



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,
ARQUITETURA E URBANISMO**

**Diretrizes para implementação de
fluxo contínuo na construção civil:
uma abordagem baseada na
Mentalidade Enxuta**

Iamara Rossi Bulhões

**Campinas, SP
2009**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

Iamara Rossi Bulhões

**Diretrizes para implementação de fluxo contínuo na
construção civil: uma abordagem baseada na Mentalidade
Enxuta**

Tese apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, na Área de Concentração de Arquitetura e Construção.

Orientador: Flávio Augusto Picchi

Campinas, SP
2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

B87d Bulhões, Iamara Rossi
 Diretrizes para implementação de fluxo contínuo na
 construção civil: uma abordagem baseada na
 mentalidade enxuta / Iamara Rossi Bulhões. --Campinas,
 SP: [s.n.], 2009.

 Orientador: Flávio Augusto Picchi.
 Tese de Doutorado - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
 Urbanismo.

 1. Mentalidade administrativa. 2. Construção civil -
 Planejamento. I. Picchi, Flávio Augusto. II.
 Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
 Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: Guidelines for the implementation of continuous flow in
the construction industry: an approach based on lean
thinking

Palavras-chave em Inglês: Continuous flow, Lean Thinking, Small batch,
Increasing stability

Área de concentração: Arquitetura e Construção

Titulação: Doutor em Engenharia Civil

Banca examinadora: Luiz Fernando Mählmann Heineck, Tarcisio Abreu
Saurin, Ariovaldo Denis Granja, Marina Sangoi de
Oliveira Ilha

Data da defesa: 18/02/2009

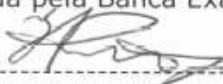
Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

Iamara Rossi Bulhões

**Diretrizes para implementação de fluxo contínuo na
construção civil: uma abordagem baseada na Mentalidade
Enxuta**

Tese de Doutorado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. Flávio Augusto Picchi
Orientador
FEC/UNICAMP



Prof. Dr. Luiz Fernando Mahlmann Heineck
DEECC/UFC



Prof. Dr. Tarcisio Abreu Saurin
PPGEP/UFRGS



Prof. Dr. Ariovaldo Denis Granja
FEC/UNICAMP



Profa. Dra. Marina Sangoi de Oliveira Ilha
FEC/UNICAMP

Campinas, 18 de fevereiro de 2009

A Enio Rossi Bulhões (in memoriam)
Saudades eternas

AGRADECIMENTOS

Ao professor Flávio Augusto Picchi, pela orientação e pelo incentivo dado no desenvolvimento deste trabalho;

Ao professor Carlos Torres Formoso, pelo exemplo de profissional na área acadêmica e pelas contribuições dadas no decorrer deste trabalho;

Aos professores da UNICAMP, pela contribuição dada para minha formação acadêmica, em especial ao professor Ariovaldo Denis Granja;

Aos funcionários da FEC/UNICAMP, pela presteza e dedicação ao programa, em especial à Paula;

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), responsável pelos recursos que propiciaram minha participação nesse Curso de Pós-graduação;

Ao auxiliar de pesquisa Juliano Caria pela dedicação e responsabilidade nos trabalhos de campo;

Ao Engenheiro. Alex Tort Folch pelo incentivo e apoio incondicional à pesquisa, e aos demais funcionários da Munte Construções Industrializadas que contribuíram para o desenvolvimento dos estudos de campo realizados na empresa;

Ao Engenheiro. Emerson Pompeo, pelo incentivo à pesquisa, e aos demais

funcionários da Rossi Residencial, pela participação e dedicação ao estudo de campo realizado na empresa;

Aos amigos da pós-graduação, Alexandre, Marcos Funchal, Tatiana Reis, Tatiana Borges, Natalie, Pedro e, em especial a, Carlos, Patrícia e Marcos Siqueira, pela amizade sincera, pela simpatia e pelos momentos agradáveis que compartilhamos no decorrer do curso;

Aos amigos André, Fernando, Rafael, Osny e Claudia do Instituto de Artes da UNICAMP, pelos momentos agradáveis em Campinas;

Aos amigos Karine, Abla, Mônica, Cristóvão, Fábio Shramm, Adriana, Renato pela amizade e companheirismos;

Ao meu cunhado Orlando e minhas sobrinhas Raisia e Yasmim, pelo carinho de sempre;

Aos meus pais Osvaldo e Heloisa e aos meus irmãos Yerma, Enio (*in memoriam*) e Leonardo pelo amor e carinho em todos os momentos da minha vida;

A Carlos e a Francisco, por terem mudado minha vida para sempre. Sou feliz por estarmos juntos. Amo vocês, incondicionalmente.

RESUMO

BULHÕES, Iamara Rossi – **Diretrizes para implementação de fluxo contínuo na construção civil: uma abordagem baseada na Mentalidade Enxuta** - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2009, Tese de Doutorado.

Os sistemas de produção na construção civil são caracterizados por muitas interrupções nos seus fluxos de trabalho, gerando desperdícios e a subutilização de recursos. Tais interrupções ocorrem principalmente devido à alta variabilidade nos processos de produção e à falta de sincronização entre os mesmos, resultando em elevadas percentagens de tempos improdutivos e de grandes estoques em processo. O presente trabalho tem como objetivo propor diretrizes para a implementação de fluxo contínuo na construção civil, com base nos conceitos e ferramentas da Mentalidade Enxuta. A estratégia de pesquisa adotada foi a pesquisa-ação, sendo realizados quatro estudos empíricos, dois em obras de edificações e dois em obras de montagem de estruturas pré-fabricadas de concreto. Duas principais contribuições desta pesquisa podem ser destacadas: (a) as diretrizes para implementar fluxo contínuo, vinculadas às etapas de diagnóstico, criação de condições iniciais, e planejamento e controle da produção; e (b) uma contribuição teórica no sentido de entender um conjunto de conceitos e princípios básicos de gestão da produção e a sua aplicação na indústria da construção. As

diretrizes propostas para o contexto de obras de edificações são focadas no sistema de planejamento e controle da produção e na adaptação das ferramentas da Mentalidade Enxuta, tais como Mapa de Fluxo de Valor, Gráfico do Balanceamento do Operador e Tabela do Trabalho Padronizado Combinado, enquanto no contexto de obras de montagem de estrutura pré-fabricada as diretrizes enfatizam a realização do diagnóstico do processo de montagem, a introdução do planejamento integrado do projeto, fabricação e montagem, e a redução do tamanho do lote. Através destas diretrizes propõe-se o uso combinado das ferramentas tradicionais da Mentalidade Enxuta com ferramentas de Planejamento e Controle da Produção adequadas ao ambiente da construção civil.

Palavras-chaves: Mentalidade Enxuta; fluxo contínuo; redução do lote; aumento da estabilidade.

ABSTRACT

BULHÕES, Iamara Rossi – **Guidelines for the implementation of continuous flow in the construction industry: an approach based on Lean Thinking** - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2009, Doctoral Thesis.

Production systems in the construction industry face many interruptions in work flows, causing waste and under-utilization of resources. Such interruptions are mostly due to high variability in production processes and also to the lack of synchronization between them, resulting in a large percentage of unproductive time and a high level of work in progress. The aim of this research work is to propose guidelines for the implementation of continuous flow in the construction industry, based on the Lean Thinking concepts and tools. Action research was the research strategy adopted in this study, involving four empirical studies, two in building projects and two in the fabrication and assembly of pre-fabricated concrete structures. Two main contributions of this research work are pointed out: (a) a set of guidelines for implementing continuous flow in production systems in the construction industry, which were related to the stages of diagnosis, establishment of the initial conditions, and planning and control; and (b) a theoretical contribution in terms of understanding a set of core production management concepts and principles and its application in the construction industry. The guidelines proposed

for the context of building projects are focused on the production planning and control system and on the adaptation of Lean Thinking tools, such as Value Stream Mapping, Operator Balance Chart and Combined Standardized Work Chart, while in the context of prefabrication and assembly of concrete structures the guidelines emphasize the diagnosis of the assembly process, the introduction of an integrated planning and control process, including design prefabrication and assembly, and the reduction of lot size. Through those guidelines, the combined use of traditional Lean Thinking tools and planning and control tools that are suitable for the construction industry context.

