como mostra Figura 19.

Tendo um olhar mais crítico em relação ao *layout* da fábrica, propõem-se uma mudança um pouco mais radical, que envolve o deslocamento do galpão de forma a permitir que o estoque descoberto de produtos acabados fique logo após o estoque coberto, e não como é hoje com a estação de trabalho no meio dos dois estoques, o que dificulta o transporte das peças de um estoque para o outro. Para isso faze-se necessário a alteração do barracão principal para o centro do terreno conforme ilustrado na figura 20. Modificação de máquinas, equipamentos e estoque de forma a tornar o fluxo do processo de produção mais contínuo faz-se necessário, o que envolve investimentos de capital e paralização da linha produtiva.

Figura 20: Layout proposto 2.
Fonte: a autora (2011).

Indica-se também a adoção de medidores de argamassa para preenchimento das formas usando recipiente de volume igual ao da forma, ou ainda, depois de misturada a argamassa na betoneira, a mesma pode ser inclinada diretamente sobre a forma e, com o auxílio de um bocal dosador, despejada a quantidade exata.

Para evitar as imperfeições e dar um aspecto padronizado às peças, aconselha-se o uso de equipamentos de rolo manual que são usados nas superfícies das peças de concreto, dando a elas uma perfeita distribuição e um aspecto liso acabado.

Ao invés de colocar a armadura da placa diretamente sobre um punhado de concreto propõe-se a utilização de espaçadores de plástico, facilmente encontrados no mercado.

Outra sugestão é o uso de malha de aço soldada, ou ainda amarrar o aço em forma de tela antes de serem colocados sobre os moldes, ao invés de utilizar aços galvanizados que são colocados perpendicularmente soltos.

Um dos principais problemas encontrados em todos os setores foi a falta de informação do processo. Era impossível identificar se a produção realizada em um determinado dia pertencia a um determinado cliente ou a outro. Como solução primordial, que traria benefícios, não só para a produção, mas para todos os setores, é a adoção de um sistema de informação integrado, capaz de levar informações do escritório para a produção, sem que haja perdas ou demoras nos dados informados. As tecnologias de processamento de informações incluem qualquer dispositivo que colete, armazene ou distribua a informação. A presença de tecnologia da informação em quase todos os tipos de operação e o ritmo intenso do desenvolvimento tecnológico faz com que esta seja particularmente importante. Por isso umas das melhorias cruciais seria a implantação de um sistema de informação que seja capaz de informar através de desenhos de projetos a quantidade de itens necessários à produzir, assim como também a quantidade de material que compõem cada item.

A rotatividade de cliente é muito grande o que dificulta o *feedback* em relação a satisfação do cliente. Para resolver este problema indica-se a instalação de um procedimento de questionamento durante as fases de venda e fabricação e principalmente após entrega do produto ao cliente.

Em uma análise mais detalhada quanto a produção em específico da placa de concreto, foram observados alguns pontos críticos que evidenciaram não

conformidades na qualidade do produto final. Pontos que podem ser facilmente trabalhados adotando-se um procedimento que regularize a forma de confecção das placas de concreto. A Figura 21 apresenta uma ilustração do procedimento de fabricação de placas da empresa em estudo baseada nas sugestões de melhorias.

INTRUÇÃO DE TRABALHO PARA FABRICAÇÃO DE PLACAS DE CONCRETO			
Produto:	**PLACAS DE CONCRETO**	**Processo:**	**MOLDAGEM**
Passo 1		**Título:**	POSICIONAMENTO DAS FÔRMAS
		Responsável:	Operador 1
		Ferramentas:	Mesa Vibratória e moldes
		Tempo produtivo:	10 seg.
20		**Tempo total:**	20 seg.
		Ação:	Retirar manualmente as formas do estoque e posiciona-las sobre a mesa
			Travar formas na mesa
Passo 2		**Título:**	PREPARAÇÃO
		Responsável:	Operador 1
		Ferramentas:	óleo desmoldante e pistola ou burrifadores
		Tempo produtivo:	30 seg.
60		**Tempo total:**	60 seg.
		Ação:	Espalhar o óleo desmoldante sobre as formas
			Observar cantos
Passo 3		**Título:**	ARMAÇÃO
		Responsável:	Operador 1 e 2
		Ferramentas:	Malha de aço e espaçadores
		Tempo produtivo:	10 seg.
50		**Tempo total:**	50 seg.
		Ação:	Posicionar malhas de aço sobre as formas, já com espaçadores colocados a elas
			Centralizar as malhas
Passo 4		**Título:**	PREENCHIMENTO DA FÔRMA
		Responsável:	Operador 1 e 2
		Ferramentas:	Medidor, argamassa e rolo compressor manual
		Tempo produtivo:	330 seg.
550		**Tempo total:**	550 seg.
		Ação:	Despejar concreto sobre as formas utilizando medidor, vibrar a mesa e utilizar rolo compressor manual para melhorar acabamento
			Iniciar o acabamento pelas bordas
Passo 5		**Título:**	CURA
		Responsável:	Operador 1 e 2
		Ferramentas:	
		Tempo produtivo:	120 seg.
200		**Tempo total:**	200 seg.
		Ação:	Mover fôrmas para o estoque coberto
			Espaçar fôrmas para facilitar a circulação de ar entre as placas
14,6667	**minutos**	**TEMPO ESTIMADO TOTAL PARA FABRICAÇÃO DE UM LOTE**	
	LEGENDA:		
		CARACTERÍSTCAS DO PRODUTO - PONTOS CRÍTICOS	
		SEGURANÇA DO COLABORADOR	

Figura 21: Instrução de trabalho proposto
Fonte: A autora (2012)

O documento mostrado na Figura 21 destaca os pontos críticos do processo que devem ser seguidos para garantir que as peças tenham uma padronização mínima exigida para seu encaixe e funcionamento. Outro destaque que aparece no documento são as operações que envolvem riscos aos funcionários, para que haja atenção redobrada na sua execução.

O documento citado acima também indica o tempo médio necessário para a execução de cada etapa do processo fazendo com que se tenha um parâmetro indicativo de produtividade para o funcionário. Lembrando que um lote fabricado por vez corresponde a três moldes, ou seja, três placas.

Os tempos relatados no documento foram tirados dos tempos médios dos funcionários durante quatro medições que aconteceram em sequencia no dia da visita, foram subtraídas as atividades que não agregam valor e estimados os tempos de operação para atividades que foram acrescidas à instrução de trabalho, resultando em uma diminuição do tempo de execução das placas de 26,1 minutos para 14,7 minutos.

4.2 EMPRESA B

4.2.1 DESCRIÇÃO

A empresa B atua no mercado de embalagens de madeira desde 1988, em uma planta fabril de 70.000m², conta com a colaboração de 50 funcionários e está situada na cidade de Curitiba, Paraná. A empresa possui as certificações ISO e OHSA desde 2004.

A capacidade produtiva da empresa é em média 800m³ de madeira por mês. Produz embalagens e *pallets* de madeira e tem como principal cliente montadoras automobilísticas.

Em 2008 a empresa participou e ganhou um prêmio de incentivo à tecnologia com um projeto para construção de casas populares em Wood frame, tecnologia muito usada em países como Europa, Estados Unidos e Canadá. O Wood frame consiste em uma estrutura de paredes e cobertura compostas por quadros de madeira, revestidas com placas de diversos materiais. O objetivo principal do projeto era desenvolver uma casa popular nesse sistema, visando atender as necessidades das classes D e E.

O projeto das casas foi baseado em projetos existentes desenvolvido pela COOHAPAR (Figura 22) baseado nas necessidades das famílias carentes da região de Curitiba – projeto chamado Quilombola.

Figura 22: Projeto Quilombola – COHAPAR.
Fonte: COPAHAR (2011).

Ao estudar a planta proposta pela COHAPAR foram observadas medidas e encaixes que poderiam ser adaptados ao projeto. Elaborou-se então um projeto modular da casa, obedecendo padrão de medidas já existentes no mercado.

De acordo com esse projeto foram esquematizados números de partes e peças, conforme ilustrado na figura 23, para facilitar a identificação das peças durante o processo de fabricação e montagem das casas.

Inicialmente, a casa possuía dez paredes. Após algumas modificações reduziu-se o número de paredes para nove. A área útil da casa era de 42m².

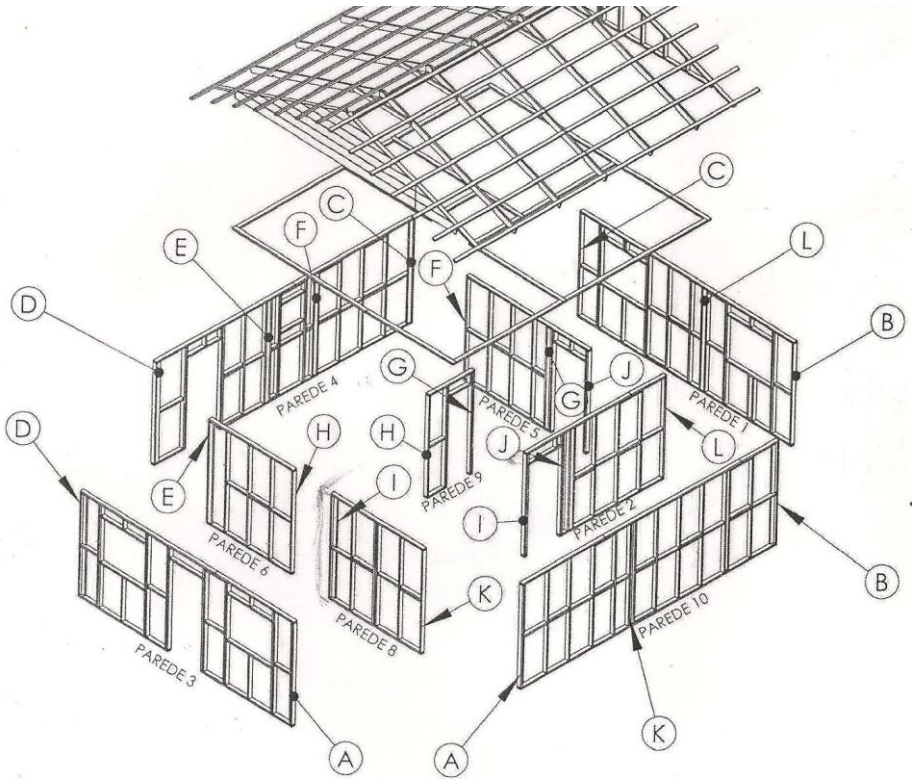


Figura 23: Esquema estrutural da casa em wood frame da empresa B.
Fonte: A autora (2011).

4.2.2 COLETA DE DADOS

A coleta de dados para esta pesquisa ocorreu na fase de desenvolvimento do protótipo do projeto da empresa, o que resultou em duas casas pilotos.

Toda a coleta foi feita pela pesquisadora e contou com a ajuda dos funcionários da empresa e em especial de uma estagiária, aluna da graduação da

UFPR, de outra pesquisadora da pós-graduação em construção civil também da UFPR e dos demais funcionários que colaboraram com a coleta de dados.

A coleta aconteceu diariamente durante um período de seis meses, tempo no qual a pesquisadora fez parte do quadro de funcionários da empresa. Durante esse período foi possível entrevistar diversas pessoas de diversos departamentos, além da observação direta e coleta de documentos, o que levou a um levantamento do processo produtivo demonstrado no fluxograma da figura 24:

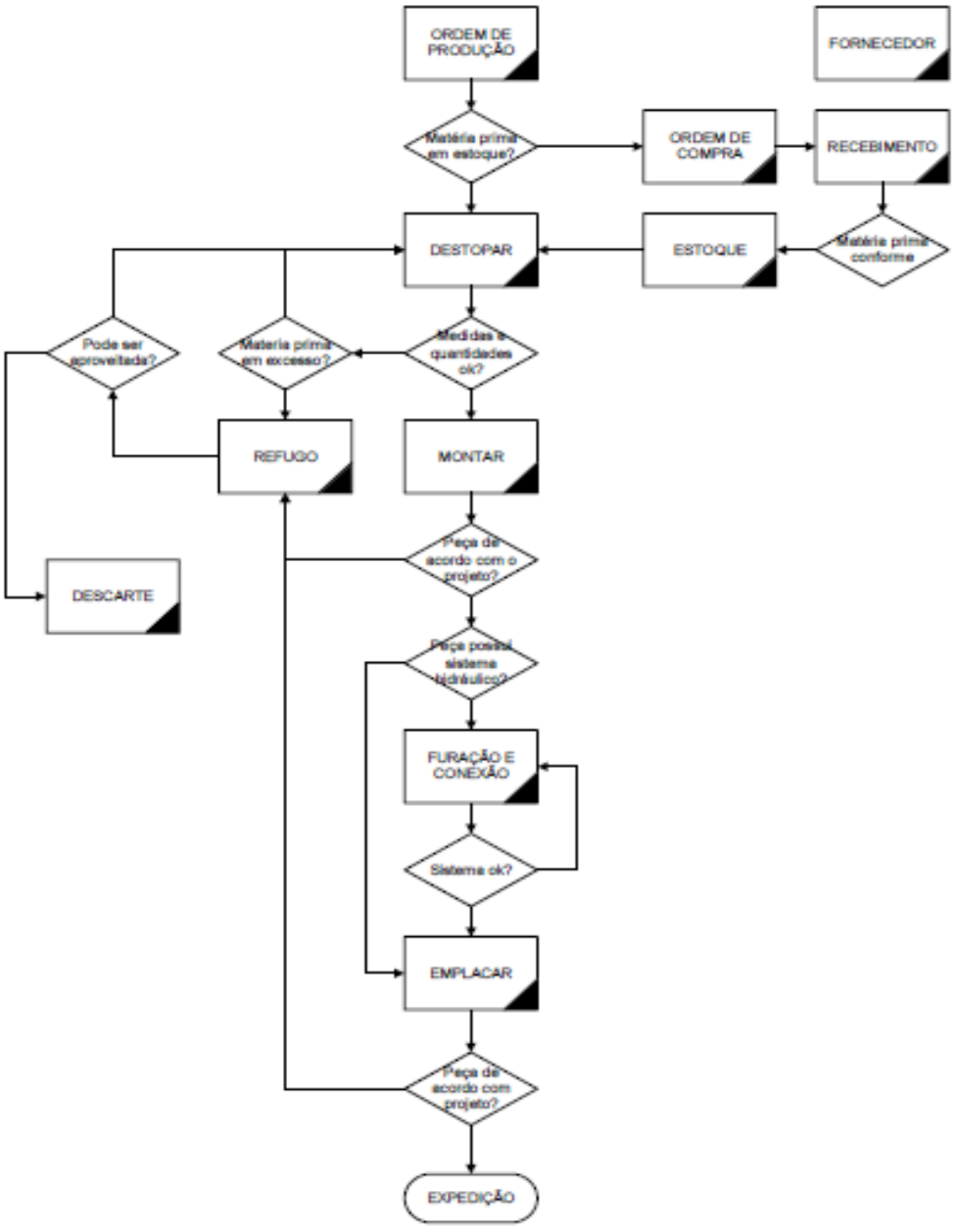


Figura 24: Fluxograma de fabricação de paredes (Empresa B).
Fonte: A autora (2011).