Key words: Lean Thinking; continuous flow; small batch; increasing stability

SUMÁRIO

RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	IX
SUMÁRIO.....	XI
LISTA DE FIGURAS	XVII
LISTA DE QUADROS.....	XXI
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contexto	1
1.2 Justificativa.....	6
1.3 Questões e objetivos da pesquisa	9
1.4 Delimitações da pesquisa.....	10
1.5 Resumo do método de pesquisa	11
1.6 Estrutura do trabalho	11
2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO: ORIGEM E TENTATIVAS DE GENERALIZAÇÃO	13
2.1 Origem do Sistema Toyota de Produção.....	13
2.2 Generalização conceitual do STP.....	16
2.3 Fundamentos e princípios estabelecidos por Ohno (1997) e Shingo (1996a; 1996b)	17
2.4 Mentalidade Enxuta.....	22
2.4.1 Os princípios da Mentalidade Enxuta	23
2.4.2 A Casa do STP (LIB, 2003).....	28

2.4.2.1	Pilares de sustentação do sistema	29
2.4.2.2	Base do sistema (1º nível)	30
2.4.2.3	Base do sistema (2º nível)	31
2.5	O DNA do Sistema Toyota de Produção	32
2.6	O Modelo Toyota.....	36
2.6.1	Os princípios do Modelo Toyota	36
2.6.2	O diagrama casa do STP.....	39
2.7	Transferência das idéias do STP para a Construção	41
3	FLUXO CONTÍNUO: CONCEITOS BÁSICOS E FERRAMENTAS PARA IMPLEMENTAÇÃO.....	43
3.1	Base conceitual para a implementação do fluxo contínuo	44
3.1.1	Conexão entre os elementos de uma teoria.....	44
3.1.2	Valor	47
3.1.2.1	Satisfação.....	50
3.1.2.2	Qualidade	51
3.1.3	Fluxo de valor	52
3.1.3.1	Processo	54
3.1.3.2	Desperdício	58
3.1.4	Fluxo contínuo.....	60
3.1.4.1	Estoques.....	62
3.1.4.2	Tempo <i>takt</i>	65
3.1.4.3	Manufatura celular	66
3.1.5	Produção Puxada	68
3.1.5.1	Sistema Puxado com Supermercado.....	70
3.1.5.2	Sistema puxado Seqüencial.....	71
3.1.5.3	Sistema Puxado Misto (seqüencial e com supermercado)	72
3.1.6	Melhoria Contínua	73
3.1.6.1	Ciclo PDCA	74
3.1.6.2	Trabalho padronizado	76
3.1.7	Estabilidade básica.....	78
3.2	Ferramentas de gestão para a implementação do fluxo contínuo.....	81
3.2.1	Ferramentas tradicionais da Mentalidade Enxuta.....	82
3.2.1.1	Mapa de Fluxo de Valor	82
3.2.1.2	Mapa de Fluxo de Valor em processos administrativos	92
3.2.1.3	Gráfico do Balanceamento do Operador	93

3.2.1.4 Tabela de Trabalho Padronizado Combinado.....	96
3.2.1.5 Considerações finais.....	98
3.2.2 O Planejamento e Controle da Produção (PCP).....	99
3.2.2.1 Linha de Balanço	100
3.2.2.2 <i>Last Planner</i>	101
4 MÉTODO DE PESQUISA	103
4.1 Abordagem metodológica e a estratégia geral de pesquisa.....	103
4.2 Delineamento do processo de pesquisa.....	107
4.2.1 Compreensão do problema	108
4.2.2 Desenvolvimento da pesquisa	109
4.2.3 Análise dos dados e reflexão final	113
4.3 Descrição das Empresas	113
4.3.1 Empresa X.....	113
4.3.2 Empresa Y	114
4.3.3 Empresa Z.....	116
4.4 Ferramentas, técnicas e métodos usados para a coleta de dados	116
4.4.1 Entrevista	117
4.4.2 Observação direta.....	117
4.4.3 Documentação de imagens por meio de fotografias.....	118
4.4.4 Observação participante	118
4.4.5 Caderno de campo.....	119
4.4.6 Análise de documentos.....	120
4.4.7 Medição de tempos em obra.....	120
4.5 Descrição dos Estudos.....	121
4.5.1 Estudo Empírico 1 – Obra A	121
4.5.1.1 Descrição da obra	121
4.5.1.2 Escopo do estudo.....	123
4.5.2 Estudo empírico 2 – Obras B e C.....	127
4.5.2.1 Descrição das obras	127
4.5.2.2 Escopo do estudo.....	130
4.5.2.3 Fase 1 – Diagnóstico do processo de montagem	132
4.5.2.4 Fase 2 – Implementação do fluxo contínuo.....	133
4.5.2.5 Fontes de evidência utilizadas	135
4.5.3 Estudo Empírico 3 – Obras D e E	137
4.5.3.1 Descrição das obras	137

4.5.3.2	Escopo do estudo.....	139
4.5.3.3	Fase 1	140
4.5.3.4	Fase 2	142
4.5.4	Estudo empírico 4 – Obra F.....	144
4.5.4.1	Descrição da obra	144
4.5.4.2	Escopo do estudo.....	146
4.5.4.3	Fase 1 - Análise e diagnóstico da obra	147
4.5.4.4	Fase 2 – Implementação de melhorias no sistema de PCP.....	149
5	RESULTADOS OBTIDOS NO CONTEXTO DE EDIFICAÇÃO	151
5.1	Estudo empírico 1 (Obra A).....	151
5.1.1	Diagnóstico inicial da obra	151
5.1.2	Aplicação de ferramentas.....	153
5.1.2.1	Linha de Balanço	154
5.1.2.2	Mapa do Fluxo de Valor (MFV) atual	158
5.1.2.3	Mapas do Fluxo de Valor por processo	161
5.1.2.4	Gráfico de Balanceamento do Operador (GBO)	166
5.1.2.5	Tabela de Trabalho Padronizado Combinado (TTPC)	170
5.1.3	Análise dos resultados.....	171
5.1.3.1	Linha de Balanço	171
5.1.3.2	Mapa de Fluxo de Valor	172
5.1.3.3	Gráfico de Balanceamento do Operador	173
5.1.3.4	Tabela de Trabalho Padronizado Combinado.....	175
5.1.3.5	Estabilidade básica.....	176
5.2	Estudo empírico 4 (Obra F)	177
5.2.1	Descrição do sistema de PCP existente	177
5.2.2	Elaboração da Linha de Balanço (LB).....	181
5.2.3	Implementação de melhorias no sistema de PCP.....	185
5.2.4	Resultados da implementação	187
5.2.5	Análise dos resultados.....	191
5.2.5.1	Obtenção da estabilidade básica por meio do Sistema <i>Last Planner</i>	191
5.2.5.2	Dificuldades em implementar o fluxo contínuo em obras de edificação	193
6	RESULTADOS OBTIDOS NO CONTEXTO DE PRÉ-FRABRICADOS	195
6.1	Estudo empírico 2 - Processo de Montagem (Obras B e C)	195
6.1.1	Fase 1 - Diagnóstico do processo de montagem na obra B	195
6.1.1.1	Práticas correntes de gestão da produção	196

6.1.1.2	Mapa do Fluxo de Valor atual	197
6.1.1.3	Proposta de ações para implementar fluxo contínuo em obra.....	204
6.1.2	Fase 2 – Implementação do fluxo contínuo na obra C	206
6.1.2.1	Plano de longo prazo	206
6.1.2.2	Plano de médio prazo	207
6.1.2.3	Plano de curto prazo	211
6.1.2.4	Redução do tamanho do lote	213
6.1.2.5	Gerenciamento do transporte entre fábricas e obra	223
6.1.3	Resultado da implementação na obra C	225
6.1.3.1	Avanço físico	225
6.1.3.2	Implementação do pequeno lote	227
6.1.3.3	Monitoramento do plano de carregamento	235
6.1.3.4	Gestão dos fluxos de transporte entre as fábricas e a obra.....	239
6.1.4	Comparação entre as fases 1 e 2 do estudo empírico	239
6.1.4.1	Mapa do Fluxo de Valor	239
6.1.4.2	Aumento da produtividade	242
6.1.5	Análise dos resultados.....	243
6.1.5.1	Implementação de melhorias considerando o sistema fábrica-transporte- montagem	243
6.1.5.2	Obtenção da estabilidade básica por meio do PCP	245
6.1.5.3	Redução do tamanho do lote	247
6.2	Estudo empírico 3 - Processo de Projeto (Obras D e E)	251
6.2.1	Fase 1 - Diagnóstico do processo de projeto na Obra D	251
6.2.1.1	Mapa de Fluxo de Valor simplificado	251
6.2.1.2	Mapa de Fluxo de Valor futuro simplificado.....	254
6.2.1.3	Mapa de Fluxo de Valor atual detalhado.....	257
6.2.1.4	Proposta de ações para implementar fluxo contínuo em projeto	264
6.2.2	Atividades realizadas entre as fases 1 e 2 do estudo	268
6.2.3	Fase 2 - Implementação do fluxo contínuo no projeto - Obra E.....	270
6.2.4	Análise dos resultados.....	275
6.2.4.1	Mapa do Fluxo de Valor no processo de projeto	275
6.2.4.2	Redução do tamanho do lote e produção puxada no projeto	276
6.2.4.3	Utilização de equipes multifuncionais.....	277
7	PROPOSTAS DE DIRETRIZES E CONTRIBUIÇÕES CONCEITUAIS	279
7.1	Diretrizes para implementação de fluxo contínuo	279

7.1.1	Implementação de fluxo contínuo em obras de edificações.....	281
7.1.1.1	Mudanças no planejamento e controle da produção.....	281
7.1.1.2	Adaptação das ferramentas da Mentalidade Enxuta.....	285
7.1.1.3	Seqüência de aplicação das ferramentas.....	289
7.1.2	Implementação de fluxo contínuo em obras de montagem de estrutura pré-fabricada.....	290
7.1.2.1	Diagnóstico do processo de montagem.....	291
7.1.2.2	Planejamento integrado do projeto, fabricação e montagem.....	291
7.1.2.3	Redução do lote.....	292
7.1.2.4	Mudanças no planejamento e controle da produção.....	294
7.1.2.5	Implementação do fluxo contínuo no processo de projeto.....	297
7.1.2.6	Seqüência de aplicação das ferramentas.....	298
7.2	Principais contribuições conceituais.....	300
7.2.1	Estabilidade básica.....	302
7.2.2	Interdependência.....	304
7.2.3	Tempo <i>takt</i>	304
7.2.4	Elemento de trabalho.....	305
8	CONCLUSÕES.....	307
8.1	Principais conclusões.....	307
8.2	Recomendações para trabalhos futuros.....	310
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	313
	ANEXOS.....	321
	Anexo A: Legendas do Mapeamento de Fluxo de Valor.....	321
	APÊNDICES.....	325
	Apêndice A: Roteiro das entrevistas.....	326
	Apêndice B: Modelos dos planos de médio e curto prazos da obra F.....	329
	Apêndice C: Análise detalhada do processo de desenvolvimento do empreendimento da obra D.....	332