Para realizar a planta da casa foi utilizado animação em 3D, o mesmo *software* usado para desenhar as embalagens de madeira. Este *software* era capaz de gerar desenhos 2D e 3D, calcular esforços e fazer animações, além de gerar a lista de materiais envolvidos com medidas e pesos e demais especificações.

Através da lista de materiais os produtos eram cadastrados no sistema operacional da empresa e recebiam um código de identificação do produto, que o acompanhava durante todo o processo de produção. Como as casas estavam em fase de teste não foram feitos cadastros no sistema para cada uma das peças. Ao invés disto, as listas de materiais gerados pelo *software* eram utilizadas como ordem de produção, uma vez que continham os dados necessários para a confecção das peças.

O PCP ficava encarregado de verificar a existência dos materiais estocados. Caso fosse necessária a aquisição de matéria prima, o setor de suprimentos era acionado verbalmente gerando, assim, um pedido de compra. Caso fosse um produto novo, o setor desenvolvia cotações com diferentes fornecedores e o comprador tomava a decisão da compra.

Não existia um relatório formal explicando suas decisões, que na maioria das vezes, era guiada pela proposta de menor valor. Quando se tratava de um produto corriqueiro, ou seja, um produto que tinha alto giro na empresa, acionava-se os fornecedores parceiros, os quais eram dispensados do processo de cotações.

Os valores acima de R$ 15.000,00 (quinze mil reais) deviam ser aprovados pela direção da empresa. Após a aprovação, uma cópia do pedido de compras era encaminhada para o departamento de almoxarifado, o qual realizava o recebimento do material.

Quando o material chegava à empresa o almoxarife era acionado. Era de sua responsabilidade a conferência do pedido de compra com a nota fiscal do fornecedor. Ele também era responsável por fazer a inspeção no produto recebido, conferindo quantidade, medidas e prazos.

Todo o processo de recebimento de material era relatado em forma de documento. Caso houvesse dúvidas sobre o produto entregue, o departamento de qualidade era acionado para apurar os fatos e verificar junto ao comprador e ao fornecedor a procedência do material em questão.

Caso o material fosse entregue nas condições exigidas, ocorria a entrada do produto no estoque (Figura 25), o qual era computada pelo próprio almoxarife no sistema da empresa. Este funcionário era encarregado de avisar verbalmente o PCP sobre a entrega dos produtos.

Figura 25: Estoque de matéria prima (Empresa B).
Fonte: A autora (2011).

A lista de material gerada pelo desenho do produto ou pelo pedido de venda com código do produto no sistema era entregue ao PCP eletronicamente. O PCP determinava o dia e a hora da produção da peça através de uma planilha de Excel.

Normalmente, um dia antes da produção das peças, o PCP imprimia a ordem de produção que seria produzida no dia seguinte. No verso da folha era impresso um relatório, tipo *checklist*, a ser preenchido pelos colaboradores durante a produção das peças. Esse relatório continha informações sobre hora de início e fim de cada processo e tempo/motivos de retrabalhos e deviam servir de informações posteriores para o controle da produção.

Antes de ser encaminhada à fábrica, o departamento de projeto e desenvolvimento (P&D) conferia todas as medidas e quantidades das ordens de produção com o desenho do produto. Este procedimento foi adotado para evitar que erros de medidas e duplicidade ocorressem.

Na produção a madeira era separada na plaina (Figura 26), equipamento que auxilia no acabamento eliminando imperfeições superficiais das tábuas de madeira. Ao longo dos anos percebeu-se que o processo de aplainar estava se tornando obsoleto, uma vez que a madeira comprada já havia passado por esse processo. Este fato ajudou a eliminar o gargalo na plaina, uma vez que a madeira devia ser tratada na máquina uma a uma.

No caso das casas, as madeiras compradas já eram plainadas e recebiam tratamento químico a base de bório para proteção contra fungos, não sendo assim necessário passar pelo processo de aplainar.

Figura 26: Plaina.
Fonte: A autora (2011).

As pilhas formadas pelas madeiras aplainadas eram devolvidas ao estoque com a mesma etiqueta de identificação.

A ordem de produção era encaminhada para a produção, onde o funcionário anotava a data e horário de inicio da operação e planeja a ordem de corte das madeiras, sempre iniciando pelas de maior bitola e muitas vezes

somando quantidades de madeira de mesma bitola de várias ordens de produção. No caso das casas, as bitolas das paredes eram sempre as mesmas, por isso as ordens de corte foram feitas conforme a ordem de produção.

As madeiras eram retiradas do estoque e encaminhadas para a preparação com o auxílio da empilhadeira. Nesse processo, as madeiras eram destopadas, o que garantia o esquadro, e cortadas nas medidas exigidas pela OP.

Existiam na empresa dois tipos diferentes de destopadeiras. Duas manuais, que eram acionadas por meio de alavanca, e duas automáticas (Figura 27), destinadas ao corte de tocos - peças muito utilizadas em embalagens e principalmente *pallets*.

Embora o número de máquinas nesse setor não fosse considerado baixo, o número de funcionários aptos a operá-las era muito baixo, ficando assim o setor reconhecido com o gargalo do processo, uma vez que, todas as peças das embalagens tinham que ser cortadas e destopadas.

Para suprir o gargalo foram elaborados estoques pulmão das madeiras com medidas que mais eram utilizadas nas embalagens, garantindo assim o abastecimento constante da linha de montagem e ficando o setor acionado por meio de *kanban*. Os *kanbans* eram placas coloridas localizadas na frente das caixas de armazenamento, onde cada cor indicava uma situação do material contido na caixa.

Figura 27: Destopadeira automática.
Fonte: A autora (2011).

Logo após cortar as madeiras, as ordens de produção eram assinadas e colocadas no quadro da montagem na área identificada como “OP´s em aberto”. O responsável por essa atividade era o próprio operador da destopadeira.

As madeiras cortadas eram depositadas em *pallets* ou caixas para serem armazenadas. Os *pallets* eram identificados por suas dimensões com um canetão e por etiquetas fixadas nas caixas no caso do estoque pulmão.

O armazenamento ocorria em dois diferentes lugares. As madeiras cortadas destinadas para o estoque pulmão, oriundas de um *kanban*, eram levadas para o estoque pulmão, localizado no fundo do galpão, próximo a área de montagem. Caso fossem madeiras cortadas para atender uma OP, os *pallets* eram encaminhados para o supermercado (Figura 28), local reservado para madeiras que eram utilizadas pela linha de montagem no momento. Os supermercados localizavam-se próximos as áreas de montagem e eram abastecidos por paleteiros ou empilhadeiras, conforme sua disponibilidade.

Figura 28: Área destinada a madeira cortada (supermercados).
Fonte: A autora (2011).

Na área de montagem era feito um arranjo com as caixas e *pallets* que continham as madeiras cortadas, de forma que ficassem ao alcance dos colaboradores, eliminando transportes e reduzindo os movimentos.

Iniciada a montagem das peças, o líder ficava responsável por anotar as informações no relatório no verso da OP e abastecer os postos de trabalho com madeira cortada e material necessário para a montagem das peças. Os funcionários muitas vezes faziam esses reabastecimentos e também a troca de equipamentos, caso acontecesse quebra do mesmo.

Na montagem das paredes das casas, as peças eram colocadas uma a uma na posição e pregadas conforme os desenhos dos projetos. As embalagens, em sua maioria possuíam gabaritos que eram confeccionados em madeira. No caso das casas, foi necessário seguir medidas especificadas nos projetos de cada parede. Inicialmente, foram feitos os quadros e em seguida era revestida uma das laterais de cada parede conforme sequência ilustrada na Figura 29.

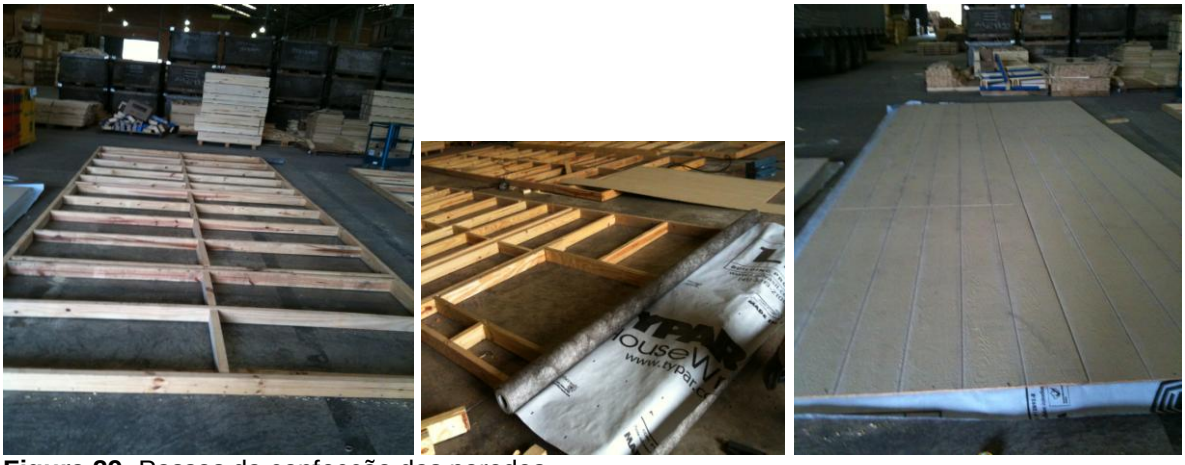


Figura 29: Passos da confecção das paredes.
Fonte: A autora (2011).

Após o término de cada parede, as mesmas foram identificadas com letras e números para facilitar a identificação e montagem no canteiro de obras, e em seguida as peças foram encaminhadas para a expedição (Figura 30).

Figura 30: Área de expedição.
Fonte: A autora (2011).

Sendo assim, cada ordem de produção gerou uma parede. A produção aconteceu conforme cronograma a seguir (Figura 31). A casa montada era composta de nove paredes, que levaram três dias para serem fabricadas.

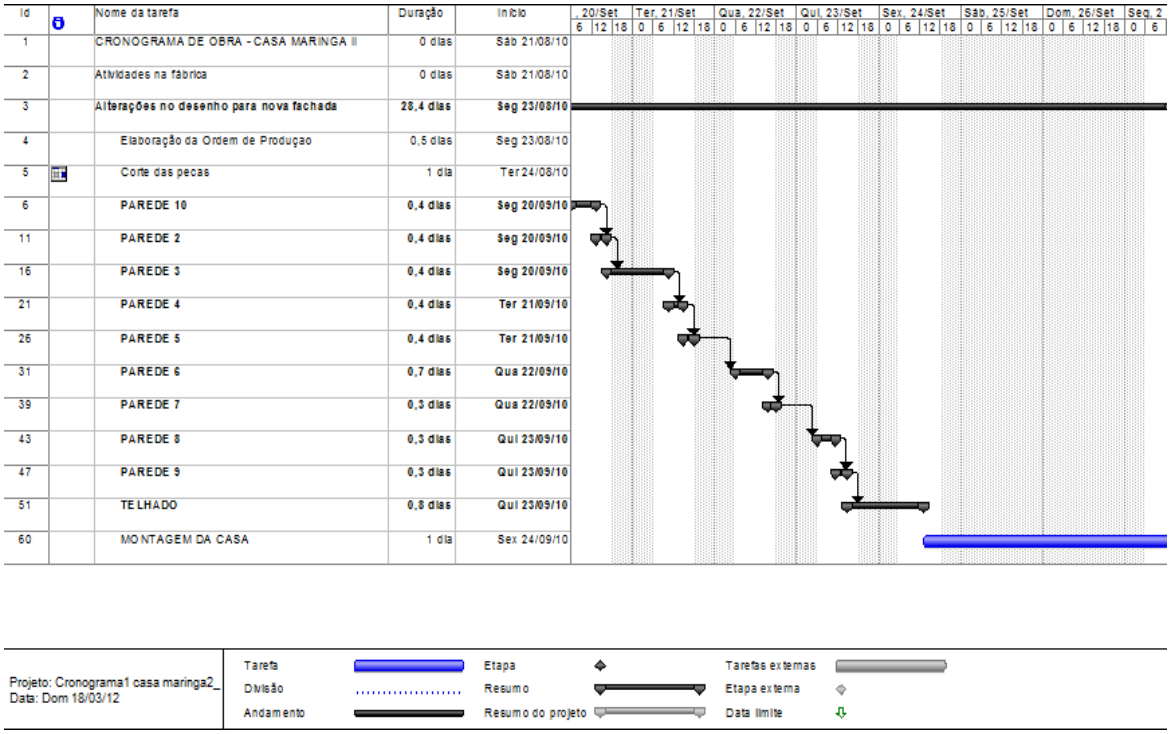
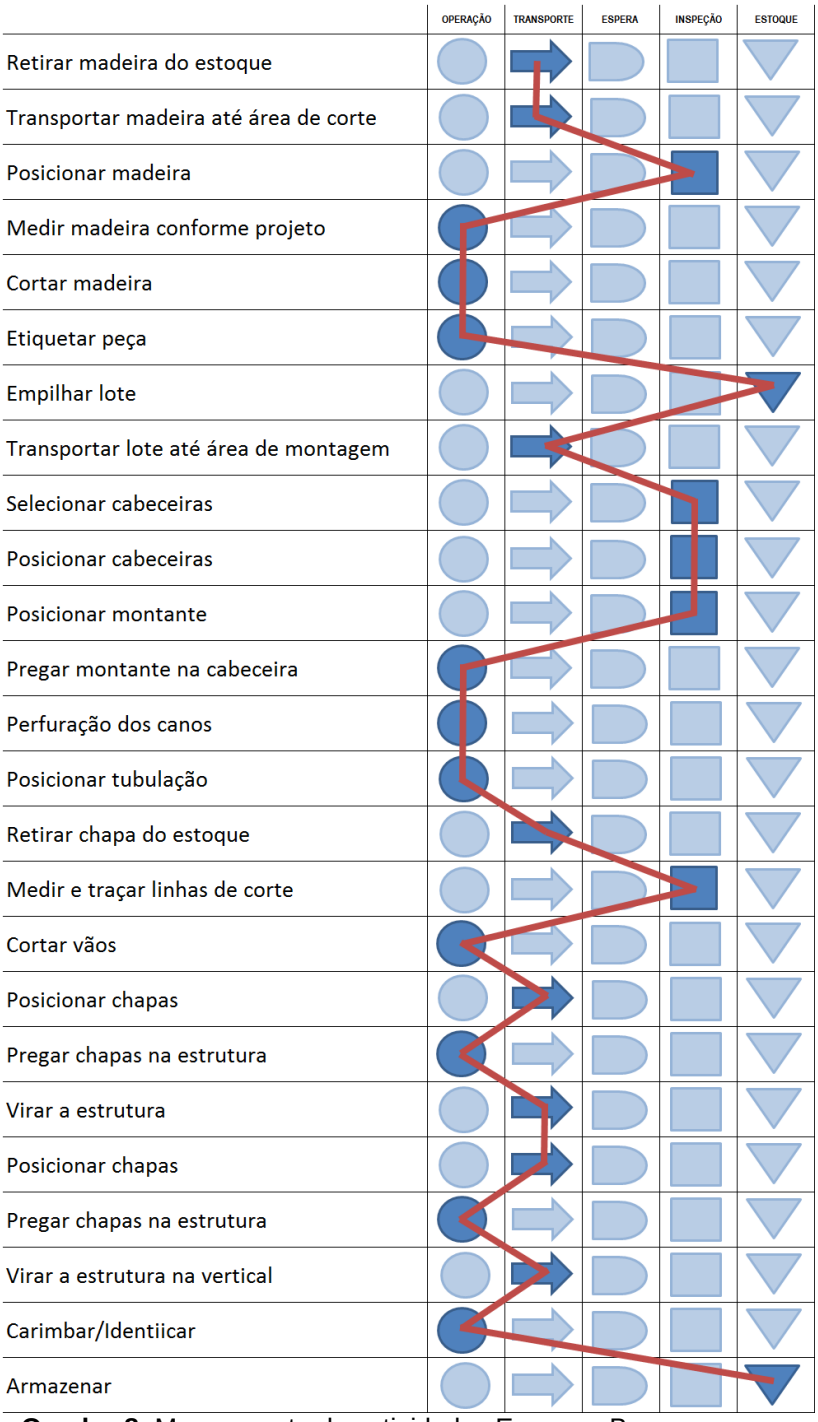


Figura 31: Cronograma.
Fonte: A autora (2011).

Baseado nas informações descritas anteriormente e na observação participante foi elaborado uma lista de atividades do processo de fabricação de uma das paredes da casa (Quadro 8).



Quadro 8: Mapeamento das atividades Empresa B.
Fonte: A autora (2011).

Através das plantas de instalação da Empresa B e de levantamentos geométricos feitos na fábrica, foi possível representar a distribuição dos setores na fábrica, como mostra a Figura 32.

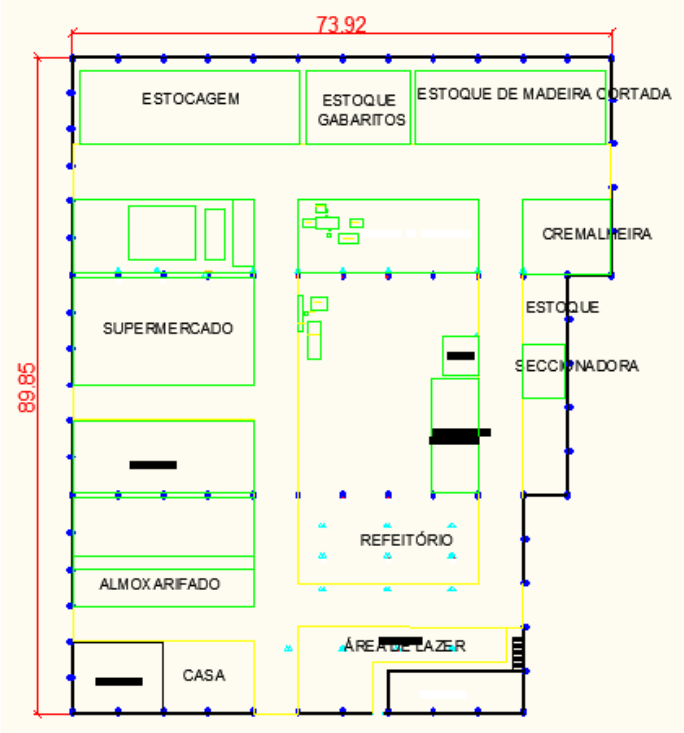


Figura 32: Layout atual da empresa B.
Fonte: A autora (2011).

Após o levantamento da área fabril foi possível traçar um *layout* e calcular as distâncias percorridas por cada funcionário para a realização de suas atividades conforme mostrado na Figura 33.

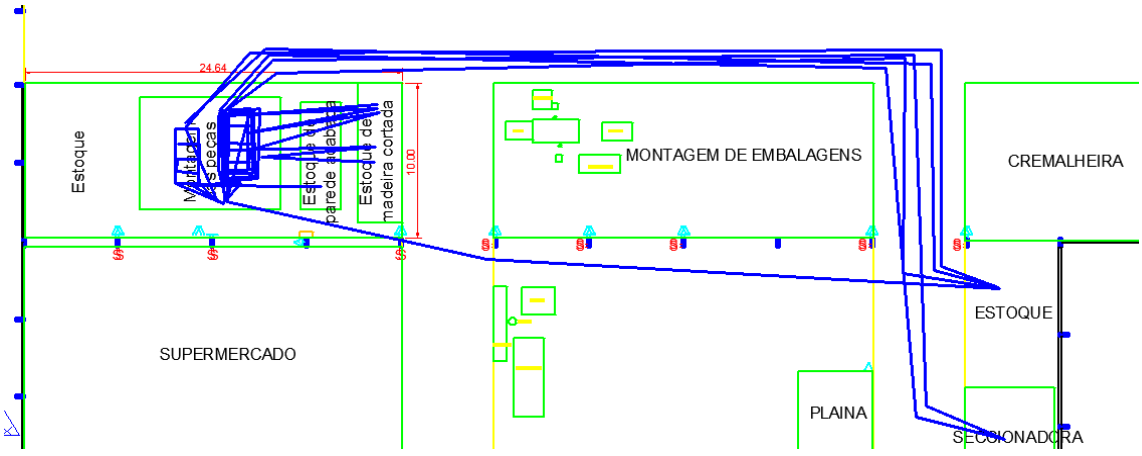


Figura 33: Modelo de gráfico spaghetti
Fonte: A autora (2011).

Em seguida foram detalhadas as atividades e realizada uma cartografia das atividades, sendo possível visualizar o tempo de duração das atividades e as

distâncias percorridas, além de classificar a as atividades de transporte, esperas, movimentação, estoque, inspeção e operação

MAPEAMENTO

Produto:	CASA - Parede 10
Processo:	MONTAGEM
Área:	PRODUÇÃO
Data:	06/09/2010
Hora:	14:04 Fim: 16:50
Operador:	**Marcos** **02:46**

Elem	N'	%	tempo	%
○	3	13%	83,0	50%
⇨	12	57%	19,5	12%
D	1	11%	0,1	0%
□	1	13%	6,0	4%
△	7	58%	58,0	35%

	Descrição	Lote	Distancias n' x	unit.	Σ	Tempo min	Σ	○	⇨	D	□	△
1	Ver projeto e peças envolvidas		1	0,0	0,0	5,0	5					■
2	Retirar madeira do supermercado		1	10,0	10,0	3,8	3,8		■			
3	Posicionar guias		1	3,0	3,0	2,9	2,9					■
4	Marcar posição dos montantes		2	14,5	29,0	4,1	8,2					■
5	Retirar montantes do supermercado		1	14,4	14,4	3,4	3,4		■			
6	Posicionar montantes nas guias		1	9,0	9,0	1,1	1,1					■
7	Pegar martelete		1	1,0	1,0	0,3	0,3		■			
8	Pregar montantes nas guias		1	14,5	14,5	4,4	4,4	■				
9	Largar martelete		1	1,0	1,0	0,1	0,1		■			
10	Posicionar corta fogos		1	7,3	7,3	3,5	3,5					■
11	Pegar madeira no supermercado		1	17,5	17,5	2,5	2,5		■			
12	Pregar corta fogos		1	6,0	6,0	1,1	1,1	■				
13	Largar martelete		1	0,0	0,0	0,1	0,1			■		
14	Pegar rolo de manta hidrofuga		1	18,3	18,3	2,9	2,9		■			
15	Desenrolar manta		1	3,0	3,0	1,9	1,9		■			
16	Pegar grampeadeira		5	17,5	87,5	0,1	0,5		■			
17	Grampear manta na estrutura		5	3,0	15,0	2,8	14	■				
18	Largar grampeadeira		1	2,6	2,6	0,1	0,1		■			
19	Pegar placas no estoque		5	18,3	91,5	6,5	32,5		■			
20	Posicionar placas na estrutura		5	3,0	15,0	7,0	35					■
21	Pegar martelete		5	1,0	5,0	0,1	0,5		■			
22	Pregar placas na estrutura		5	7,4	37,0	6,8	34		■			
23	Largar martelete		5	1,0	5,0	0,1	0,5		■			
24	Identificar peça		1	2,0	2,0	2,3	2,3					■
25	Armazenar peça		1	3,0	3,0	6,0	6				■	
		SubTotal			397,6		166,6		50%	4%	4%	29%

Quadro 9: Cartografia das atividades do processo de produção de paredes.
Fonte: A autora (2011).

Segundo a cartografia do processo de fabricação da parede 10 apresentada no Quadro 9, foi possível identificar as atividades de operação que agregam valor. Apenas 3 das 24 operações envolvidas no processo são operações que agregam valor de 13% do tempo total da operação que leva 2 horas e 47 minutos para executar uma parede de 6 metros. Ainda segundo a cartografia acima foi constatado que um colaborador percorreu 397,6 metros para realizar as atividades de montagem da parede 10.

4.2.3 PRINCIPAIS PROBLEMAS LEVANTADOS

Este tópico tem o objetivo apontar os principais problemas levantados pela pesquisadora em relação a Empresa B. Os resultados obtidos nessa pesquisa serão apresentados em cinco tópicos, assim como foram apresentados na primeira Empresa.

a) Valor

Tendo em mente as atividades que geram valor para o cliente final, a empresa desenvolveu um questionário de monitoramento e elegeu um departamento específico para cuidar do pós venda que também é responsável também em aplicar esses questionários referentes à satisfação dos clientes internos e externos.

Embora muitos funcionários tenham respondido o questionário, não foi encontrado retorno aplicado aos pontos levantados, ou seja, não foram colocadas em práticas, nem mesmo repassadas as maiores dificuldades ou insatisfações captadas pelo questionário.

Ainda sobre a captação do valor no ponto de vista do cliente, o departamento de desenvolvimento (P&D) desenvolveu e utilizou um questionário sobre as necessidades do cliente para desenvolvimento de novos produtos. O questionário abordava informações como dimensões, especificações e características físicas do produto, para que baseado nessas informações, não houvesse dúvidas ou desacordos entre clientes e a empresa.

Ao novo produto desenvolvido – a casa, não foi aplicado esse questionário, uma vez que fora adotada a planta desenvolvida e utilizada pela COHAPAR. O projeto era flexível, podendo a mesma estrutura compor partes externas, internas, pisos, paredes e coberturas, variando apenas os revestimentos. Também permitia modificações como ampliações verticais e horizontais de fácil adaptação, embora não tivesse sido testado pela empresa.

A empresa buscou o emprego de diferentes materiais e pode ser considerada flexível, quanto à entrega do produto ao cliente, uma vez que permitiu variações no cronograma. Essas concepções foram observadas durante o período de coleta de dados, e por se tratar de um produto novo, os funcionários da empresa não foram capazes de visualizar todas as alterações que o produto novo permitia ao cliente. Isto ocorreu porque estavam utilizando apenas um tipo de material de revestimento, além de estarem habituados a confeccionar caixas de madeira que não permitiam alteração de material devido ao valor de venda. Isso fez com que o questionário relatasse uma baixa efetividade e importância no aspecto que dizia respeito à alterações do projeto pelo cliente e emprego de diferentes materiais.

Diferentemente do escritório, a produção, principalmente a montagem, era composta por vários movimentos repetitivos. Por esse motivo desenvolveu-se, ao longo dos anos, técnicas que aprimoraram as atividades na produção.

Os tempos de ciclos estavam sendo estudados pela empresa que contratou um consultor em produtividade para fazer o levantamento de dados e estudo de melhorias para reduzir, entre outros, o tempo de ciclo. Inicialmente, foram levantados os tempos dos movimentos de uma operação na fábrica.

b) Fluxo de Valor

A redução das atividades que não agregam valor, a simplificação de partes e peças e passos e o foco no controle global ajudam a manter um fluxo de valor, pois ao eliminar as atividades que não agregam valor, simplifica-se as atividades, diminuí-se seu tempo de duração e pode-se focar no controle das principais atividades que compõem o processo de produção.

Segundo o questionário aplicado, os funcionários demonstraram grande preocupação com o desperdício de materiais, preocupação esta que ia desde uso de material de consumo do escritório, até materiais utilizados na fábrica para a produção das peças. A consciência de que a madeira era um elemento 100% reciclável e que nada dela é perdido, fazia parte do dia a dia dos funcionários. Na fábrica, o pó de serra recolhido das máquinas através de dutos de sucção eram depositados em um silo metálico e comercializados para confecção de painéis de madeira (Figura 34 e 35). O mesmo ocorria com pedaços pequenos de madeira que eram comercializados como lenha.

Figura 35: Dutos de sucção. .
Fonte: A autora (2011).

Figura 34: Dutos de sucção
Fonte: A autora (2011).

Os colaoradores da Empresa B, foram capazes de reconhecer que suas atividades influenciavam os resultados. No entanto, não foi notada a preocupação em levar aos funcionários as expectativas e preocupações dos clientes.

O tempo planejado para a produção era quase sempre obedecido, embora nem sempre atendesse as expectativas dos clientes, ou seja, uma vez enviada a ordem de produção para a fábrica, os produtos eram entregues no prazo. O problema que gerava insatisfação ao cliente estava antes do pedido ser lançado na fábrica, ou seja, o tempo de espera desse pedido na programação da fábrica.

A grande maioria dos funcionários não tinha conhecimento do tempo médio de duração das suas atividades, embora relataram que achavam importante

conhecê-lo. Isso ocorria porque a maioria dos funcionários questionados desconhecia o monitoramento dos tempos, o qual era anotado no verso da ordem de produção, e não as preenchia ou preenchia quando sobrava tempo entre uma atividade e outra. Não havia assim retorno nos relatório de *check list* enviados à produção.

Por já terem desenvolvido técnicas e ações que facilitassem suas atividades na produção de embalagens de madeira, os funcionários relataram que não acreditavam que podiam realizar essas atividades de maneira mais rápida.

Todos os entrevistados disseram que os equipamentos existentes e a manutenção preventiva realizada pelo almoxarifado da empresa (Figura 36) eram suficientes para suprir as necessidades das operações, assim como as fontes de alimentação dos postos de trabalho, embora tenham sido observadas muitas paradas na linha devido a problemas com equipamentos pequenos e recarregamento de pregos.

Figura 36: Almoxarifado.
Fonte: A autora (2011).

A grande maioria das peças produzidas possuíam gabaritos e fôrmas. A grande preocupação nesse caso foi a falta de registro das informações sobre quanto tempo de utilização os gabaritos eram utilizados sem aferição, uma vez que

os mesmo eram produzidos a partir de material que trabalha com a dilatação térmica sob baixas diferenças de temperatura.