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Generalização conceitual das experiências da Toyota.....	17
Figura 2.2	Casa do Sistema Toyota de Produção (LIB, 2003)	29
Figura 2.3	Quatorze princípios de Liker (2004).....	37
Figura 2.4	Diagrama Casa do Sistema Toyota de Produção (adaptado de Liker, 2004)	40
Figura 3.1	Níveis de abstração de uma Teoria de Gestão da Produção.....	44
Figura 3.2	Proposta de hierarquização conceitual da Mentalidade Enxuta	47
Figura 3.3	Paradigma da desconfirmação (EVRARD, 1995)	50
Figura 3.4	Típico fluxo de valor completo (BAGGALEY; PARTNER, 2003)	53
Figura 3.5	Conceito de transformação do processo de produção (SLACK et. al., 1997).....	54
Figura 3.6	Etapas do processo de produção no modelo de fluxo (KOSKELA, 1992)	56
Figura 3.7	Classificação dos movimentos dos operários (OHNO, 1997).....	58
Figura 3.8	Produção em lote (GAMBIRASIO JR., 2004).....	61
Figura 3.9	Produção em fluxo contínuo (GAMBIRASIO JR., 2004)	61
Figura 3.10	Célula de fluxo unitário de peças organizadas em forma de U (LIKER, 2004)	67
Figura 3.13	Sistema Puxado Misto (LIB, 2003)	73
Figura 3.15	Padronização e melhoria contínua (CAMPOS, 1992).....	75
Figura 3.16	Ciclo PDCA adaptado por Shook (2004)	76
Figura 3.17	Ciclo da melhoria contínua (LIKER; MEIER, 2007)	79
Figura 3.20	Exemplo de Mapa do Fluxo de Valor no estado futuro (LIB, 2003).....	91

Figura 3.21	Distribuição do Trabalho	96
Figura 3.22	Exemplo da TTPC (ROTHER e HARRIS, 2002)	97
Figura 3.23	Dimensão horizontal do planejamento e controle da produção (LAUFER; TUCKER, 1987).....	99
Figura 4.1	Delineamento geral da pesquisa	108
Figura 4.2	Ciclos de planejamento, ação, avaliação e reflexão no desenvolvimento da pesquisa	111
Figura 4.3	Foto da Fábrica 1	115
Figura 4.4	Obra A - Croqui	121
Figura 4.5	Obra A - Foto	122
Figura 4.6	Extrato da planilha de estudo dos processos (adaptada de Rother e Harris, 2002).....	126
Figura 4.7	Obra B – Foto.....	128
Figura 4.8	Obra C – Foto.....	129
Figura 4.9	Ciclos de aprendizagem correspondente ao estudo empírico 2	133
Figura 4.10	Implantação do condomínio - obra F	145
Figura 4.11	Obra F - Foto.....	145
Figura 5.1	Extrato da Linha de Balanço (Bloco C)	155
Figura 5.2	MFV atual da execução do apartamento padrão	159
Figura 5.3	Linha correspondente ao apartamento 23 da LB apresentada na Figura 5.1	161
Figura 5.4	MFV atual do sub-processo de dry wall	162
Figura 5.5	Mapa do estado futuro do processo de dry wall.....	164
Figura 5.6	Mapa do estado atual do processo de assentamento de cerâmica.....	166
Figura 5.7	Conteúdo do Trabalho (a) e Gráfico do Balanceamento do Operador (b)	167
Figura 5.8	Proposta de GBO considerando a necessidade de balanceamento da equipe.....	169
Figura 5.9	Tabela de Trabalho Padronizado Combinado – Cerâmica	170
Figura 5.10	Tempos de ciclo antes da implementação (por bloco de duas casas).....	179
Figura 5.11	Tempos de ciclo do processo de alvenaria inferior por bloco	180
Figura 5.12	Plano de seqüenciamento da unidade-base (casa).....	182
Figura 5.13	Linha de Balanço da obra F	183
Figura 5.14	Foto ilustrando o seqüenciamento de execução – obra F	185
Figura 5.15	Dados disponíveis no mural do escritório da obra.....	187
Figura 5.16	PPC da obra	188
Figura 5.17	Percentual das causas dos não cumprimentos de planos.	188

Figura 5.18	Desdobramento das causas.....	189
Figura 5.19	Evolução do PPC e dos problemas internos e externos.....	190
Figura 5.20	Tempos de ciclo dos processos ao longo da implementação.....	191
Figura 6.1	Extrato do plano de curto prazo.....	196
Figura 6.2	MFV do processo de montagem da obra B.....	198
Figura 6.3	Estoques não planejados.....	201
Figura 6.4	Croqui com seqüência de montagem dos pilares.....	202
Figura 6.5	Ociosidade do guindaste.....	203
Figura 6.6	Croquis das etapas da obra.....	207
Figura 6.7	Planta baixa de comunicação das etapas da obra.....	207
Figura 6.8	Plano de médio prazo - montagem.....	209
Figura 6.9	Plano de médio prazo - fabricação.....	210
Figura 6.10	Extrato do plano de curto prazo.....	212
Figura 6.11	Plano de seqüenciamento da montagem dos pilares – Etapa 1.....	214
Figura 6.12	Plano de seqüenciamento da montagem das vigas – Etapa 1.....	214
Figura 6.13	Plano de seqüenciamento da montagem das telhas – Etapa 1.....	215
Figura 6.14	Plano de seqüenciamento dos pilares, vigas e painéis – Etapa 3.....	216
Figura 6.15	Plano de seqüenciamento da cobertura (vigas e telhas) – Etapa 3.....	217
Figura 6.16	Quadro resumo de montagem em pequeno lote – Etapa 1.....	218
Figura 6.17	Quadros resumos de montagem em pequeno lote – Etapas 2 e 3.....	220
Figura 6.18	Linha de Balanço da Etapa 3.....	221
Figura 6.19	Quadro de tempos de montagem.....	222
Figura 6.20	Quadro de fluxo de descarga e montagem na obra – Etapa 1.....	223
Figura 6.21	Quadro do ciclo de transporte – Etapa 1.....	224
Figura 6.22	Avanço físico da montagem dos pilares, vigas e telhas na Etapa 1.....	226
Figura 6.23	Avanço físico da montagem dos pilares na Etapa 2.....	227
Figura 6.24	Aderência da montagem dos pilares em relação ao lote planejado na etapa 1.....	228
Figura 6.25	Aderência da montagem das vigas em relação ao lote planejado na etapa 1.....	230
Figura 6.26	Número de telhas montadas por dia na etapa 1.....	231
Figura 6.27	Evidências da redução do tamanho do lote na montagem da estrutura na etapa 1.....	232
Figura 6.28	Relação entre viagens solicitadas e realizadas (em quantidade).....	236
Figura 6.29	Relação entre viagens solicitadas e realizadas (de acordo com o plano, atrasadas e adiantadas).....	237

Figura 6.30	Percentual de Viagens Executadas Conforme Plano (PVECP)	238
Figura 6.31	MFV do processo de montagem da obra C.....	240
Figura 6.32	Aumento da produtividade na obra C.....	242
Figura 6.33	Exemplo de definição do lote unitário para obras tipo galpão.....	247
Figura 6.34	MFV simplificado atual do processo projeto na empresa	252
Figura 6.35	MFV simplificado futuro do processo de projeto na empresa	256
Figura 6.36	Mapa do Fluxo de Valor com ênfase no projeto – 1/2.....	258
Figura 6.37	Mapa do Fluxo de Valor com ênfase no projeto – 2/2.....	259
Figura 6.38	Cálculo do Tempo de Realização das Atividades	263
Figura 6.39	Mapa de Fluxo de Valor futuro para o projeto	266
Figura 6.40	Obra dividida conforme prazo de entrega.....	270
Figura 6.41	Primeira divisão da obra em lotes de projeto de DI	272
Figura 6.42	Divisão final da obra em lotes de projeto de DI.....	273
Figura 7.1	Hierarquia de níveis de análise do fluxo de valor.....	281
Figura 7.2	Conjunto de processos sincronizados na Linha de Balanço.....	286
Figura 7.3	Seqüência de implementação de ferramentas no contexto de obras de edificações	290
Figura 7.4	Seqüência de implementação de ferramentas no contexto de obras de estruturas de concreto pré-moldadas	299
Figura 7.5	Mapa conceitual do fluxo contínuo.....	301

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1	Método de gerenciamento 5M's (TAKAHASHI; OSADA, 1993).....	81
Quadro 4.1	Caracterização das obras B e C.....	128
Quadro 4.2	Coleta de dados.....	135
Quadro 4.3	Caracterização das obras D e E (projeto).....	137
Quadro 5.1	Informações utilizadas para gerar a Linha de Balanço.....	156
Quadro 5.2	Análise das perguntas-chave.....	163
Quadro 6.1	Memória de cálculo do Tempo de Agregação de Valor – Obra B.....	200
Quadro 6.2	Memória de cálculo do Tempo de Agregação de Valor – Obra C.....	241
Quadro 7.1	Diretrizes para a implementação do Planejamento e Controle da Produção no contexto de obras de edificações.....	284
Quadro 7.2	Diretrizes para a adaptação das ferramentas da Mentalidade Enxuta ao contexto das obras de edificações.....	288
Quadro 7.3	Diretrizes para a implementação do PCP no contexto de obras de estrutura pré-fabricadas de concreto.....	296

1 INTRODUÇÃO

O contexto ao qual o trabalho está inserido, a justificativa da pesquisa e os objetivos da tese são apresentados neste capítulo. Além disso, apresenta-se o resumo do método de pesquisa utilizado e a estrutura do trabalho.

1.1 CONTEXTO

Numa perspectiva histórica, a gestão da produção passou por diversos estágios, ao longo dos quais diferentes modelos¹ de gestão foram desenvolvidos e aperfeiçoados. Iniciou-se pela produção artesanal, na qual os artesões, em suas oficinas, eram trabalhadores independentes que vendiam o produto do seu trabalho (ARRUDA, 1984). A substituição das oficinas pelas manufaturas e do artesão pelo trabalhador assalariado, marca o início do capitalismo propriamente dito (ARRUDA, 1984).

¹ Modelo neste trabalho está se referindo às tentativas de generalização de sistemas de produção reais.

A primeira forma de capitalismo instalada foi a comercial, na qual a maior parcela dos lucros se concentrava nas mãos dos comerciantes (ARRUDA, 1984). Evolutivamente passou-se para o capitalismo industrial e, nesta fase, o trabalho assalariado instala-se definitivamente, fazendo diminuir a parcela de artesões independentes e donos dos seus próprios meios de produção (ARRUDA, 1984).

Vieram as revoluções industriais. A Primeira Revolução Industrial, com a intensa mecanização da indústria baseada na divisão do trabalho, resultou no aumento da produtividade global das fábricas (ANTUNES JR., 1998). O surgimento da divisão do trabalho é um marco no desenvolvimento dos modelos de gestão, pois trouxe grandes benefícios nas fábricas, tais como simplificação do treinamento dos novos trabalhadores, facilidade de mecanização, simplificação do controle da qualidade pela simplicidade e repetição das operações, e aumento nas taxas de utilização das máquinas e ferramentas (SHINGO, 1996b).

Esses benefícios tiveram um impacto profundo na indústria e possibilitou o surgimento da Segunda Revolução Industrial, caracterizada pela substituição do ferro pelo aço como material básico e do vapor pela eletricidade e pelos derivados do petróleo, como principais fontes de energia (ANTUNES JR., 1998). A divisão do trabalho foi, também, a peça chave para a constituição da Administração Científica e do posterior Sistema de Produção em Massa.

Na Administração Científica, surgida das experiências de Frederick W. Taylor, entre outros, criou-se a divisão técnica do trabalho, não apenas no âmbito da produção, mas também uma clara divisão entre as tarefas de planejamento e controle, de um lado, e de execução da produção, do outro (ANTUNES JR., 1998). Neste período surgiu a administração por tarefa, na qual se especifica o que deve ser feito e, também, como fazê-lo, além do tempo exato concebido para a execução das tarefas através do seu planejamento cuidadoso.

A principal aplicação da Administração Científica foi, certamente, o Sistema de

Produção em Massa, iniciada na indústria automobilística, desenvolvida principalmente por Henry Ford. Esse sistema tinha como principal característica se trabalhar com grandes estoques, desde matérias primas até o produto acabado e, também, produzir grandes quantidades de poucos tipos de produtos (WOMACK *et al.*, 1992).

A produção em massa foi desenvolvida a partir de algumas práticas adotadas por Ford, dentre as quais se destacam a padronização das medidas por todo processo, a intercambiabilidade, a simplificação das tarefas e, por fim, a introdução da linha de montagem móvel. Com relação à mão-de-obra, Ford aplicou a idéia da divisão do trabalho a suas ultimas conseqüências, não apenas ao nível operacional, mas também ao nível gerencial (WOMACK *et al.*, 1992).

Como parte da evolução histórica dos modelos de gestão da produção, existiram algumas inovações radicais, conhecidas como mudanças nos paradigmas da produção. O termo paradigma surgiu a partir da obra de Thomas Kuhn e é bastante usado para descrever o progresso das descobertas científicas na prática. Segundo Kuhn² (1962) *apud* Easterby-Smith *et al.* (1999) na maior parte do tempo a ciência progride por meio de pequenos passos, os quais refinam e ampliam aquilo que já é conhecido. O mesmo autor comenta que os grandes avanços científicos não são produzidos pela aplicação lógica e racional de métodos científicos, mas resultam do pensamento independente e criativo, que sai dos limites das idéias existentes, tendo como resultado uma revolução científica, que, não apenas fornece novas teorias, mas também podem alterar radicalmente a forma que as pessoas vêem o mundo. Embora o termo paradigma seja usado originalmente para atividades científicas, é também utilizado em outros contextos para descrever mudanças radicais, como, por exemplo, na gestão da produção (KOSKELA, 2000).

² KUHN, T. S. **The Structure of Scientific Revolutions**, Chicago: University of Chicago Press, 1992.

Num primeiro momento observa-se a inexistência de qualquer paradigma da gestão da produção. Antunes Jr. (1998) chamou esse período de pré-paradigmático no qual várias concepções sobre a forma de gerir a produção foram desenvolvidas, coexistindo lado a lado. A Administração Científica, com o posterior Sistema de Produção em Massa, fez surgir o primeiro paradigma da gestão da produção (Fordismo-Taylorismo), em que o trabalho concebido empiricamente pelos operários foi substituído pelos padrões desenvolvidos a partir de estudos dos tempos e movimentos, como, por exemplo, aqueles desenvolvidos por Taylor e pelo casal Gilbreth (ANTUNES JR., 1998). Segundo Antunes Jr. (1998), esse primeiro paradigma pode ser caracterizado por elementos concretos, tais como: alta produtividade, menores custos e maiores salários; a proposição da divisão do trabalho a partir da lógica de um homem em um posto realizando uma tarefa; a proposta de especialização das tarefas gerenciais; e o uso de grandes estoques de matérias primas, material em processo e produtos acabados.

Por volta da década de 1960 observaram-se profundas mudanças em diversas atividades industriais, principalmente referentes a inovações gerenciais e organizacionais, como, por exemplo, o *just-in-time*, a gestão da qualidade total, engenharia simultânea, entre outras abordagens (BARTEZZAGHI, 1999). Essas mudanças no âmbito interno das organizações foram induzidas por alterações no ambiente de negócios, tais como aumento da competição, desenvolvimento tecnológico e mudanças nas relações industriais. Segundo Bartezzaghi (1999), essas mudanças foram tão radicais que sugerem uma quebra de paradigma.

No que diz respeito às mudanças internas, os elementos consolidados no Fordismo-Taylorismo foram dando lugar a novas idéias, como, por exemplo: maior participação da força do trabalho nas decisões; grande esforço pela eliminação de perdas, incluindo redução de estoques da produção e sistemas de produção flexíveis e eficientes (BARTEZZAGHI, 1999). Essas idéias surgiram a partir das experiências práticas observadas na *Toyota Motor Corporation*, cuja reunião é freqüentemente denominada de Sistema Toyota de Produção (OHNO, 1997; SHINGO, 1996a;

MONDEN, 1993) e Produção Enxuta (WOMACK *et al.* 1992).

No começo da década de 1990, com o impacto do trabalho de Womack *et al.* (1992), alguns autores passaram a defender a idéia de que existe uma clara indicação de que a Produção Enxuta, baseada no Sistema Toyota de Produção, constituía-se no novo paradigma predominante da gestão da produção, sendo possível aplicar este conjunto de idéias a qualquer tipo de atividade (BARTEZZAGHI, 1999). Contudo, existe um questionamento se a Produção Enxuta é realmente o novo paradigma. No trabalho de Bartezzaghi (1999) são discutidos os pontos de vista de diversos autores, sendo que é apontada como dificuldade para compreensão das novas experiências o fato destas serem apresentadas apenas como ferramentas práticas de gestão, num nível pouco abstrato.

Entretanto, é inegável que existe na indústria da manufatura ocidental uma corrida no sentido de implementar as práticas desenvolvidas na Toyota em outros setores (LIKER, 2004; SPEAR e BOWEN, 1999; WOMACK *et al.*, 1992). Womack e Jones (1996), em seu livro *Mentalidade Enxuta*, propõem uma abordagem orientada para implementação da Produção Enxuta em empresas, que é resumida em cinco princípios básicos: entender as necessidades do cliente, analisar o desperdício nas etapas de produção, implementar o fluxo, puxar a produção e melhorar continuamente.

No ambiente da construção civil, a aplicação da Produção Enxuta também vem sendo estudada, principalmente por um grupo de pesquisadores e profissionais participantes do IGLC³ (Grupo Internacional pela Construção Enxuta). Entretanto, para transferir as idéias básicas da Produção Enxuta para a construção civil, existe a necessidade de abstração, por meio de seus conceitos e princípios, já que, para contextos diferentes, a simples cópia de experiências não é eficaz (LILRANK, 1995). Em que pese o avanço alcançado pelas pesquisas voltadas para a aplicação das

³ O IGLC tem a seguinte *homepage*: <http://www.iglc.net>

idéias do STP na construção civil, a literatura aponta ainda muitas lacunas de conhecimento, dentre as quais se citam as implementações isoladas de alguns elementos da gestão, como, por exemplo, o planejamento e controle da produção (PCP).