Outro ponto levantado quanto aos gabaritos foi a forma de armazenamento e identificação. Os gabaritos possuíam diversos tamanhos e particularidades que tornavam alguns pontos mais fracos que outros, no entanto eram guardados uns sobre os outros sem a preocupação de envergadura do material. A precária forma de identificação do gabarito dificultava sua localização e aumentava o tempo de *setup* da operação.

A empresa preocupava-se em relatar as atividades da produção bem como os retrabalhos, elaborando ferramentas práticas de fácil preenchimento, porém não investia em treinamento e conscientização das regras para que essas ferramentas fossem utilizadas corretamente. Os funcionários cercados dos princípios de que a produção executa e o administrativo controla os funcionários da produção eximiam-se de qualquer atividade de controle. Não existia a cooperação de todos os funcionários da fábrica para o correto preenchimento das OP´s pois os mesmos não se sentiam envolvidos por aquela atividade.

Os estoques gerados na preparação podiam ser classificados de duas maneiras; os estoques de caixas que continham madeira cortada com bitolas e medidas padrões e eram utilizadas frequentemente e os estoques rápidos chamados supermercado, onde o material a ser utilizado pela montagem era depositado.

As caixas eram etiquetadas com as dimensões da madeira. Foi implantado um sistema de placas coloridas que mostravam a necessidade de corte de mais material. O sistema de cores foi abandonado por falta de manutenção das placas e dispositivos nas caixas. Ao ver a caixa vazia, a mesma era colocada próxima a despodeira para que fosse preenchida com mais madeira.

O estoque de supermercado era composto por madeiras que seriam utilizadas pelas OPs que estavam no mural da montagem. Ali misturavam-se de maneira desordenada peças que iam fazer parte de diferentes produtos, o que dificultava a identificação e localização das peças.

Dentro de cada operação o transporte era mínimo. O maior transporte acontecia entre a preparação da madeira e a estocagem da mesma. Também existia transporte entre o fluxo de informações do escritório para a fábrica.

A empresa desenvolvia anualmente o planejamento e as metas para cada setor. Aplicava e media o controle dos indicadores sobre os setores em reuniões mensais, que muitas vezes não tornava claro o objetivo proposto, dando aos funcionários a falsa sensação de que a reunião não servia para nada. Ao entrar na empresa, todo novo funcionário recebia treinamento sobre metas, políticas e objetivos da empresa.

De acordo com o questionário aplicado, os funcionários acreditavam que máquinas e equipamentos atendiam necessidades diárias, não sendo necessária a aquisição de outras máquinas mais modernas.

A produção realizava limpeza diária em seus postos de trabalho. Segundo o questionário, todos acreditavam que não deviam acontecer muitas alterações no fluxo e na programação durante o dia para não perder a produtividade.

De uma forma geral, o fluxo da venda até a entrega do produto foi considerado ruim para os funcionários, pois os prazos eram diariamente extrapolados. O fluxo de compra de material também foi classificado como ruim, pois a baixa qualidade da matéria prima gerava retrabalhos com desperdício de material e mão de obra. O fluxo de projeto até a entrega ao PCP foi considerado bom e o controle interno de material também não teve boa classificação.

A alta rotatividade e a falta de funcionários na fábrica foi um fator pontual apontado pela produção.

c) Fluxo

Os funcionários entrevistados relataram baixa efetividade nos pedidos formais, alegaram que muitas das informações que chegavam até eles era verbal. Isso se dava por dois motivos, o sistema integrado eliminava fases de transporte de informação, ficando a cargo do usuário, verificar novas entradas no sistema, o que não fazia parte da rotina da empresa. Outro fator agravante foi a falta de documentação das atividades. Muitas das atividades que não eram controladas

pelo sistema deviam ter ferramentas acessíveis a todos para que eles pudessem preencher de forma clara. Entretanto, o acesso era restrito e as atividades acabavam não sendo relatadas como deveriam.

Todos os setores eram demarcados, limpos e bem iluminados, existia fluxo de acesso à fábrica e rotas de fuga iluminadas.

A localização dos setores foi baseada principalmente pela posição do maquinário, pois existiam dutos de sucção condutores de maravalha da madeira, acoplados às máquinas que serravam e lixavam a madeira. Baseado nesses dutos constatou-se que a localização do maquinário era restrita a mudanças.

Não existiam quadros informativos sobre a produtividade ou a identificação da etapa em que cada setor encontrava-se. Fator que foi destacado pelo PCP como necessário, para que se conhecesse o tempo restante de duração das atividades que permitiam a conferência com o cronograma planejado.

Existia instrução de trabalho para manuseio das máquinas pesadas fixada junto a elas, porém a mesma não era repassada em treinamento, nem mesmo foi lido pelos operadores das máquinas. Os entrevistados também não souberam informar sobre procedimentos de uso e manutenção do produto.

Segundo os funcionários entrevistados, o plano da empresa não era esclarecido no fluxo de informação da mesma e eles não achavam importante ter essa visão, embora fosse claro o fluxo de todo o processo em todas as etapas. Os funcionários não se sentiam envolvidos pelos planos da empresa e não demonstravam preocupação com isso.

A comunicação entre os operadores de cada setor dava-se através dos líderes que se comunicavam verbalmente e compartilhavam o uso da empilhadeira. Outra forma identificada de fluxo de informação, além do sistema integrado, foi a OP que saía do escritório. O gerente da produção a entregava para o preparador da madeira, que por sua vez, ao finalizar os cortes da madeira pendurava a OP no quadro da montagem.

Na montagem as OP eram assinadas e penduradas na seção de “OPs encerradas”. O gerente da produção as recolhia para ser contabilizadas no escritório, atividade que não ocorria com frequência. A computadorização dos dados gerados pelas OPs era trabalho que deveria ser feito pelo PCP para manter um histórico das peças produzidas, e um dado estatísticos para futuras previsões na produção. Entretanto, o PCP só dava baixa e não computava as demais informações, como por exemplo datas e horários de cada atividades. Não existindo assim um controle efetivo sobre a produtividade dos funcionários.

Outro ponto criticado pelos entrevistados foi a falta de planejamento desde a venda até a entrega do produto. Embora existisse uma ordem cronológica de pedidos, alguns clientes eram priorizados e essas mudanças na linha de produção acabavam por atrapalhar o desempenho da produção, pois despendiam de tempo de preparação e coleta de materiais a serem utilizados.

Um dos principais problemas apontados pelos funcionários do escritório, em especial pelos funcionários do comercial, foi a falta de compromisso relativos aos prazos de entregas negociados com os clientes. Estudando o problema raiz da questão, que não é tão simples quanto parece, é difícil em optar por apenas uma sugestão de melhorias. A solução seria a adoção de diversas sugestões que visam diferentes pontos desse processo, que pudessem trazer em um resultado satisfatório para a empresa.

O problema estudado aqui envolve diversos departamentos, um deles é o PCP, que é responsável por programar e controlar a produção. Uma das funções do PCP é informar aos interessados quando e onde seus produtos serão confeccionados. Porém a programação depende da entrada de dados no sistema, que muitas vezes não ocorria, pois a maioria dos pedidos chegava diretamente ao PCP sem pedido de compra por se tratar de um contrato da empresa com um de seus clientes. Não havendo pedido lançado no sistema, não havia ordem de produção para passar para a fábrica. Com isso o PCP obrigava-se a pedir ao PDI que fizesse uma OP manual e lançasse essa OP junto com as demais controladas pelo sistema em uma planilha Excel elaborado pelo departamento para o controle da produção.

Um dos fatores que foi observado foi a descontinuidade no processo de cadastramentos dos produtos, cada novo produto gerado pelo departamento de projeto, não era cadastrado no sistema, devido a demora e excesso de procedimentos que essa tarefa exigia. O sistema utilizado não foi desenvolvido em torno do produto da empresa, embora permitisse modificações em sua estrutura essa eram complexas e custosas.

d) Puxar

Uma vez que o projeto era elaborado com base nos princípios da modulação, toda a produção acabava por limitar as essa medidas. Entretanto fosse hábito a utilização de diferentes matérias com as mesmas medidas.

O projeto permitia alteração pelo cliente de diferentes formas, devendo este apenas atentar para o prazo de inicio da produção, onde não era permitido fazer alterações que envolvessem a concepção do projeto.

e) Perfeição

Para atingir a perfeição é necessária que se busque a melhoria contínua em cada atividade desenvolvida dentro da empresa. Para isso se deve ouvir aqueles que melhor entendem da realização das funções e podem certamente contribuir relatando suas necessidades. Isto ocorria muito pouco dentro da empresa. Muitas idéias eram descartadas antes mesmo de serem tentadas. A empresa não incentivava a exposição de idéias de diferentes pontos de vistas, em busca de novas soluções.

Existia a ferramenta de controle das não conformidades dos produtos, porém a utilização da mesma era restringida a uma única pessoa, responsável pelo setor de qualidade. Isto fazia com que muitas das não conformidades geradas por outros departamentos não fossem relatadas antes de serem resolvidas.

Uma vez relatados os desvios, eram investigadas as causas e efeitos para que os envolvidos fossem alertados verbalmente em reuniões matinais que ocorriam diariamente, para que o erro não fosse cometido novamente. As discussões muitas vezes geravam procedimentos que vinham a impedir que o erro

ocorresse novamente. Haja vista que muitas vezes esse procedimento ficava apenas implícito e era repassado para a produção verbalmente.

Existia um procedimento de medição que obrigava a conferência de medidas da primeira e última peça do lote. Isso fazia com que fosse percebida qualquer alteração causada pelo gabarito ou pelo projeto do cliente. Embora isso fosse um procedimento importante, a maioria dos funcionários relatou não praticar essa ação.

A empresa não fazia treinamentos constantes para capacitar a mão de obra existente embora a grande maioria dos entrevistados tenham alegado que achavam extremamente importante aprimorar-se. Isso fazia com que não se percebesse a melhoria contínua dentro da empresa.

A maioria dos entrevistados não conhecia a boa prática dos concorrentes embora acreditassem que era importante conhecer. Boa parte dos entrevistados disse que utilizavam modelos bem sucedidos aprendidos em outras empresas e muitos conheciam alguma empresa de referencia do ramo.

A empresa reconhecia a necessidade de pesquisar sobre novas práticas e tecnologias existentes. Para isso buscava recursos de subsídios governamentais para desenvolver esse lado. A empresa tirava proveito das boas práticas estudadas e desenvolvidas para melhorar o desempenho da empresa como um todo, tendo inclusive como meta torna-se empresa referência de ponta para as demais empresas do ramo.

4.2.4 MELHORIAS PROPOSTAS

Em relação ao valor agregado ao produto, sob o ponto de vista do cliente interno e externo, notou-se que existia uma ferramenta capaz de captar essa informação. A mesma era aplicada, porém os resultados colhidos não eram enfatizados. A sugestão de melhoria seria publicar em circular informativa interna e emails os dados colhidos, apresentando os pontos de maior insatisfação dos clientes e promovendo discussões para o provimento de melhorias para cada problema identificado no questionário.

Com o aumento da produtividade de casas de mesma planta, mas com diversas variações de acabamentos internos e externos, é possível que fique mais fácil para a produção visualizar a flexibilidade que o produto permite. A empresa deve preocupar-se com o espaço físico, pois se trata de materiais de grande volume e a preparação para o setup requer grandes espaços.

Os estudos de movimentos estavam sendo realizados aos poucos, pois eram estudos detalhados e específicos para cada atividade. Através dos estudos dos movimentos foram organizadas as instruções de trabalho, que reuniam os principais movimentos e ressaltavam os pontos críticos que deviam ser observados para a produção das peças.

O motivo das principais paradas na linha de produção ocorria por motivo de emperramento dos equipamentos de pregagem, isso ocorria principalmente devido ao mau manuseio da máquina. Para acabar com esse problema, a empresa poderia instalar durante o período de treinamento uma rodada de aperfeiçoamento, com aulas práticas ministradas pelos funcionários mais antigos. Também foi possível adotar manutenções periódicas no ensinamento de todos para verificar se as práticas ensinadas estavam sendo seguidas.

Os gabaritos e fôrmas deviam ser melhores armazenados. Para esse problema, foram propostas duas soluções: uma seria refazer todos os gabaritos utilizando um material mais durável com baixa variação à mudanças climáticas, o que envolveria tempo e alto custos. Outra solução seria refazer os gabaritos à medida que eles fossem sendo utilizados, desde que fossem relatadas as modificações e datas em documento formal para que se tenha um controle de aferições permanente.

Ainda se estuda a possibilidade de instalar mesas metálicas que permitam a fixação de limitadores e espaçadores por parafusos que pudessem ser facilmente reposicionados e substituídos. A única ressalva desde método seria o aumento no tempo de setup, pois os ajustes e colocação das peças para formar o gabarito sobre as mesas seria demasiadamente maior.

Os funcionários acreditavam que a quantidade de máquinas e equipamentos era suficiente para atender a demanda. Entretanto, verificou-se a falta de equipamentos apropriados para a realização das tarefas de montagem da casa (Figura 37). Os funcionários não levaram em conta a produção dos dois protótipos, pois para a produção das duas casas foram usadas instalações provisórias, sem acomodações adequadas e sem preocupação com a ergonomia dos funcionários. Também não era do conhecimento dos funcionários a existência de equipamentos especialmente desenvolvidos para a fabricação de casas de wood frame.

Figura 37: Confecção dos quadros.
Fonte: A autora (2011).

No caso das casas as estruturas possuíam sempre as mesmas distâncias, variando apenas os seus tamanhos longitudinais e posição de vãos de portas e janelas, o que tornava mais fácil a padronização dos gabaritos, conforme exemplificado na Figura 38.

Figura 38: Equipamento apropriado
Fonte: weinmann-partner (2012).

Existia ferramenta de monitoramento dos tempos e de retrabalhos, porém as mesmas não eram utilizadas corretamente pela produção. Isto ocorria pela falta de compromisso dos funcionários e por não entenderem o propósito final da ferramenta. A solução para esse problema seria conscientizar através de seminários, gincanas, palestras e eventos que motivassem os funcionários a participar de forma mais ativa das atividades de controle e monitoramento de seus próprios atos.

O sistema de *kanban,* que utilizava a cor vermelha para indicar que a caixa de madeira deveria ser reabastecida e a cor verde que indicava que a caixa podia voltar para a área de armazenagem, foi abandonado por falta de manutenção. Sugere-se que os *kanbans* retornem para o processo e que sob a responsabilidade de uma pessoa ou departamento que ficasse também responsável por sua manutenção.

Sugere-se que os estoques de supermercado ficassem mais separados, criando limites indicativos de área para cada operador. Por exemplo, o operador que vai montar a base do produto, deve ter uma área de supermercado com as madeiras, gabaritos e a ordem de produção com o projeto daquilo que ele irá produzir (Figura 39). No instante em que ele posicionasse esse material na sua área de trabalho, a material necessário para a produção da próxima peça já deveria ser colocado na área de setup desse funcionário. O mesmo deve acontecer para os demais funcionários responsáveis pela montagem das peças.