O presente trabalho se insere numa linha de trabalho que têm buscado a implementação dos princípios da Mentalidade Enxuta na indústria da construção. Esse enfoque vem sendo explorado pelos estudos do Grupo de Pesquisa e Extensão em Gestão e Tecnologia em Edificações (GTE) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Neste grupo vem sendo dado destaque ao estudo do fluxo de valor da cadeia produtiva, seja de processos administrativos ou de processos de produção, tendo como ponto de partida o mapeamento do fluxo de valor (FONTANINI, 2004; REIS, 2004; SAMANIEGO *et al.*, 2006).

1.2 JUSTIFICATIVA

Um dos princípios fundamentais da Mentalidade Enxuta diz respeito à implementação de fluxo contínuo nos processos de produção (WOMACK e JONES, 1996). Segundo Rother e Shook (1999), criar fluxo contínuo significa produzir uma peça de cada vez, sendo que cada item é passado de um dado processo para o seguinte sem interrupção entre eles, ou seja, cada processo executa apenas o que é exigido pelo processo seguinte, sem geração de estoque (LIB, 2003).

Contudo, as interrupções no fluxo de trabalho são bastante comuns na produção, tanto nas indústrias manufatureiras quanto na construção civil. Segundo Takahashi e Osada (1993) essas interrupções podem ocorrer devido aos seguintes motivos:

- Variações da capacidade de produção nos postos de trabalho;
- Longo tempo de montagem ou preparação para troca de peças produzidas –

tempo de *setup*;

- Desequilíbrio entre as cargas de trabalhos de dois processos consecutivos faz com que o estoque de materiais em processamento aumente ou as linhas subseqüentes fiquem paralisadas;
- Ocorrência de muitos defeitos de qualidade;
- Existência de muitos problemas de quebra de equipamentos com um índice de tempo ou de freqüência de reparos elevado;
- Falta de pessoal (absenteísmo) ou o gerenciamento ineficaz de pessoal pode ter efeitos negativos diretos;
- Equipamentos ou comportamento que não obedecem às regras de segurança.

Em função destes problemas, existe a necessidade da manutenção de grandes estoques na produção, principalmente os referentes a estoque em processo (*work-in-progress*). Como os sistemas de produção são instáveis, incertos e com problemas de gestão de recursos, são necessários estoques para proteger a produção e que escondem problemas que, na realidade, deveriam aparecer para serem resolvidos.

A implementação do fluxo contínuo pode também ser vista como um mecanismo indutor de melhoria de todo o sistema de produção. De fato, Liker (2004) apresenta os seguintes benefícios decorrentes da obtenção do fluxo contínuo:

- Aumenta qualidade: o operador deve ter o papel de inspetor e trabalhar para resolver problemas em sua estação antes de passá-la para a próxima. Assim, os defeitos que não forem notados e passarem adiante são detectados rapidamente e o problema pode ser diagnosticado e corrigido rapidamente;

- Cria flexibilidade real: ao se reduzir o tempo de ciclo e o tamanho do lote, é muito mais fácil atender a mudanças ou variações de demanda;
- Aumenta produtividade: em células de fluxo unitário de peças, consegue-se eliminar atividades que não agregam valor, como, por exemplo, deslocamento de material. Outro fator é que rapidamente se percebe os operários que estão ociosos e os que estão sobrecarregados;
- Libera espaço: numa célula todos os equipamentos ficam perto uns dos outros e reduz-se o espaço ocupado com estoques;
- Aumenta a segurança: a adoção de lotes menores elimina a necessidade de equipamentos pesados de movimentação de materiais. Como os recipientes a serem erguidos e movimentados são menores, diminui a probabilidade de ocorrer acidentes nessas atividades;
- Estimula a moral: no fluxo unitário de peças as pessoas executam muito mais trabalho com agregação de valor e podem imediatamente observar o resultado do seu trabalho, o que tende a criar um senso de realização e a aumentar a satisfação do trabalho; e
- Reduz o custo do estoque: libera o capital para outros investimentos, já que diminui a quantidade total de estoques na fábrica.

Rother e Shook (1999) e Rother e Harris (2002) propuseram um modelo de implementação de fluxo contínuo para empresas de manufatura, que é dividido nas seguintes etapas: (a) mapeamento do fluxo de valor do processo e de uma proposta de mudança no mesmo; (b) balanceamento das operações do trabalhador, uso de células de trabalho e introdução de sistema de controle de produção puxado; (c) uso do trabalho padronizado; e (d) melhoria contínua.

Entretanto, implementar fluxo em empresas de manufatura não é algo trivial e

envolve uma série de ações no chão de fábrica e, principalmente, mudanças de comportamento de todos os envolvidos, desde produção até a diretoria da empresa (LIKER, 2004).

Na construção civil existem diversos trabalhos que chamam a atenção sobre a necessidade de se gerenciar os fluxos de produção nos canteiros de obras (KOSKELA, 1992; 1997; 2000; SANTOS, 1999). Contudo, existe neste setor um inadequado entendimento da natureza destes fluxos pelos gestores (KOSKELA, 1992), em parte porque alguns dos conceitos envolvidos na implementação do fluxo contínuo na manufatura necessitam de adaptações. De fato, a implementação de fluxo contínuo na construção é ainda entendida de forma fragmentada (PICCHI e GRANJA, 2004).

1.3 QUESTÕES E OBJETIVOS DA PESQUISA

O grande desafio deste trabalho é estudar a implementação do fluxo contínuo na construção, a partir de um maior aprofundamento conceitual no sentido de entender os conceitos e princípios básicos utilizados no Sistema Toyota de Produção, para que o princípio de criar fluxo contínuo possa ser aplicado com eficácia na indústria da construção. Em função disso, o presente trabalho pretende responder a seguinte questão de pesquisa: como implementar fluxo contínuo nos processos de produção da construção civil a partir de conceitos e ferramentas da Mentalidade Enxuta?

A partir da questão principal foram definidas as seguintes questões intermediárias:

1. Quais as etapas necessárias para a implementação do fluxo contínuo nos processos produtivos da construção civil?
2. Que adaptações são necessárias nos conceitos e ferramentas da Mentalidade Enxuta para que possam ser usados na implementação do fluxo contínuo na

construção civil?

Estas questões foram posteriormente refinadas e desdobradas à medida que foram desenvolvidos os estudos empíricos, sendo que as mesmas deram origem também a um conjunto de proposições.

O objetivo geral do trabalho é propor diretrizes para a implementação de fluxo contínuo em obras de construção civil, baseado nos conceitos e princípios da Mentalidade Enxuta. Além do objetivo geral, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- a) Propor adaptações dos conceitos da Mentalidade Enxuta ao ambiente da construção civil;
- b) Identificar ferramentas, além daquelas sugeridas na Mentalidade Enxuta, que podem apoiar a implementação do fluxo contínuo na construção civil;
- c) Estabelecer conexões entre conceitos, princípios e ferramentas envolvidos na implementação do fluxo contínuo; e
- d) Propor indicadores para avaliar a eficácia e o impacto da implementação do fluxo contínuo na construção civil.

1.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

As principais delimitações da pesquisa referem-se aos contextos nos quais foram desenvolvidos os estudos empíricos. Foram desenvolvidos dois estudos em obras de edificações convencionais, de caráter repetitivo e dois outros estudos em uma empresa que atuava na concepção, fabricação e montagem de estruturas pré-fabricadas de concreto. Assim, as características de vários outros contextos

existentes no setor da construção civil não foram consideradas.

1.5 RESUMO DO MÉTODO DE PESQUISA

Nesta tese, adotou-se a pesquisa-ação como estratégia de pesquisa. O estudo foi dividido em três grandes etapas. Na primeira etapa foi definido o escopo da pesquisa, existindo uma forte interação entre essa definição e a revisão bibliográfica. Nesta etapa foi realizado um estudo de caso exploratório, num canteiro de obras na cidade de Natal - RN.

A segunda etapa, denominada de desenvolvimento da pesquisa, envolveu três estudos nos quais foram realizadas intervenções em empresas de construção, voltadas à implementação de fluxo contínuo. Ao longo de cada estudo empírico, houve vários ciclos de aprendizagem, típicos da pesquisa-ação. Na terceira etapa da pesquisa foram realizadas a análise final dos resultados e as reflexões acerca do processo de implementação, com o intuito de consolidar as diretrizes propostas e outras contribuições da pesquisa.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em oito capítulos. O primeiro consiste na introdução, na qual são apresentados a justificativa da pesquisa, as questões e objetivos da tese e o resumo do método de pesquisa.

No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica referentes à origem e às propostas de generalização conceitual do Sistema Toyota de Produção. No terceiro capítulo, também de revisão bibliográfica, são apresentados os fundamentos da gestão da produção no que diz respeito à implementação do fluxo contínuo.

No quarto capítulo é apresentada uma descrição detalhada do método de pesquisa utilizado, incluindo a estratégia de pesquisa, o delineamento e a descrição das etapas da pesquisa e fontes de evidência.

O quinto capítulo descreve os dois estudos empíricos realizados em obras de edificações, enquanto o sexto capítulo apresenta os estudos referentes a obras de estruturas pré-moldadas de concreto.

No sétimo capítulo, os resultados da pesquisa são discutidos, incluindo as diretrizes para a implementação do fluxo contínuo e as contribuições conceituais da pesquisa.

Finalmente, no oitavo capítulo são apresentadas as conclusões e as sugestões para futuros estudos.