Figura 39: Área de separação dos próximos materiais a serem utilizados na montagem
Fonte: A autora (2011).

Em relação aos transportes existentes entre as atividades, a solução encontrada é bem restrita, pois as máquinas estão conectadas aos dutos de ar responsáveis por levar o pó se serra para o silo. Baseado nas poucas possibilidades de mudanças foi elaborado uma sugestão de *layout* para fabricação de casas com espaço suficiente para garantir o abastecimento da linha e a movimentação e armazenagem das peças (Figura 40).

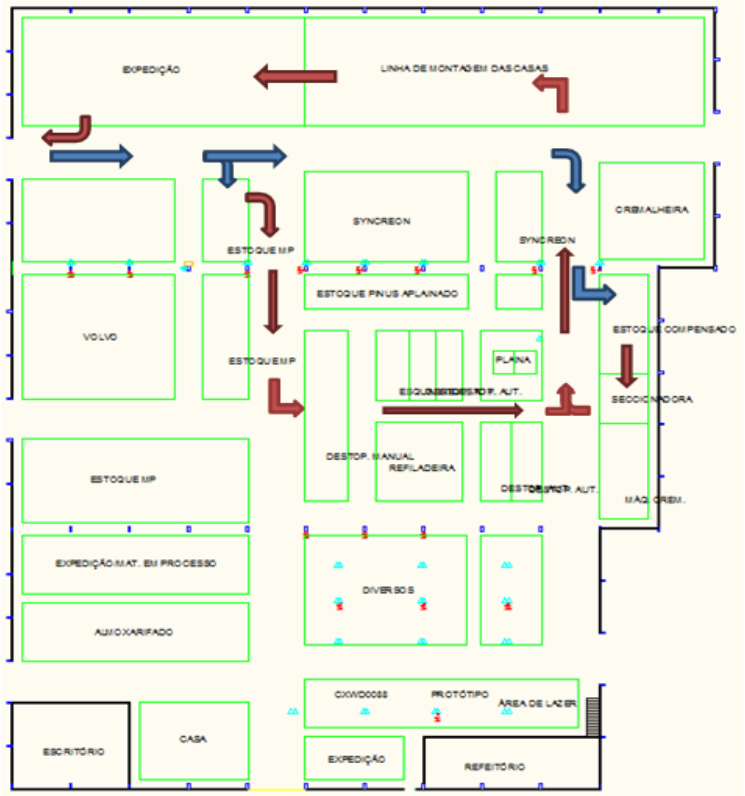


Figura 40: Fluxo de entrada e saída de material para fabricação das casas
Fonte: a autora (2011).

É importante notar que a fabricação de casas ficou concentrada no canto superior da fábrica, não interferindo a área de preparação ou montagens já existentes.

As setas azuis representam o fluxo de entrada de matéria prima, tanto de madeira para estrutura quanto de placas para revestimento. As setas vermelhas indicam o caminho interno percorrido pela madeira que compõem o quadro estrutural das peças. A madeira poderia ser depositada inicialmente perto da porta de entrada, por onde entra o caminhão, e depois passariam pelo setor de preparação para serem cortadas e carregadas para a área de montagem das casas

por empilhadeira. As setas vermelhas também representam o caminho interno percorrido pelas placas de revestimento que seriam depositadas junto a seccionadora, onde seriam cortadas antes de serem levadas a linha de montagem. O sentido da montagem foi adota de forma que ao término da linha a peça fosse armazenada próxima à saída para ser carregada no caminhão, sem muito transporte.

O *layout* ideal para uma fábrica voltada à fabricação de casas está esquematizado na Figura 41.

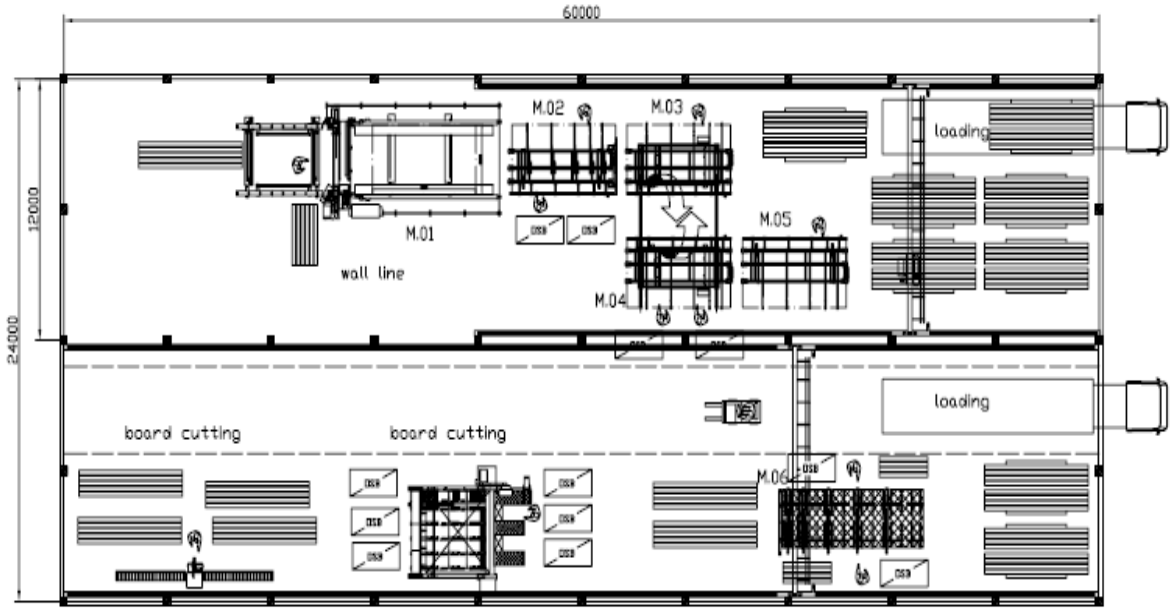


Figura 41: Layout proposto.
Fonte: A autora (2012).

Trata-se de um esquema utilizado por uma empresa alemã, que desenvolveu máquinas, softwares e *layouts* de fábricas de casas pré-fabricadas em Wood frame. Consiste em três setores principais:

- ✓ Setor de corte: onde as peças seriam cortadas por uma máquina que é acionada por comando de computador e funciona integrada a um software de desenho gráfico. Como mostra a Figura 42 o transporte da madeira poderia ser feito por dispositivos pneumáticos, ficando o funcionário encarregado apenas de ligar e monitorar os movimentos da máquina.

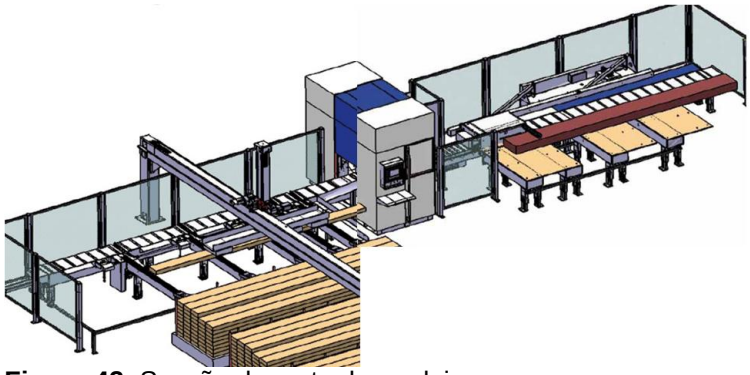


Figura 42: Secção de corte da madeira.
Fonte: weinmann-partner (2012).

Existe a opção de a máquina ser vendida sem os equipamentos auxiliares, ficando a cargo do funcionário o transporte de madeira até a máquina de corte.

✓ Setor de estruturas: onde as peças cortadas poderiam ser organizadas manualmente com espaçamentos automáticos e pregadas automaticamente com a ativação da máquina (Figura 43)

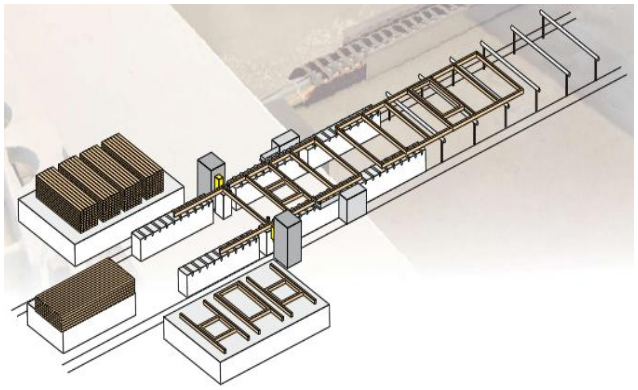


Figura 43: Secção de frame.
Fonte: weinmann-partner (2012).

✓ Setor de emplacamento: onde as peças seriam revestidas lateralmente de acordo com o material especificado em projeto. A Figura 44 ilustra como poderia ser o fluxo de emplacamento.

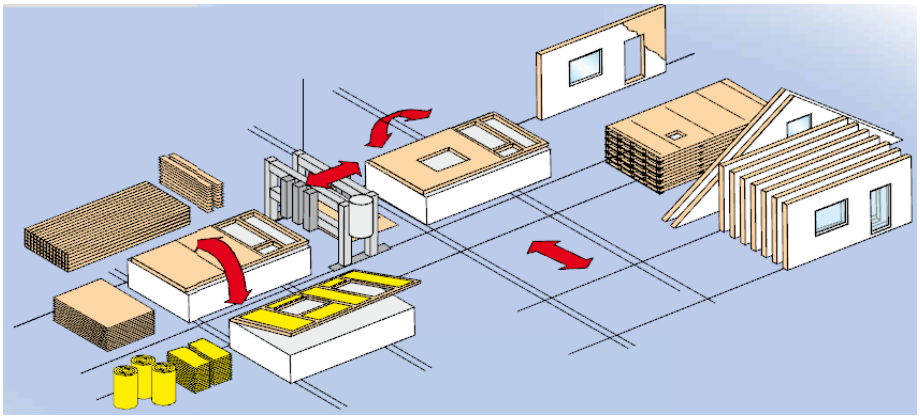


Figura 44: Fluxo de emplacamento (fechamento lateral).
Fonte: weinmann-partner (2012).

O sistema permite inverter a peça para que seja feito o fechamento lateral dos dois lados (Figura 45).

Figura 45: Equipamentos utilizados no fechamento lateral.
Fonte weinmann-partner (2012).

Existem dispositivos que podem transportar as placas usando um sistema de ponte rolante e sucção, ou o mesmo poderia ser feito manualmente pelos operadores. Em seguida podem ser colocados itens auxiliares como porta, janelas e componentes eletrônicos e hidráulicos (Figura 46)

Figura 46: colocação de porta.
Fonte: weinmann-partner (2012).

As peças poderiam ser movimentadas internamente com o auxilio de guindaste e pontes rolantes ou sistema de trilhos inferior, conforme ilustrado na Figura 47.

Figura 47: sistemas de movimentação das paredes
Fonte: weinmann-partner (2012).

Tomando como base o processo de fabricação de peças de madeira estudado, baseada nas sugestões de melhorias e observando os pontos críticos, chegou-se a ilustração de um procedimento de fabricação de paredes da casa, que pode ser adotado como instrução de trabalho pela empresa em estudo. O documento destaca os pontos críticos do processo que devem ser seguidos para garantir que as peças tenham uma padronização mínima exigida para seu encaixe e funcionamento. Além de indicar o tempo médio necessário para a duração da atividade, fazendo com que o empregado tenha noção do seu tempo de produção (Figura 48).

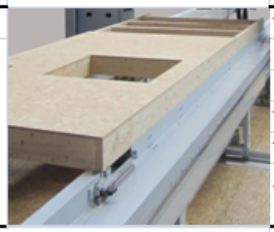
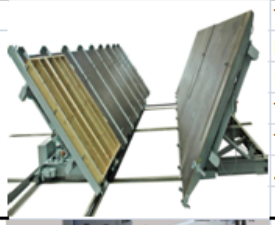
INTRUÇÃO DE TRABALHO PARA FABRICAÇÃO DE PAREDE			
Produto:	**PAREDE INTERNA**	Processo:	**MONTAGEM**
Passo 1		**Título:**	POSICIONAMENTO DOS QUADROS
		Responsável:	Operador 1 e 2
		Ferramentas:	Mesa e moldes
1500		**Tempo produtivo:**	1200 seg.
		Tempo total:	1500 seg.
		Ação:	Posicionar as madeiras de acordo com o projeto
			Retirar madeiras com nós e casca
Passo 2		**Título:**	PREGAGEM
		Responsável:	Operador 1 e 2
		Ferramentas:	Marteletes
500		**Tempo produtivo:**	300 seg.
		Tempo total:	500 seg.
		Ação:	Pregar montantes às guias, verificar inclinação do martelete
			Observar posicionamento das mãos
Passo 3		**Título:**	FECHAMENTO LATERAL
		Responsável:	Operador 1 e 2
		Ferramentas:	Placas de revestimento e marteletes
2000		**Tempo produtivo:**	1800 seg.
		Tempo total:	2000 seg.
		Ação:	Posicionar as placas nos quadros, observar o esquadro
Passo 4		**Título:**	INVERTER LADOS
		Responsável:	Operador 1 e 2
		Ferramentas:	Mesa borboleta
300		**Tempo produtivo:**	240 seg.
		Tempo total:	300 seg.
		Ação:	Virar a peça para que seja trabalhado o outro lado
			Cuidado ao manusear o equipamento
Passo 5		**Título:**	FECHAMENTO LATERAL
		Responsável:	Operador 1 e 2
		Ferramentas:	Placas de revestimento e marteletes
2000		**Tempo produtivo:**	1800 seg.
		Tempo total:	2000 seg.
		Ação:	Posicionar as placas nos quadros, observar o esquadro
Passo 6		**Título:**	EXPEDIÇÃO
		Responsável:	Operador 1 e 2
		Ferramentas:	Ponte rolante, guindastes
600		**Tempo produtivo:**	300 seg.
		Tempo total:	600 seg.
		Ação:	Mover fôrmas para o estoque coberto
			Espaçar fôrmas para facilitar a circulação de ar entre as placas
115	**minutos**	**TEMPO ESTIMADO TOTAL PARA FABRICAÇÃO DE UMA PAREDE (6m)**	
	LEGENDA:		
		CARACTERÍSTCAS DO PRODUTO - PONTOS CRÍTICOS	
		SEGURANÇA DO COLABORADOR	

Figura 48: Modelo de instrução de trabalho para embalagens 1ª parte.
Fonte: A autora (2012).

Capítulo 5 - Perfil de Lean dos Estudos de Caso

Este capítulo traz o perfil do desempenho das empresas referente à Construção Enxuta, analisando-se os princípios abordados por Koskela (2000). Os princípios foram classificados em cinco níveis diferentes; valor, fluxo, fluxo de valor, puxar e perfeição, conforme apresentado no Quadro 2.

Durante a realização da pesquisa foram realizadas entrevistas nas empresas com pessoas de diferentes setores, com a finalidade de avaliar o desempenho efetivo e a importância do uso dos princípios da Construção Enxuta dentro das empresas. Tais pessoas entrevistadas foram escolhidas porque eram representantes de diferentes áreas da empresa.

Os valores obtidos através da pontuação dos questionários serviram como base para o comparativo com a tabela elaborada por Hofacker e utilizada por Carvalho (2008) como parâmetro entre as empresas estudadas e os princípios da Construção Enxuta. Conforme quadro a seguir.

NÍVEL	SUBNÍVEL	PERCENTUAL	DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS	
			EFETIVIDADE	IMPORTÂNCIA
A	A+	95% a 100%	Utiliza ferramentas documentais para relatar as práticas da construção enxuta	Disseminação dos princípios da construção enxuta
	A	90% a 94%		
	A-	85% a 89%		
B	B+	80% a 84%	Busca implantar as práticas ca construção enxuta	Consciência e aprendizado enxuto
	B	75% a 79%		
	B-	70% a 74%		
C	C+	65% a 69%	Foco apenas na qualidade do produto final	baixo ou nenhum conhecimento em construção enxuta
	C	60% a 64%		
	C-	55% a 59%		
D	D+	50% a 54%	Baixo foco em melhorias	Conhecimento nulo sobre a construção enxuta
	D	45% a 49%		
	D-	0% a 44%		

Quadro 10: Parâmetro de pontuação da produção enxuta.
Fonte: A autora adaptado de Carvalho (2008).

Quanto ao questionário aplicado na primeira empresa (Caso A), notou-se duas particularidades que foram refeitas na aplicação da empresa B: uma delas foi que muitas perguntas apontavam para dois ou mais diferentes princípios da Construção Enxuta, por isso suas respostas foram duplicadas compondo o quadro de resultados. A outra particularidade foi a composição do questionário quanto aos princípios. Notou-se que algumas perguntas faziam mais sentido quando locadas em outros princípios, diferentes daqueles que estavam locados inicialmente.

Algumas perguntas foram eliminadas, pois se notou que as respostas eram inversas ao proposto pela pesquisa, ou seja, quanto menor o valor da resposta, mais enxuto era o pensamento, lembrando que a idéia é inversa, ou seja, atingir 100% com o máximo da pontuação representa um conceito enxuto da construção.

Ao tabelar os resultados extraídos dos questionários aplicados, foi possível obter os parâmetros anotados na tabela 1, lembrando que a pontuação máxima para cada pergunta era 3 pontos.

Pensamento Enxuto	Princípios da construção Civil	Efetividade		Importância	
VALOR	Aumentar o valor do produto sob o ponto de vista dos clientes	1,08	36%	1,63	54%
	Redução do tempo de ciclo	1,28	43%	1,31	44%
FLUXO DE VALOR	Reduzir parcela de atividades que não agregam valor	2,07	69%	2,39	80%
	Simplificar e/ou reduzir passos e partes	1,25	42%	1,75	58%
	Focar no controle global	1,21	40%	1,54	51%
	Mater equilíbrio entre melhorías de fluxo e conversões	2,16	72%	2,64	88%
FLUXO	Reduzir a variabilidade	1,29	43%	1,96	65%
	Aumentar a transparência do processo	1,27	42%	1,69	56%
PUXAR	Aumentar a flexibilidade de saída	1,75	58%	2,18	73%
PERFEIÇÃO	Introdução de melhoria contínua no processo	1,06	35%	2,44	81%
	Fazer benchmarking	1,50	50%	1,96	65%

Quadro 11: resultados médios referentes ao questionário aplicado na empresa A.
Fonte: a autora (2012).

Ao observar as práticas que efetivamente ocorriam na empresa A em relação à dimensão Valor, observou-se que a mesma não apresentou documentos comprobatórios das ações nem demonstrou interesse em relação às expectativas dos clientes.

Outro fato observado em relação ao questionário (dimensão Perfeição) foi a falta de introdução de melhorias contínuas no processo, fator que contribui para a qualidade e padronização do produto.

Quanto ao grau de importância os dados apontam que não existia uma preocupação com o controle global do processo (Dimensão Fluxo de valor) e consequentemente uma preocupação em relação à redução do tempo de ciclo das atividades. A análise realizada na empresa A mostrou uma descontinuidade no fluxo de informações, que fez com que fossem gerados estoques excessivos e muitas vezes desnecessários.

A figura 49 ilustra o enquadramento dos resultados obtidos após a aplicação do questionário na empresa A, sob o ponto de vista de 4 entrevistados (vendas, gerenciamento, projetos e produção). Lembrando que a primeira coluna "escala" demonstra os níveis percentuais máximos da Construção Enxuta. A segunda coluna refere-se ao grau de efetividade que ocorrem dentro da empresa de atividades que relatam os princípios da Construção Enxuta, e por último, a terceira coluna reflete o grau de importância, do ponto de vista do entrevistado, quanto aos seus conhecimentos sobre a Construção Enxuta.

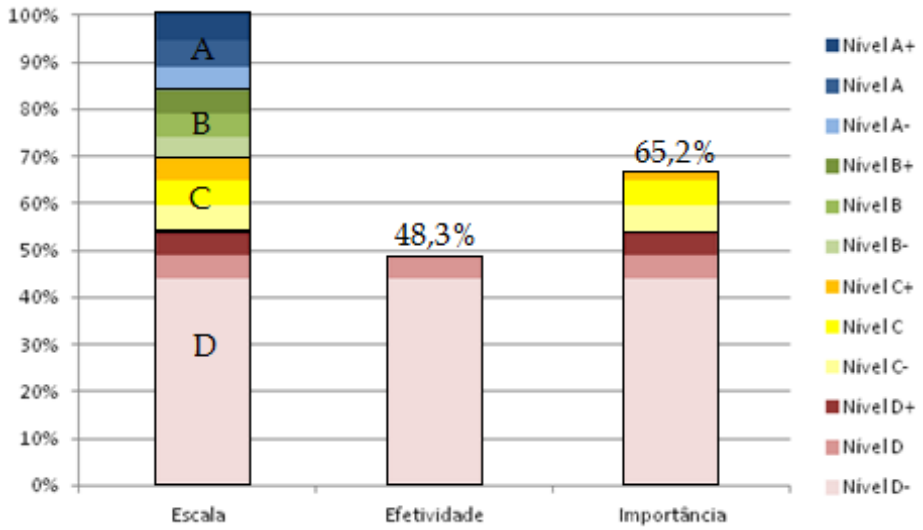


Figura 49: Resultados Empresa A.
Fonte: A autora (2012).

Através das respostas dos questionários aplicados obteve-se o valor de 48,3% que, segundo a tabela do quadro 5, foi classificada como nível D, subnível D, ou seja, em relação a efetividade de tarefas que relatam a Construção Enxuta, a Empresa A apresentou baixo foco em melhorias no processo.

Em relação ao grau de importância a empresa obteve um índice de 65,2% o que refere-se ao nível C, subnível C, da tabela adotada como parâmetro. Isso significa dizer que a Empresa A apresentou baixo ou nenhum conhecimento sobre Construção Enxuta.

Em um contexto geral, a efetividade de Construção Enxuta observada na empresa A mostra que esta executa suas atividades no modelo tradicional de gestão e que não existe a busca constante de melhorias nos seus processos internos. Verificou-se também que existia falta de controle de suas atividades, ou seja, a empresa apenas seguia as tendências ditadas pelo mercado em que atuava.

O mesmo procedimento quantitativo foi elaborado para a empresa B, a qual apresentou os resultados demonstrados na tabela 2.

Pensamento Enxuto	Princípios da construção Civil	Efetividade		Importância	
VALOR	Aumentar o valor do produto sob o ponto de vista dos clientes	1,81	60%	2,58	86%
	Redução do tempo de ciclo	2	67%	2,25	75%
FLUXO DE VALOR	Reduzir parcela de atividades que não agregam valor	1,98	66%	2,07	69%
	Simplificar e/ou reduzir passos e partes	2,08	69%	2,38	79%
	Focar no controle global	2,1	70%	2,92	97%
	Mater equilíbrio entre melhorías de fluxo e conversões	2,06	69%	2,48	83%
FLUXO	Reduzir a variabilidade	2,01	67%	2,5	83%
	Aumentar a transparência do processo	2,07	69%	2,11	70%
PUXAR	Aumentar a flexibilidade de saída	1,85	62%	1,86	62%
PERFEIÇÃO	Introdução de melhoria contínua no processo	2,5	83%	2,44	81%
	Fazer benchmarking	2,35	78%	2,75	92%

Quadro 12: resultados médios referentes ao questionário aplicado na Empresa B.
Fonte: A autora (2012).

Diferentemente da empresa A, a empresa B apresentou bons índices de melhorias contínuas no processo e controle global (Dimensão Fluxo de Valor). A

introdução da melhoria contínua das atividades foi apontada como a de maior pontuação quanto à efetividade dos princípios.

O princípio de simplificação de passos (Dimensão Fluxo de Valor) e partes foi apontado como um dos índices de menor valor da tabela quanto à efetividade no processo produtivo da empresa. Tal fator pode ser explicado quando se analisa o questionário respondido pelo líder de projetos, onde verificou-se que existia a preocupação primária de projetar produtos que tinham peças reduzidas e muitas vezes similares para que o processo de fabricação não sofresse variações demasiadas.

O princípio de menor resultado (Dimensão Valor) quanto à efetividade na empresa B (aumentar o valor do produto sob o ponto de vista do cliente), foi apontado como sendo o aumento de valor do produto sob o ponto de vista dos clientes, como já fora relatado anteriormente. Foi percebido durante a coleta de dados que existia uma ferramenta que era aplicada a todos os clientes internos. Bem como outro questionário que visava melhorias no produto e era aplicado aos clientes externos. Entretanto, os resultados dos questionários não eram divulgados, serviam apenas para informação aos dirigentes da empresa. Isso fazia com que os resultados não gerassem alterações no produto e no processo.

Quanto ao grau de maior importância para os colaboradores da empresa B foi destacado exatamente o princípio de menor efetividade, o princípio que busca o ponto de vista dos clientes internos para aumentar o valor do produto (Dimensão Valor). Isso ocorria porque os colaboradores preenchiam o questionário, mas os resultados não eram divulgados, gerando insatisfações no ambiente de trabalho e não comprometimento em relação às mudanças.

Como fator de menor importância para o cliente interno, o que demonstra falta de conhecimento dos princípios da Construção Enxuta, foi apontado como aumento da flexibilidade de saída do produto (Dimensão Puxar). Isso ocorria porque existia uma consciência implícita nos funcionário de que mudanças no produto ou no cronograma de entrega interferiam no valor do produto para o cliente. Isto ocorria porque eles trabalhavam com pedidos fechados, isto é, não era

possível alterar as quantidades e valores. Isto vai de encontro aos princípios da Construção enxuta o qual visa a possibilidade de alterar os materiais.

Ao analisar as médias das respostas dos questionários da empresa B, foi possível elaborar o gráfico 2, apresentado a seguir:

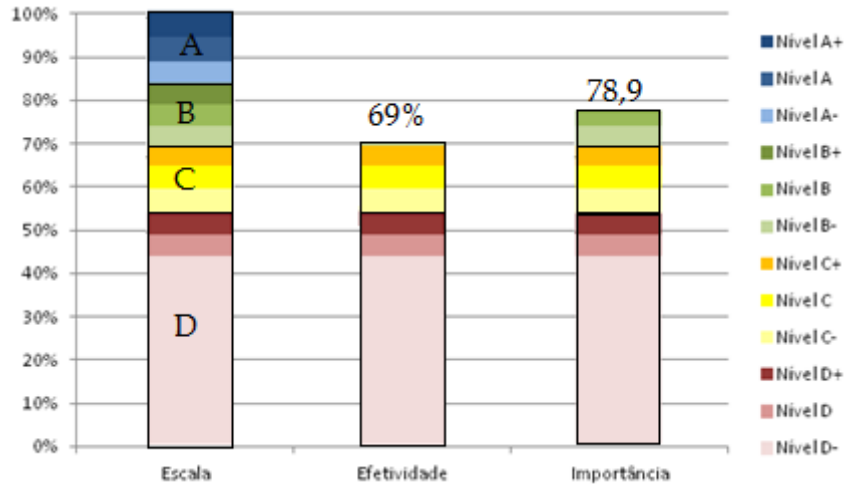


Figura 50: resultados em porcentagem Empresa B
Fonte: a autora

Comparando-se os dados quantitativos obtidos dos questionários respondidos pelos funcionários da Empresa B com a tabela do quadro 5, pode-se afirmar que quanto ao grau de efetividade a empresa obteve 69% de índice, o que corresponde a um nível C, subnível C+, ou seja, a empresa possui foco na qualidade do produto final.

Na prática foi observada a preocupação com a qualidade final dos produtos, porém o que se viu foi uma preocupação constante no processo de fabricação em busca de melhorias contínuas. Essa preocupação não foi devidamente registrada e implantada na empresa, por isso as práticas não estavam sendo executado, o que fez com que o nível de efetividade permanecesse em C.

Em relação à importância dada para os conceitos da Construção Enxuta, a Empresa B obteve índice de 78,9%, o que representa nível B, subnível B, ou seja, existe uma consciência e um aprendizado enxuto na cultura da empresa. Isso se deu, pois a empresa é detentora do selo de qualidade que padroniza os produtos e

processos por ela desenvolvidos e busca constantemente implantar princípios da produção enxuta em suas práticas.

Comparando os resultados das duas empresas estudadas observou-se que a empresa B possui maior conhecimento dos princípios da Construção Enxuta em relação à empresa A, o mesmo ocorre na efetividade do cumprimento dos procedimentos e utilização de ferramentas que evidenciam esses princípios. Essa comparação pode ser melhor visualizada no gráfico a seguir.

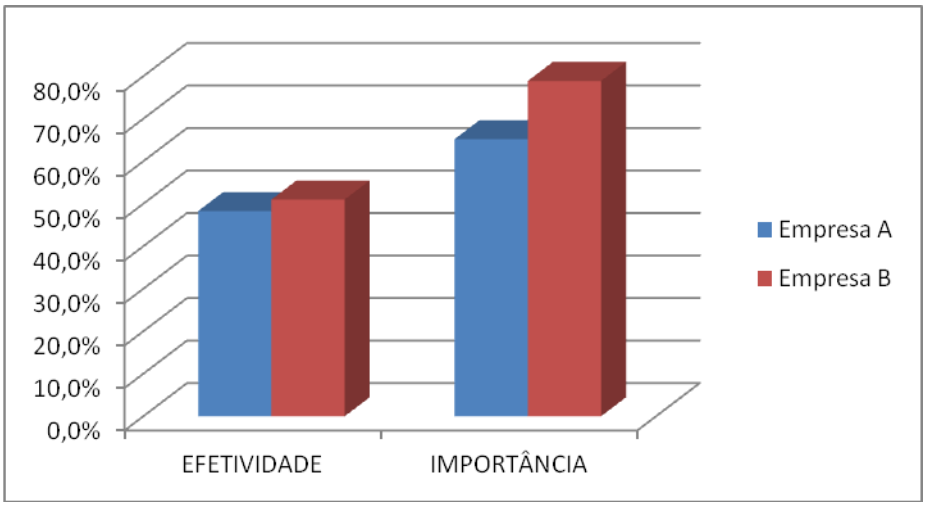


Figura 51: resultados comparados das empresas A e B.
Fonte: A autora (2012).