2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO: ORIGEM E TENTATIVAS DE GENERALIZAÇÃO

Nesse capítulo são apresentadas as origens e as tentativas de generalização das idéias do Sistema Toyota de Produção (STP), por meio de uma discussão baseada na bibliografia sobre o tema. Discutem-se inicialmente as idéias de Ohno (1997) e Shingo (1996a; 1996b), e, após, a Mentalidade Enxuta (WOMACK; JONES, 1996), que foi utilizada com referência principal nesta tese, o DNA do Sistema Toyota de Produção (SPEAR; BOWEN, 1999) e o Modelo Toyota de Liker (2004). Uma boa parte da bibliografia usada neste capítulo não consiste propriamente de publicações acadêmicas, mas são livros e manuais que foram escritos por profissionais que tiveram contato direto com a implementação destas idéias. Isto se deve à forma como o STP foi concebido, num longo processo de tentativa e erro, que só recentemente passou a ser estudado por acadêmicos (KOSKELA, 2000).

2.1 ORIGEM DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

O STP nasceu da necessidade de reduzir custos, num desafio feito pelo presidente da *Toyota Motor Company*, Kiichiro Toyoda, ao engenheiro de produção Taiichi Ohno (OHNO, 1997, pág. 25): "alcancemos os Estados Unidos em três anos ou a indústria

automobilística do Japão não sobreviverá”. Alcançar os Estados Unidos era aumentar a produtividade dos trabalhadores japoneses em nove vezes, já que existiam informações de que a razão entre as forças de trabalho americana e japonesa era de um para nove (OHNO, 1997).

Taiichi Ohno refletiu sobre isso e se fez o seguinte questionamento: “será que um americano poderia realmente exercer nove ou dez vezes mais esforço físico? Por certo os Japoneses estavam desperdiçando alguma coisa. Se pudéssemos eliminar o desperdício, a produtividade deveria decuplicar. Foi essa idéia que marcou o início do atual Sistema Toyota de Produção” (OHNO, 1997, pág. 25).

Shingo (1996a; 1996b) explica o ponto de partida para o desenvolvimento do STP pelos princípios do não-custo e a lógica das perdas⁴. Antes da crise do petróleo, as empresas determinavam o preço dos produtos por meio da seguinte relação (SHINGO, 1996a):

$$\text{Custo} + \text{Lucro} = \text{Preço de Vendas} \quad (2.1)$$

Nesta visão, as possíveis ineficiências dos sistemas de produção são repassadas aos clientes por meio do aumento do preço de venda e o lucro deve ser suficientemente alto para cobrir as possíveis perdas (SHINGO, 1996a). Essa relação, chamada de princípio de custo, após a crise do petróleo, em que a demanda passou a ser marcada pela exigência de produtos cada vez mais diferenciados, de qualidade superior, prazos de entrega cada vez mais reduzidos e preços compatíveis, passou a ser insustentável (SHINGO, 1996b).

⁴ Em japonês usa-se o termo *muda*, que foi traduzido para o inglês por *waste* e para o português por desperdício. Na literatura na área da construção civil usa-se bastante o termo perda, sendo que alguns autores fazem uma diferenciação conceitual entre desperdício e perda. Contudo, neste trabalho se usará a palavra perdacom o mesmo significado de desperdício.

No STP a relação é diferente (SHINGO, 1996a; 1996b):

$$\text{Preço de Venda} - \text{Custo} = \text{Lucro} \quad (2.2)$$

Esta relação pressupõe que o preço de venda é determinado pelo mercado e o lucro é o que resta depois de subtrair os custos. Portanto, segundo Shingo (1996), a única forma de aumentar o lucro é por meio da redução dos custos, devendo ser dada alta prioridade às atividades relacionadas à redução de custos. Shingo (1996) argumenta que qualquer empresa pode fazer um esforço para eliminar perdas, mas enquanto esta operar adicionando lucros ao custo para determinar preço, o impacto deste esforço é limitado. Somente quando a redução de custos se torna o meio para manter ou aumentar lucros, cria-se a motivação na empresa para eliminar continuamente o desperdício (SHINGO, 1996a).

A lógica das perdas proposta por Shingo (1996a, 1996b) tem uma conotação diferente da visão tradicional de perdas, que é normalmente relacionada com desperdícios de matéria-prima e com a ineficiência da mão-de-obra. Na visão de Shingo, a redução de perdas relaciona-se à crescente necessidade de se reduzir custos (princípio do não-custo) e admite-se que sua minimização é obtida por meio da racionalização do emprego de todos os recursos de produção (materiais, mão-de-obra, máquinas e tempo). Toda a redução de recursos, que resulta em custos menores, é alcançada por meio da eliminação da parcela de recursos desnecessários, em outras palavras, as perdas (GHINATO, 1996). Isto implica melhorias em todo o processo de produção através, por exemplo, da redução do tempo de execução dos produtos e aumento da sua qualidade (GHINATO, 1996).

Neste contexto, foi identificado também um tipo de desperdício bastante peculiar, chamado de desperdício por superprodução, que pode ser dividido em dois tipos diferentes: quantitativo e antecipado (SHINGO, 1996a). O desperdício por superprodução quantitativa consiste na produção acima do volume programado ou requerido, enquanto o por superprodução antecipada resulta da produção realizada

antes do momento necessário (SHINGO, 1996a).

Como o mercado interno no Japão tinha uma reduzida demanda, a estratégia de Produção em Massa, através da fabricação em grandes lotes não era viável, e a alternativa lógica foi o desenvolvimento de um sistema produtivo baseado na fabricação de pequenos lotes capaz de fazer frente aos ganhos proporcionais pela produção em larga escala (GHINATO, 1996). Guinato (1996) resume o início do desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção por meio da convicção de que a estratégia de Produção em Massa não era aplicável às condições do mercado japonês e que havia perdas intrínsecas no sistema de produção adotado pelas empresas japonesas.

O STP foi desenvolvido ao longo de décadas, por meio de um processo de tentativa e erro (FUJIMOTO⁵, 1999 *apud* PICCHI, 2003; LILRANK, 1995). Nessa mesma linha, Spear e Bowen (1999) argumentam que o sistema emergiu naturalmente do funcionamento da empresa e, em consequência disso, nunca foi formalizado e, até mesmos os funcionários da empresa têm dificuldade em explicá-lo de forma articulada.

Assim, o Sistema Toyota de Produção nasceu da experiência prática na *Toyota Motor Company* na tentativa de sobrevivência da indústria automobilística japonesa. Pode ser considerado como a primeira tentativa de generalização conceitual da experiência prática da *Toyota Motor Company*.

2.2 GENERALIZAÇÃO CONCEITUAL DO STP

Em função da dificuldade de entender o STP e adaptá-lo para outros contextos (LILRANK, 1995), alguns autores propuseram descrições abstratas do mesmo, por

⁵ FUJIMOTO, T. **The evolution of a manufacturing system at Toyota**. New York: Oxford University Press, 1999.

meio de elementos considerados como essenciais para seu entendimento, com o intuito de tentar explicitar essa experiência de forma cada vez mais estruturada. Na Figura 2.1 está apresentada a estrutura utilizada para discutir as diferentes abordagens, as quais seguem uma ordem cronológica. Salienta-se que as abordagens mencionadas têm objetivos similares, ou seja, explicar ou generalizar a experiência da *Toyota Motor Company*.

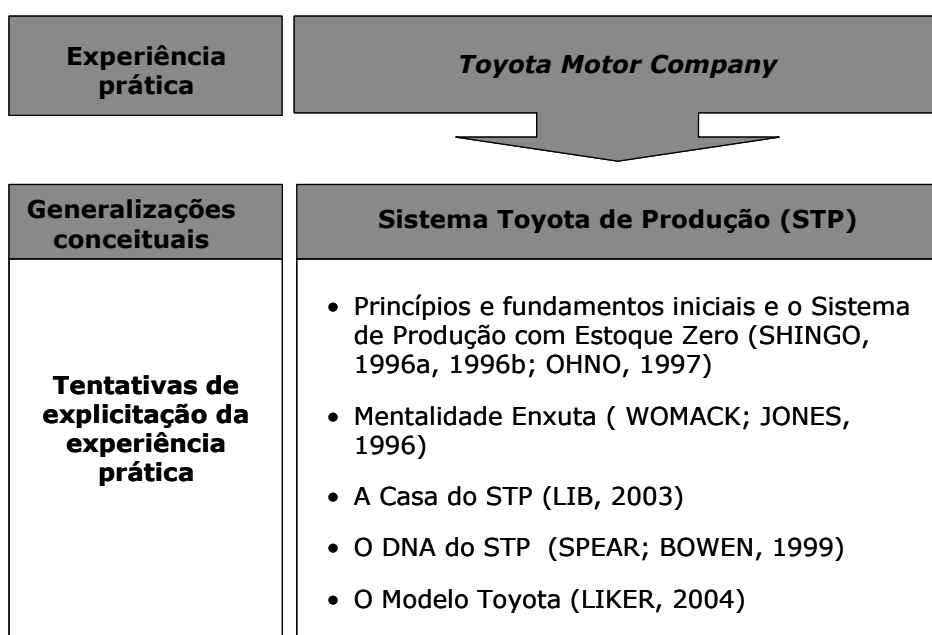


Figura 2.1 Generalização conceitual das experiências da Toyota

2.3 FUNDAMENTOS E PRINCÍPIOS ESTABELECIDOS POR OHNO (1997) E SHINGO (1996A; 1996B)

Os fundamentos e princípios do STP são propostos por Ohno (1997) no livro "O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala" e Shingo (1996a; 1996b), nos livros "O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia da produção" e "Sistemas de Produção com Estoque Zero: o sistema Shingo para melhoria contínua". Os autores trabalharam na *Toyota Motor Company* e são considerados como os principais idealizadores do sistema.