Comparando-se os índices de importância dos princípios da Construção Enxuta, a Empresa B situa-se acima da empresa A com certa vantagem. Isso ocorreu pelo fato da empresa B já possuir uma política de qualidade desenvolvida para a obtenção do certificado da ISO. O que fez com que esta desenvolvesse uma cultura enxuta, a qual é transmitida para os colaboradores.

Lembrando que o grau de efetividade foi constatado pela apresentação de documentos que relatassem as atividades desenvolvidas nas empresas estudadas. Em relação à efetividade de ações que relatam os princípios da Construção Enxuta, foi observada que a diferença entre as duas é menor do que a diferença apresentada quanto ao grau de importância. Isso ocorreu pois, embora a empresa B tivesse maior consciência dos princípios enxutos, a mesma não enfatizava a ação de registrar seus procedimentos.

Capítulo 6 – Resultados e Conclusões

Esse capítulo tem por objetivo relatar os resultados da pesquisa, apontando os objetivos que foram alcançados e acrescentando as conclusões e sugestões para trabalhos futuros relacionados ao tema.

Mediante os dados e resultados apresentados foi constatado de que é possível fabricar elementos de casas populares seguindo a filosofia da construção enxuta, tal constatação ocorreu quando observou-se que as perguntas elaboradas para atender os onze princípios elaborados por Koskela (2000), eram perfeitamente viáveis e possíveis de serem executadas.

O objetivo da pesquisa foi propor melhorias para o sistema de produção de casas populares, segundo os conceitos da Construção Enxuta, o que foi alcançado no item 4.1.4 e 4.2.4, quando foram elaborados instruções de trabalho, que reuniram as informações necessárias para a execução das atividades de forma a reduzí-las e padronizá-las, ressaltando os pontos críticos e de segurança para o operador.

Foi possível atingir os objetivos específicos através do mapeamento das atividades da empresa A (Quadro 6), onde foram identificadas as atividades que agregam valor e as atividades que não agregam valor. Também foi possível medir os tempos gastos em cada uma das atividades (Quadro 7) e fazer o levantamento de informações quanto ao tempo produtivo, ocioso e perdas que poderiam ser reduzidas.

As instruções de trabalho apresentam o tempo médio de cada atividade, que podem servir de parâmetro para medir a produtividade dos funcionários, e também como ferramenta para treinar novos funcionários, garantindo assim uma padronização nas atividades e gerando produtos mais uniformes.

As empresas estudadas poderiam implantar as melhorias sugeridas com o intuito de melhorar a produtividade nas atividades, reduzindo as perdas com

transporte, estoques, esperas e inspeção durante o processo, aumentando a produtividade e consequentemente os lucros.

A Empresa A apresentou um baixo nível de conhecimento e aplicação dos princípios da Construção Enxuta, além de diversos fatores que vão ao encontro à filosofia enxuta, necessitando esta de investimento em capacitação, melhores equipamentos, modificação no layout fabril e principalmente mudança na cultura da empresa.

A Empresa B apresentou bons níveis de conhecimento da Construção Enxuta, embora ainda possa melhorar os níveis de aplicação desses conhecimentos investindo em treinamento e capacitação dos funcionários, mantendo a política de registrar em documentos as atividades envolvidas nos processos de cada um.

Os resultados aqui apresentados podem ser utilizados como parâmetros para outras empresas que queiram descobrir seu posicionamento quanto aos princípios da Construção Enxuta.

Os passos adotados para a obtenção dos resultados dessa pesquisa foram satisfatórios e podem ser utilizados em outras empresas do ramo.

Com o resultado obtido através das análises qualitativas em campo e pelas respostas dos questionários aplicados nas empresas estudadas, além dos procedimentos de coleta de dados, conclui-se que a ferramenta desenvolvida anteriormente também pode avaliar o estado atual das empresas de casas pré-fabricadas em relação ao uso da Construção Enxuta.

Através da análise criteriosa dos onze princípios da construção civil, foi possível levantar os pontos críticos do processo de produção de cada estudo de caso e desenvolver critérios de melhorias, que se forem praticados tornam o perfil da empresa mais próximo da Construção Enxuta, que visa, principalmente, maior competitividade no mercado.

Durante a aplicação dos questionários foi observado que o mesmo deveria ser aplicado por indivíduo que domine os conceitos da Construção Enxuta, pois

muitas dúvidas quanto ao preenchimento do questionário foram esclarecidas. Assim como observado por Carvalho (2008), se o questionário for aplicado por pessoas leigas seria necessário aumentar o número de perguntas, o que tornaria a entrevista longa e cansativa.

Como sugestão de trabalhos futuros para dar continuidade à linha de estudo adotada pela autora tem-se:

- A modificação e aplicação da ferramenta utilizada na pesquisa em canteiros de obra destinados à montagem das casas produzidas por indústrias do mesmo ramo.
- O desenvolvimento de níveis de implantação das melhorias propostas de modo a amenizar os impactos das mudanças propostas.
- Aplicar novamente a ferramenta de avaliação nas empresas estudadas, caso sejam adotadas as melhorias sugeridas pela autora, para que se possa medir o desempenho e relatar os benefícios causados pelas mudanças.

Referências

ACKER, A. V.. **Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto**. 2002. Tradução (ABCIC/2003 Marcelo de Araújo Ferreira. Disponível em: <http://www.deciv.ufscar.br/netpre/pdf/mpf.pdf>. Acesso em: 03/10/2010.

BALLARD, G.; FORMOSO, C. T.. **Proceedings of the 10th Conference of the International Group for Lean Construction**, Gramado, RS. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 704 p.

BEBER, M.. **Gerenciamento do projeto na ótica do gerenciamento da comunicação: manual para escritório de arquitetura**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) Setor de Tecnologia, UFPR. Curitiba, 2008.

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas da construção civil**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. 2001. Tese Pós-Graduação em Engenharia Civil - UFRS, Porto Alegre, 2001.

BLISMAS, N.; WAKEFIELD, R. **Concrete prefabricated housing via advances in systems Technologies. Development of a technology roadmap**. Australia, p. 99-110, 2009. Disponível em: < http://www.emeraldinsight.com >. Acesso em: 20/04/2010

BOWEN, D. E.; YOUNGDAHL, W. E. **"Lean" service: in defense of a production-line approach**. International Journal of Service Industry Management, v. 9, n. 3, p. 207-225, 1998.

BRUNA, P.J.V. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento**. São Paulo: Perspectiva, 1976

CARVALHO, B. S. **Proposta de uma ferramenta de análise e avaliação das construtoras em relação ao uso da construção enxuta** 2008. 141f. Dissertaçao (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduaçao em Construçao Civil. Defesa: Curitiba, 15/12/2008.

CBIC – **Camara Brasileira da Indústria da construção**. Disponível em < http://www.cbic.org.br/arquivos/balanco2009.pdf. Acesso em 15 de Abril 2010.

EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações.** São Carlos, Sp: ESC/USP, 2000.

FARAH, M.F.S. **Tecnologia, processo de trabalho e construção habitacional.** Tese de doutorado, departamento de ciências sociais da faculdade de filosofia, letras e ciências humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1992

FORMOSO, C. T. ; NASCIMENTO, C. E. H. . **Método para avaliar o projeto do ponto de vista do cliente.** In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 7º, 1998, Florianópolis - SC. Anais. Florianópolis : NPC/UFSC, 1998. v. 2. p. 151-158

FORMOSO, C. T. ; SAN MARTIN, A. P. . **Método de avaliação de sistemas construtivos para a habitação de interesse social sob o ponto de vista da gestão de processos de**

produção. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 7º, 1998, Florianópolis - SC. Anais. Florianópolis : NPC/UFSC, 1998. v. 2. p. 19-26

FORMOSO, C. T. ; TZORTZOPOULOS, P. . **Considerations on the application of lean construction principles to design management**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 7., 1999, Berkeley, Califórnia. Proceedings. Berkeley : University of Califórnia, 1999. p. 335-344

FORMOSO, T. C; INO, A**. Inovação, Gestão da qualidade, produtividade e disseminação do conhecimento na construção habitacional**. Coletânea Habitare, V.02 Porto Alegre 2003.

FORMOSO, C. T. ; FRANCHI, C. C. ; SOIBELMAN, Lucio . **Um estudo sobre as perdas de materiais na indústria da construção civil e suas principais causas.** In: encontro nacional em tecnologia do ambiente construído (ENTAC), 5., 1993, São Paulo. Avanços em tecnologia da produção de edificações: anais. São Paulo : ANTAC; EPUSP, 1993. v. 2. p. 671-680.

FRANCO, L.S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada.** Tese doutorado da escola politécnica USP, 1992.

GIL, A. C**. Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 5 ed, 2010.

GONÇALVES, R. O. **Gestão das fases preliminar e interna do processo licitatório de edificações em instituições públicas sob o enfoque do PMBOK**. Dissertaçao (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduaçao em Construçao Civil. 2011.

HEINECK, L. F. M., KRETZER, C. F. ; FERNANDO, M. J. R. L.; MACHADO, R. L.. **Layout de canteiro de obras da construção civil**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 1996, Piracicaba. Anais.Piracicaba: Unimep, 1996.

HIROTA, E. H.; FORMOSO, C.T. **O Processo de aprendizagem na transparência dos conceitos e princípios da produção enxuta para a construção**. In: 144 ENCONTRO NACIONAL DA TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO ENTAC 7, 2000, Salvador. Anais. Salvador, 2000.

ISATTO, E. *et al*. **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil.** Porto Alegre: SEBRAE-RS, 2000.

KOTLER, P – **Administração de Marketing** – 10ª Edição, 7ª reimpressão – Tradução Bazán Tecnologia e Linguística; revisão técnica Arão Sapiro. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction.** Dissertation for the degree of Doctor of Technology at Helsinki University of Technology. – Espoo: Technical research centre of Finland. Finland, 2000.

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

KUREK, J. **Introdução dos Princípios da Filosofia de Construção Enxuta nos Processos de Produção em uma Construtora em Passo Fundo-RS**. Dissertação de mestrado UFPF. Passo Fundo. 2005.

LIMMER, C. V.. **Planejamento, orçamento e controle de projetos e obras.** Rio de Janeiro: LTC, 1997

LOCHER, D.. **Lean Thinking in the Office: organize administrative and office processes by value stream rather than function**. Retail Environments, p. 20-26, mar/apr 2008.

MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.P.. **Administração da produção** 2ª edição. Editora Saraiva, São Paulo, 2000.

MENDES JUNIOR, R. *et al*. Princípios da Lean Construction. **Técnicas de produção e materiais para fluxo de informação em canteiros de obras.** Disponível em: http://www.bookess.com/read/10285-tecnicas-de-producao-e-materiais-para-fluxo-de-informacao-em-canteiros-de-obras/ Acesso em 12/12/2011

MODEN Y.. **Toyota production system: an integrated approach to just-in-time**. 3rd ed. Norcross G.A: Engineering & Management Press.1998

MOREIRA, M.; BERNARDES, S.. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro; LTC, 2003.

NEIVA, A. A. V.; CAMACHO, S. Mª. da G.. **Controles internos na etapa de elaboração de projeto básico no sistema de produção de obras públicas**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS, 2006, Foz do Iguaçu. **Anais** Foz do Iguaçu: SINAOP, 2006.

NOGUCHI, M.. **The effect of the quality-oriented production approach on the delivery of prefabricated homes in Japan.** Journal of Housing and the Built Environment, Canada, 2003.

OLIVEIRA, M.C.G. de.. **Os fatores determinantes da satisfação pós-ocupacional de usuários de ambientes residenciais.** Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção UFSC. Florianópolis, 1998.

OLIVEIRA, O.. **Gestão da qualidade na construção civil.** Dissertação de mestrado PUC. São Paulo, 2001.

OHNO, T.. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Tradução de Cristina Schumacher. Revisão técnica de Paulo C.D. Motta. Porto Alegre: Bookman, 1997. 149 p.

PEREIRA, A. C W. ; SANTOS, A.. **Diretrizes para implantação de modulação para habitação de interesse social.** In: Colóquio de Pesquisas em Habitação, 2007, Belo Horizonte. Coordenação Modular e Mutabilidade. Belo Horizonte : FAU/UFMG, 2007.

PICCHI, F. A.. **Sistema de qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**.São Paulo, 1993. 462 f. Tese (Doutorado em Engenharia)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PICCHI F. A.; GRANJA A. D.. **Aplicação do Lean Thinking ao fluxo de obra** In: i conferência latino-americana de construção sustentável x encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. Anais. São Paulo, 18-21 julho 2004.

POZZOBON, C. E. ; HEINECK, L. F. M. ; FREITAS, M.C. D. **. Atualizando o Levantamento de Inovações Tecnológicas Simples em Obra**. In Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC 2004, São Paulo, 2004.

REIS, T. dos. **Aplicação da Mentalidade Enxuta no fluxo de negócios da construção civil a partir do mapeamento do fluxo de valor**: estudos de caso. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP, 2004.

ROBSON, C.. **Real world research - a resource for social scientistcs and practioner researchers,** Blackwell Publishers, 2002.

ROTHER, M.; SHOOK, J.. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício. Tradução de: José Roberto Ferro e Telma Rodriguez. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SABBATINI, E. H.. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia.** Tese de doutorado EPUSP. São Paulo, 1989.

SALGADO, M.S.. **Racionalização da construção: caminhos para a habitação popular no município do Rio de Janeiro.** Dissertação de mestrado FAU/UFRJ, 1992.

SANTOS, A.. **Aplication of production management flow principles in constructions sites**. 513 f. Thesis (Doctor of Philosophy) – School of Constuction and Property Management, University of Salford, Salford, UK, 1999.

SANTOS, A. ; FORMOSO, C. T. ; ISATTO, E. ; LANTELME, E.. **Método para redução de perdas na contrução civil: manual de utililização**. 1. ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1995. v. 1. 200 p.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de producao do ponto de vista da engenharia de producao**. 2ª.ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, E. L. da. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4° edição. Florianópolis: UFSC, 2005.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção***. São Paulo: Atlas, 2002*

SMITH, A. **A riqueza das nações: investigação sobre sua natureza e suas causas**. São Paulo: Nova Cultura, c1996. 2v

TALAMINI JÚNIOR, A. **Análise do gerenciamento de construção civil com base nos conceitos do PMBOK e da Lean Construction: estudo de caso em pequenas empresas.** 234 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

TAYLOR, F.W. **The Principles of Scientific Management.** New York: Norton Library, 1967.