Ohno (1997) apresenta uma evolução da história do desenvolvimento do STP, apresentando como marco a introdução do *just-in-time*, automação e troca rápida de ferramentas, definidos como (OHNO, 1996):

- *Just-in-time* (JIT): um processo em que os itens necessários chegam à linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária. Neste sentido, os estoques na produção são considerados como um mal absoluto que precisa ser totalmente eliminado do processo (SHINGO, 1996b).
- Automação: significa automação com um toque humano, ou seja, referem-se a máquinas acopladas a um dispositivo de segurança de parada automática. Esses dispositivos permitiram que os homens fossem separados das máquinas, as quais apenas em caso de anormalidade recebem a atenção humana. Essa ideia foi desenvolvida, em 1926, por Sakichi Toyoda com a invenção de uma máquina de tecer auto-ativada na Toyoda *têxtil*.
- Troca Rápida de Ferramentas (TRF): refere-se a uma abordagem para a redução de tempo de *setup*⁶. Shingo (1996a) comenta que introdução da TRF permitiu a redução do tempo de *setup* de horas para poucos minutos. Tradicionalmente as trocas de ferramentas eram feitas por especialistas e duravam várias horas, acarretando uma longa parada na produção (SHINGO, 1996a). A TRF foi perseguida pelos engenheiros de produção e consistiu no requisito absoluto na fábrica Toyota, exigindo o intenso treinamento de operários (SHINGO, 1996a). Por fim, obteve-se a redução drástica dos tempos de *setup*, o que contribuiu para viabilizar a redução dos lotes de produção, reduzindo assim a perda por superprodução antecipada (SHINGO, 1996a). Segundo Shingo (1996a), o *just-in-time* não teria sido desenvolvido caso a TRF não existisse.

Ohno (1997) e Shingo (1996a, 1996b) consideram o *just-in-time* e a automação como sendo os pilares de sustentação do STP. Além disto, na visão de Ohno (1997), o STP está ligado ao uso de elementos considerados chaves, tais como: metas claras, habilidades individuais, trabalho em equipe, sincronização da produção e mudanças comportamentais. O mesmo autor também salienta alguns elementos complementares que possibilitaram a evolução do sistema, como, por exemplo, a técnica dos 5 porquês e a análise total dos desperdícios.

Na tentativa de explicitar essas idéias de forma mais estruturada, Shingo (1996a) faz uma apresentação do STP sob o ponto de vista da engenharia da produção, descrevendo este sistema por meio da adoção do princípio do não-custo, da eliminação de desperdícios e da aplicação de um conjunto de fundamentos de controle de produção, relacionados a:

- Baixas taxas de utilização das máquinas: os trabalhadores passaram a operar várias máquinas (operações multi-máquinas), existindo a possibilidade das máquinas esperarem pelo operador, o que pode resultar em ociosidade das mesmas. Aparentemente um problema, esse fundamento relaciona-se à flexibilidade que o sistema passa a ter, em caso de aumento de demanda, sendo financeiramente viável pela compensação que existe em função da redução dos estoques. Além disto, como o sistema pode operar com a capacidade da máquina ociosa, equipamentos mais baratos e de menor capacidade podem ser adquiridos;
- Detecção de problemas: as máquinas são equipadas, sempre que possível, para detectar problemas de produção. Quando isto acontece, param imediatamente e indicam o tipo de problema por meio de dispositivos visuais.

⁶ Tempo de *setup* é definido como o tempo decorrido na troca do processo de produção de um lote até a produção da primeira peça boa do próximo lote (SLACK *et al.*, 1997)

Quando a linha é interrompida, um *andon*⁷ (painel indicativo) acende informando a todos da área o tipo de problema e onde este ocorreu.

Além do princípio do não-custo e da preocupação com a eliminação de perdas, comentados anteriormente, Shingo (1996b) também usa o Mecanismo da Função Produção (MFP) para explicar o STP. O MFP considera os sistemas de produção como uma rede funcional de processos e operações. Os processos referem-se ao fluxo de materiais (produto) de um trabalhador para outro, ou seja, os estágios pelos quais a matéria-prima se move até se tornar um produto. As operações referem-se ao estágio distinto no qual um trabalhador pode trabalhar em diferentes produtos, isto é, existe um fluxo humano temporal e espacial, que é firmemente centrado no trabalhador (SHINGO, 1996b). Em outras palavras estabelece uma clara separação entre o sujeito e o objeto no sistema de produção.

Shingo (1996b) define os quatro estágios distintos no fluxo de transformação de matérias-primas em produtos:

- a) Processamento: uma mudança física no material ou na sua qualidade (montagem ou desmontagem);
- b) Inspeção: comparação com um padrão estabelecido;
- c) Transporte: movimento de materiais ou produtos, ou seja, mudanças nas suas posições; e
- d) Espera: período de tempo durante o qual não ocorre nenhum processamento, inspeção ou transporte. Pode ser classificado em espera no processo (o lote inteiro aguarda o término da operação que está sendo executada no lote

⁷ O *andon* é um controle visual que transmite informações importantes e sinaliza a necessidade de ação imediata por parte dos supervisores.

anterior) e espera de lote (quando cada peça componente de um lote espera até que todas as peças do lote tenham sido processadas).

Segundo Shingo (1996), as operações são classificadas em:

- a) Operações de *setup*: preparação antes e depois das operações, tais como remoção e ajustes de matrizes e ferramentas;
- b) Operações principais: execução do trabalho necessário. Pode ser dividida em duas subcategorias: operações essenciais (correspondem aos pontos da rede em que as operações e os processos se encontram no tempo e espaço) e auxiliares (constituem-se na execução de atividades que se encontram imediatamente antes e depois da realização das operações essenciais);
- c) Folgas marginais ou não ligadas ao pessoal: são os tempos nos quais os operários não estão realizando qualquer operação e suas causas não estão ligadas à ação direta das pessoas;
- d) Folgas ligadas ao pessoal: não se relacionam à operação e são relativas às necessidades do operador.

Com base na conceituação de processos e operações, Shingo (1996a) sugere que a eliminação dos desperdícios se dá de duas formas: melhorias no processo e/ou na operação. Além do mais, Shingo (1996b) argumenta que existe necessidade de priorização das melhorias nos processos em relação às operações e, mais do que isto, afirma que apenas as atividades de processamento agregam valor ao produto, e que todas as outras atividades são desperdícios e devem ser eliminadas, sempre que possível.

O conceito do MFP promove um rompimento conceitual com a administração da produção de origem norte-americana representada por Taylor, Gilbreth e Ford, na qual os processos eram visualizados como um conjunto agregado de operações,

partindo do pressuposto que melhorias nas operações levam imediatamente a melhorias no processo (SHINGO, 1996b; ANTUNES JR., 1998).

Antunes Jr. (1998) argumenta que as origens históricas dos princípios básicos de construção do STP encontram-se enraizadas nas obras de Shingo e Ohno, mas que essas obras estão diretamente relacionadas com ações práticas efetivadas dentro das fábricas da Toyota. Ohno (1997), por exemplo, não faz diferenciação entre a natureza dos elementos que propôs serem chaves, ou seja, não os classificou como conceitos, princípios, ferramentas ou aspectos do comportamento humano. Shingo (1996a, 1996b) já apresenta uma proposta mais estruturada, na qual são contemplados princípios e fundamentos como conceitos básicos.

2.4 MENTALIDADE ENXUTA

Em seu primeiro livro, "A máquina que mudou o mundo", Womack *et al.* (1992) propuseram a expressão Produção Enxuta (*Lean Production*) como uma tentativa de generalizar o STP. Posteriormente, Womack e Jones (1996) estenderam o entendimento dos conceitos da Produção Enxuta às demais áreas da organização, ampliando seu enfoque inicial para sistemas de negócios das empresas. Esta ampliação da Produção Enxuta foi denominada de Mentalidade Enxuta (*Lean Thinking*) pelos referidos autores, que também apresentam, em seu segundo livro, uma abordagem orientada para sua implementação em empresas.

Outro fato importante relacionado à Mentalidade Enxuta é a existência de uma rede de *Lean Institutes* comprometida com sua disseminação. O *Lean Enterprise Institute*, dos EUA, é o pioneiro, sendo presidido por James Womack, enquanto a *Lean Enterprise Academy* da Inglaterra é presidida por Daniel Jones. Essa disseminação se dá pelo desenvolvimento de métodos de aplicação da Mentalidade Enxuta nas empresas, pela promoção de conferências e treinamentos. No Brasil, existe o *Lean Institute* Brasil, que promove cursos, eventos e também a venda de

publicações sobre o tema.

Os *Lean Institutes* dispõem de manuais de implementação, como, por exemplo, "Criando o fluxo contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção" (ROTHER; HARRIS, 2002) e "Aprendendo a enxergar" (ROTHER; SHOOK, 1999). Outra publicação importante é "Léxico *Lean*: glossário ilustrado para praticantes do pensamento *lean*", com o intuito de esclarecer alguns conceitos e facilitar a aplicação da Mentalidade Enxuta.