VARGAS, M. - **Tecnologia, técnica e ciência in Metodologia da Pesquisa Tecnológica**, Globo, Rio de Janeiro, 1985

VASCONCELOS, A. C. O **Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações.** Volume III. Studio Nobel. São Paulo, 2002.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscilla Martins Celeste. 10. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 432p.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.;ROSS D. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 3ª. Ed. Trad. Daniel Grassi. Porto Alegre: Bookman, 2005

YOUNG, E. Brasil sustentável. Editora: Ernest Young. São Paulo, 2007.

Bibliografia complementar

BALLARD, G. **The last planner system of productions control**. (Thesis) - Dept. of Civil Engineering, University of Birmingham, Birmingham, U.K., June, 2000.

BALLARD, G.; HOWELL, G. **Shielding production from uncertainty: first step in an improvement strategy**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROFESIONALES DE PROJECT MANAGEMENT, 1996, Santiago. Anais Santiago: 1996.

BERR, L. R. ; FORMOSO, C. T. . **Operacionalização dos Conceitos de Qualidade para o Desenvolvimento de um Sistema de Medição de Desempenho nba Construção Civil**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela. Anais, 2010. p. 11 p.

BERR, L. R. ; LIMA, Heleniza Maria de Rezende ; FORMOSO, C. T. **. Padronização de processos na construção civil: conceitos, dificuldades e fatores facilitadores para a implementação**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 5., 2007, 2007, Campinas. Proceedings..., 2007.

FORMOSO, C. T. **Planejamento e Controle da Produção em Empresas de Construção**. Tese Doutorado NORIES - UFRS, Porto Alegre, 2001.

FORMOSO, C. T. **Gestão da qualidade na construção civil: métodos e ferramentas para a gestão da qualidade e produtividade na construção civil**. Programa da Qualidade e Produtividade na Construção Civil do RS. Porto Alegre, 1997. v. 1. 189 p.

FORMOSO, C. T. *et al*. **Desenvolvimento de um modelo para a gestão da qualidade e produtividade em empresas de construção civil de pequeno porte**. In: SEMINÁRIO DA E TECNOLOGIA, 2, 1999, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre, 1999.

FORMOSO, C.T.; BERNARDES, M.M.; OLIVEIRA, L.F.; OLIVEIRA, K. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Porto Alegre, 2003.

HIROTA, E. H. ; POWELL, James A ; DAVEY, C. L. ; FORMOSO, C. T. . **Vencendo barreiras para a aplicação dos princípios da construção enxuta**. In: V SEMINÁRIO DE LEAN CONSTRUCTION, 2000, São Paulo. Anais, 2000.

MENDES JUNIOR., R**. Programação da Produção na Construção de Edifícios de Múltiplos Pavimentos**. Tese Doutorado UFSC. Florianópolis 2001

MACHADO JUNIOR, E. **Casas populares pré-moldadas em argamassa armada: procura de uma solução econômica e confortável**. (Doutor em engenharia civil) – Departamento de estruturas, escola de engenharia São Carlos, São Paulo, 1991.

SANTOS, A.; FUKUSHIMA, **Vantagens competitivas através do design sustentável.** III Encontro de Sustentabilidade em Projeto do Vale do Itajaí. Abril de 2009.

SANTOS, A. . **A incorporação de conceitos das novas filosofias da construção aos projetos de habitação de interesse social**. . In: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. Rio de Janeiro, 2006.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 1997

OLIVEIRA, B. F. ; FREITAS, M.C. D. ; HOFACKER, A. ; GHEBAUER, F. ; MENDES JUNIOR, R. . **Um modelo da avaliação do grau de aplicação de ferramentas LEAN em empresas construtoras: O RAPID LEAN CONSTRUCTION-QUALITY RATING MODEL (LCR).** Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial JCR, v. 2, p. 156-174, 2010.

APÊNDICE 1

FICHA CADASTRAL DA EMPRESA ESTUDO DE CASO (Baseado em Carvalho (2008) p. 112

Identificação: *Data da entrevista:*

Empresa:

Endereço: n.

Bairro: Cidade: Estado: CEP:

webpage: Telefone: Contato:

Área de atuação:

Área fabril: Número de funcionários:

Certificações:

Entrevistados:		Função	Empresa:
1			
2			
3			
4			
5			

APÊNDICE 2

QUESTIONÁRIO PARA MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL DA ORGANIZAÇÃO EM RELAÇÃO AO PENSAMENTO ENXUTO (Baseado em Carvalho (2008) p. 112

91 Total de perguntas

		EFETIVIDADE (POUCO → MUITO)				IMPORTÂNCIA (POUCO → MUITO)			
1	**REDUÇÃO DAS ATIVIDADES QUE NÃO AGREGAM VALOR**	0	1	2	3	0	1	2	3
1.1	Existe preocupação com o desperdício de material?								
1.2	Suas atividades realizadas na empresa agregam valor ao produto final?								
1.3	Existem equipamentos a disposição sempre que sua atividada é requisitada?								
1.4	Sua atividade movimenta a próxima etapa do processo de modo a não gerar estoque?								
1.5	A fonte de alimentação da sua atividade localiza-se próximo a sua área de trabalho?								
1.6	Existe ferramenta que evidencia retrabalhos na empresa?								
1.7	Com que frequência você precisa locomover material antes e depois da sua atividade?								

2	**MELHORAR O VALOR DO PRODUTO ATRAVÉS DAS CONSIDERAÇÕES DOS CLIENTES**	0	1	2	3	0	1	2	3
2.8	A empresa realiza periodicamente pesquisa de mercado?								
2.9	A empresa realiza pesquisa de avaliação de desempenho com os clientes?								
2.10	A empresa busca melhorar seu trabalho em detrimento do resultado de pesquisa de avaliação de desempenho com os clientes?								
2.11	Existem ferramentas para registrar a captação do valor procurado pelo cliente?								

2.12	O cliente externo é frequentemente questionado sobre as alterações que agregam valor ao produto?								
2.13	O produto atende as necessidades dos clientes?								
2.14	Você tem conhecimento das expectativas do cliente final sobre o produto a ser entregue?								
2.15	A sua atividade atende as necessidades da próxima etapa do processo, de modo que ao receber o produto saído de sua atividade o próximo envolvido possui todas as informações necessárias para realizar suas atividades?								
2.16	Você é constantemente questionado sobre suas necessidades para realizar as tarefas?								
2.17	Suas atividades podem gerar insatisfação para o cliente final?								

3	**REDUZIR A VARIABILIDADE**	0	1	2	3	0	1	2	3
3.18	É utilizado formas, gabaritos e moldes para realizar as atividades repetitivas?								
3.19	Existe registro de criação e aferição dos gabaritos utilizados nos processos de montagem?								
3.20	Existe conceito de coordenação modular na elaboração dos produtos?								
3.21	Existe a preocupação de mecanizar as atividades na fábrica?								
3.22	São divulgados os procedimentos?								
3.23	Existem procedimentos padronizados para as atividades produtivas?								
3.24	Com que frequência sua atividade varia ao longo do dia?								

4	REDUZIR O TEMPO DE CICLO	0	1	2	3	0	1	2	3
4.25	O tempo planejado para a produção é obedecido e atende as necessidades dos clientes?								
4.26	Você conhece o tempo medio de duração da sua atividade?								
4.27	Existe controle de produtividade sobre o tempo gasto na execução da sua atividade?								
4.28	Você acredita que possa realizar sua atividade de forma mais rápida sem perder qualidade?								
4.29	Existe sistema de monitoramento e medição de tempos das atividades na empresa?								
4.30	Existem movimentos repetitivos na sua atividade?								
4.31	Ao longo do tempo, você desenvolveu técnicas que encurtaram o tempo da sua atividade?								
4.32	O tempo de setup da sua atividade despende grande parte do seu tempo?								

5	SIMPLIFICAR E MININIZAR O NÚMERO DE PARTES E PEÇAS	0	1	2	3	0	1	2	3
5.33	Existem equipamentos na fábrica para auxiliar nos transportes entre as atividades?								
5.34	Na sua atividade existem passos ou partes que podem ser reduzidos?								
5.35	A empresa se preocupa em desenvolver projetos que simplifiquem os passos e reduzam as partes dos produtos?								
5.36	Existe a preocupação de estudar novos materiais e diminuir peças para reduzir atividades?								

6	MELHORAR A FLEXIBILIDADE DO PRODUTO	0	1	2	3	0	1	2	3
6.37	A sua atividade permite substituir partes e peças para atender as necessidades do cliente sem alterar os procedimentos para realizar a atividade?								
6.38	O projeto permite alterações pelo cliente?								

6.39	Existe forma de flexibilidade do produto em relação ao material empregado?								
6.40	O produto permite a utilização de maneira diferente?								
6.41	O produto permite a utilização em diferentes situações?								
6.42	A empresa busca o emprego de materiais flexíveis?								
6.43	A entrega do produto é flexível conforme a necessidade do cliente?								

7	**MELHORAR A TRANSPARÊNCIA DO PROCESSO**	0	1	2	3	0	1	2	3
7.44	Com que frequencia sua atividade é acionada mediante a um pedido formal?								
7.45	Sua atividade gera indicativos que acionam outras atividades subsequentes?								
7.46	Sua atividade é relatada formalmente constantemente?								
7.47	Existe um documento que relata o fluxo de informações entre as atividades?								
7.48	O ambiente de trabalho é limpo, devidamente iluminado e agradável para o trabalho?								
7.49	O setor é demarcado com faixas de acesso e identificação da área?								
7.50	A localização do seu setor facilita a comunicação com o setor subsequente?								
7.51	A localização do seu setor facilita a comunicação com o setor adjacente?								
7.52	Seu setor utiliza dispositivo de identificação da etapa do processo?								
7.53	Seu setor utiliza quadros informativos referentes a produtividade?								

7.54	Existe junto as máquinas a instrução de operação no seu setor?								
7.55	Ocorre comunicação entre os colaboradores de diferentes atividades de fluxo produtivo?								
7.56	O conteúdo das informações carregadas durante o processo atendem as necessidades da sua atividade?								
7.57	O plano da empresa é esclarecido no fluxo de informações da empresa?								
7.58	Você se sente envolvido e motivado pelos planos da empresa?								
7.59	O procedimento de uso e manutenção do produto é claro e transparente?								

8	**FOCAR O CONTROLE DO PROCESSO GLOBAL**	0	1	2	3	0	1	2	3
8.60	Existe planejamento anual de metas para cada departamento?								
8.61	Existe controle que mensura os indicadores das metas pré-estabelecidas?								
8.62	Existe prazo de execução para sua atividade?								
8.63	Você conhece os objetivos, metas e política da empresa?								
8.64	Como você classifica o controle sobre a produtividade dos funcionários?								
8.65	Como você classifica o controle sobre o planejamento de execução da obra?								

9	**INTRODUZIR A MELHORIA CONTÍNUA DO PROCESSO**	0	1	2	3	0	1	2	3
9.66	Suas necessidades são atendidas quando solicitadas?								
9.67	Existe o registro das não conformidades dos produtos?								

9.68	As não conformidades são relatadas aos envolvidos, com o intuito que não ocorra novamente?								
9.69	A empresa promove a discussão entre os colaboradores?								
9.70	Com que frequência as idéias são adotadas como procedimentos?								
9.71	Existe um procedimento de medição que garante a qualidade de cada peça produzida?								
9.72	Existe treinamento constante dos funcionários para melhor capacitação?								
9.73	Você percebe que existe busca pela melhoria contínua da empresa?								

10	**BALANCEAR O FLUXO COM A MELHOR DAS CONVENÇÕES**	0	1	2	3	0	1	2	3
10.74	Máquinas e equipamentos atendem as necessidades da sua atividade?								
10.75	Com que frequência você realiza limpeza no seu local de trabalho?								
10.76	Com que frequência acontece alterações nos fluxos?								
10.77	Com que frequência acontece a aquisição de máquinas novas?								
10.78	Como você classifica o acesso do fluxo de pessoas na fábrica?								
10.79	Como você classifica o fluxo de venda e entrega do produto?								
10.80	Como você classifica o fluxo de compra e entrega de material?								
10.81	Como você classifica o fluxo de projetos desde a criação até a entrega nas operações?								
10.82	Como você classifica o controle interno de material?								

10.83	Você acredita que a quantidade de funcionários é suficiente para entregar o produto no prazo?								
10.84	Você acredita que o processo produtivo da empresa é bem sucedido?								

11	**BENCHMARK (estabelecer referencia de ponta)**	0	1	2	3	0	1	2	3
11.85	Você conhece as boas práticas dos concorrentes?								
11.86	Para executar sua atividade dentro da empresa, você utiliza algum outro modelo bem sucedido?								
11.87	Você conhece alguma empresa de referencia no ramo de atividade?								
11.88	A empresa reconhece a necessidade de pesquisar sobre novas práticas e tecnologias?								
11.89	A empresa apóia financeiramente pesquisas na área de PDI?								
11.90	A empresa aplica as boas práticas estudas e desenvolvidas para melhorar os processos?								
11.91	A empresa utiliza-se de novas tecnologias para se tornar referência de ponta?								

APÊNDICE 3

NÍVEIS DE CLASSIFICAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO PRINCÍPIO	
0	O princípio não está presente e não existe registro de evidências
1	O princípio está presente, mas não há registro formal de evidências
2	O princípio está totalmente presente e existe evidências periódicas de registros
3	O princípio está presente e existe evidências formais de registro

NÍVEIS DE CLASSIFICAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DO PRINCÍPIO	
0	O princípio não é importante e não existe interesse de conhece-lo
1	O princípio é pouco importante, mas não se conhece teoricamente
2	O princípio é muito importante e existe a necessidade de implanta-lo
3	O princípio é extremamente importante e se faz uso da teoria para implantar ferramentas para segui-lo

Com esta escala de pontuação, será possível calcular através da média aritimética de cada princípio analisado dividido pelo número de questões.

Serão considerados pesos iguais para todos os princípios e para todas as perguntas, pretende-se assim garantir que todos os princípios possuam igualdade de importância

Os resultados desta média aritmética serão expostos em percentuais expressando o desempenho em relação à construção enxuta, ou seja, quanto maior o valor calculado, mais próximo do Pensamento Enxuto encontra-se a empresa estudada

NÍVEL	SUBNÍVEL	PERCENTUAL	DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS
A	A+	95% a 100%	Busca pela perfeição no pensamento enxuto
	A	90% a 94%	
	A-	85% a 89%	
B	B+	80% a 84%	Consciência e aprendizado enxuto
	B+	75% a 79%	
	B-	70% a 74%	
C	C+	65% a 69%	Foco em qualidade, mas baixo ou nenhum conhecimento em construção enxuta
	C	60% a 64%	
	C-	55% a 59%	
D	D+	50% a 54%	Baixo foco em melhorias, conhecimento nulo sobre a construção enxuta
	D	45% a 49%	
	D-	0% a 44%	