O enfoque operacional com que os princípios da Mentalidade Enxuta são apresentados, aliado ao esforço dos *Lean Institutes* em disseminar essas idéias, fazem dessa abordagem uma orientação para a implementação em empresas. Por esta razão, o presente trabalho adotou essa abordagem como referência conceitual principal para propor diretrizes para implementação do fluxo contínuo, inclusive utilizando como base os manuais de implementação propostos por Rother e Harris (2002) e Rother e Shook (1999).

2.4.1 Os princípios da Mentalidade Enxuta

Womack e Jones (1996) utilizam cinco princípios fundamentais para explicar a Mentalidade Enxuta: (a) especificação de valor, (b) alinhamento na melhor seqüência das ações que criam valor, (c) realização dessas atividades sem interrupção, (d) toda vez que alguém as solicita e (e) de forma cada vez mais eficaz. Estes princípios representam também um roteiro de implementação, sendo difundidos de forma sintetizada pelas seguintes expressões: valor, fluxo de valor, fluxo, puxar e perfeição.

– Valor

Segundo Womack e Jones (1996), o significado de valor está relacionado ao processo de identificação e satisfação das necessidades dos clientes finais, possibilitando o fornecimento de produtos que atendam a esses requisitos. Os mesmos autores afirmam que estas necessidades referem-se às exigências individuais ou sociais que devem ser satisfeitas por meio do consumo de bens e serviços.

Womack e Jones (1996) discutem também as dificuldades que as empresas têm em definir corretamente o valor para seus clientes, salientando que, por um lado, falta criatividade na definição do que deve ser produzido e, por outro lado, os clientes são pouco exigentes em relação ao produto a ser adquirido. Os mesmos autores apontam que ao definir seus produtos, muitas vezes as empresas adotam soluções simplistas – custo baixo, maior variedade de produtos e entrega imediata – em vez de estabelecer um diálogo com o cliente.

Um outro problema apontado por Womack e Jones (1996) diz respeito à distorção que existe entre as tecnologias e os ativos não depreciados preexistentes nas organizações e a definição de valor. Isso implica que muitas empresas estão produzindo o que sua estrutura física é capaz, ao invés de repensar o valor a partir da perspectiva do cliente. Os referidos autores concluem que a abordagem da Mentalidade Enxuta deve começar com a tentativa de definir precisamente valor em termos de produtos específicos com capacidades específicas oferecidas a preços específicos por meio do diálogo com o cliente.

– Fluxo de valor

Este princípio relaciona-se com a necessidade de identificar o processo de formação de valor, que pode ser relativo à cadeia produtiva, a uma fábrica ou a um processo de produção específico (WOMACK; JONES, 1996). Os referidos autores apontam os processos de desenvolvimento do produto, planejamento e produção como os principais na formação de valor.

Segundo Womack e Jones (1996), ao examinar o processo de formação de valor, deve-se separar dois tipos de atividades: (a) as que criam valor; e (b) as que não criam valor, consideradas como desperdício. As atividades que não geram valor podem ainda ser subdivididas em dois tipos, as que são essenciais ao processo sem uma mudança de método de trabalho (desperdício Tipo 1) e as que podem ser eliminadas facilmente do processo (desperdício Tipo 2).

Womack e Jones (1996) chamam a atenção para a necessidade de identificar o fluxo de valor inteiro para cada produto ou serviço, sugerindo que as empresas devem, além de analisar seus próprios processos, analisar os processos das demais empresas, inclusive as conseqüências de suas atividades internas nas demais empresas da cadeia de valor:

“... o pensamento enxuto precisa ir além da empresa e olhar o todo: o conjunto inteiro de atividades envolvido na criação e na fabricação de um produto específico, da concepção à sua disponibilidade, passando pelo projeto detalhado; da venda inicial à entrega, passando pelo registro do pedido e pela programação da produção, e da matéria-prima produzida distante e fora do alcance da empresa, até as mãos do cliente” (WOMACK; JONES, 1996, pág. 9).

A importância de se identificar o fluxo de valor, na visão de Womack e Jones (1996)

está relacionada à premissa de que, se as atividades necessárias para criar, pedir e produzir um produto não podem ser identificadas e analisadas, essas atividades não podem ser questionadas, melhoradas e talvez até eliminadas.

– Fluxo contínuo

Após a identificação da cadeia de valor e a análise de todo o processo de formação de valor, desde a produção das matérias primas até os serviços prestados após a venda dos produtos, deve-se introduzir modificações no processo de produção de forma que estes possam ocorrer em fluxo contínuo (WOMACK; JONES, 1996).

Womack e Jones (1996) apontam algumas barreiras para se implementar fluxo, sendo a primeira a dificuldade em enxergar e compreender o fluxo de valor. Passada essa barreira inicial, os referidos autores salientam a ocorrência de problemas de natureza técnica: *layout* de fábricas organizadas por departamento; máquinas com grande capacidade de produção, pouca mobilidade e dificuldade de se adaptarem a mudanças na demanda; problemas de manutenção de equipamentos, entre outros.

Em função dessas dificuldades, Womack e Jones (1996) fazem algumas recomendações para a obtenção de fluxo contínuo: deve-se focalizar no objeto real (o projeto específico, o pedido específico, e o produto específico); ignorar as fronteiras tradicionais de tarefas, profissionais, funções (freqüentemente organizados por departamento) e empresas; e repensar as práticas e ferramentas específicas de trabalho, a fim de eliminar os retrofluxos⁸ e as paralisações. Na Mentalidade Enxuta, o conceito de fluxo contínuo deve ser estendido para a cadeia de valor da empresa, ou seja, para os processos de desenvolvimento do produto, planejamento e produção (WOMACK; JONES, 1996).

⁸ Fluxos em sentido contrário

A implementação de sistemas de produção com processos em fluxo contínuo causa impacto direto no *lead time* (WOMACK; JONES, 1996). De fato, o *just-in-time* apenas é possível com a redução desse tempo.

– Puxar

A capacidade de desenvolver, produzir e distribuir rapidamente seus produtos torna as empresas capazes de atender às necessidades dos clientes mediante solicitação (WOMACK; JONES, 1996). Isso permite inverter o fluxo produtivo: as empresas não mais empurram os produtos para o consumidor, mas este é que passa a puxar a produção, eliminando estoques de produtos acabados. Na abordagem da Mentalidade Enxuta o sistema de produção puxado significa que os processos posteriores sinalizam aos processos anteriores sobre suas necessidades de produção. Por meio deste sistema, tenta-se eliminar a perda por superprodução.

Womack e Jones (1996) chamam a atenção sobre a confusão que existe entre o mecanismo usado para puxar a produção, como, por exemplo, o cartão *kanban*, usado muitas vezes como sinônimo, equivocadamente, do planejamento e controle JIT, ou pior ainda, para todo o sistema JIT. O *kanban* é um método de operacionalizar o sistema de planejamento e controle puxado, sendo algumas vezes chamado de correia invisível, que controla a transferência de material de um estágio a outro da operação (SLACK *et al.*, 1997).

– Perfeição

A perfeição está relacionada com a melhoria contínua (*kaizen*), por meio do constante esforço de todos os envolvidos no sistema na redução de qualquer tipo de desperdício (WOMACK; JONES, 1996).

Segundo Womack e Jones (1996), a busca pela perfeição tem um papel importante

à medida que, após as implementações dos outros princípios, as empresas percebem que o esforço para a redução de, tempo, espaço, custos e erros é enorme. Paradoxalmente, Womack e Jones (1996) afirmam que não existe perfeição: Assim que uma melhoria é introduzida, alcançando a eliminação de desperdícios, pode-se iniciar novamente o esforço de eliminar outros desperdícios.

Womack e Jones (1996) comentam que os quatro outros princípios (valor, fluxo de valor, fluxo contínuo e puxar) interagem entre si e, quanto mais se tenta implementá-los, mais os desperdícios ocultos são expostos e passíveis de serem eliminados. Os mesmos autores sugerem que a transparência constitui-se num estímulo importante à busca da perfeição, ou seja, o gerenciamento visual deve tornar os padrões de trabalho visíveis, facilitando a identificação de desvios em relação aos mesmos.

2.4.2 A Casa do STP (LIB, 2003)

Em vários estudos sobre o STP (OHNO, 1997; SHINGO, 1996a, 1996b) são discutidos seus principais elementos, apresentados como os pilares de sustentação do sistema, passando a idéia de que deve existir uma estrutura de sustentação do STP. A primeira tentativa de representar didaticamente o STP foi desenvolvida internamente na Toyota, por meio de uma casa que contém telhado, pilares e base (LIKER, 2004). Existem outras propostas de representação da casa, que são muitas vezes utilizadas em cursos de treinamento ou palestras sobre o STP. Estas representações são bastante semelhantes, diferindo apenas em alguns detalhes, tais como o número de elementos na base, o conteúdo dos pilares e a introdução de elementos no centro.

O Léxico *Lean* (LIB, 2003) adota a estrutura da casa do STP apresentada na Figura 2.2. Os elementos que compõem a casa são: (a) *just-in-time* e *jidoka* (autonomação), como os pilares de sustentação; (b) *kaizen* (melhoria contínua),

heijunka (nivelamento da produção) e trabalho padronizado, num primeiro nível das fundações, e a estabilidade básica, num outro nível, como base de sustentação do sistema; e, por fim, (c) maior qualidade, menor custo e menor *lead time*, como os objetivos do sistema, num entendimento de que os outros elementos anteriores sustentam esses objetivos. A seguir cada um destes elementos é apresentado em mais detalhe, com base na abordagem da Mentalidade Enxuta.

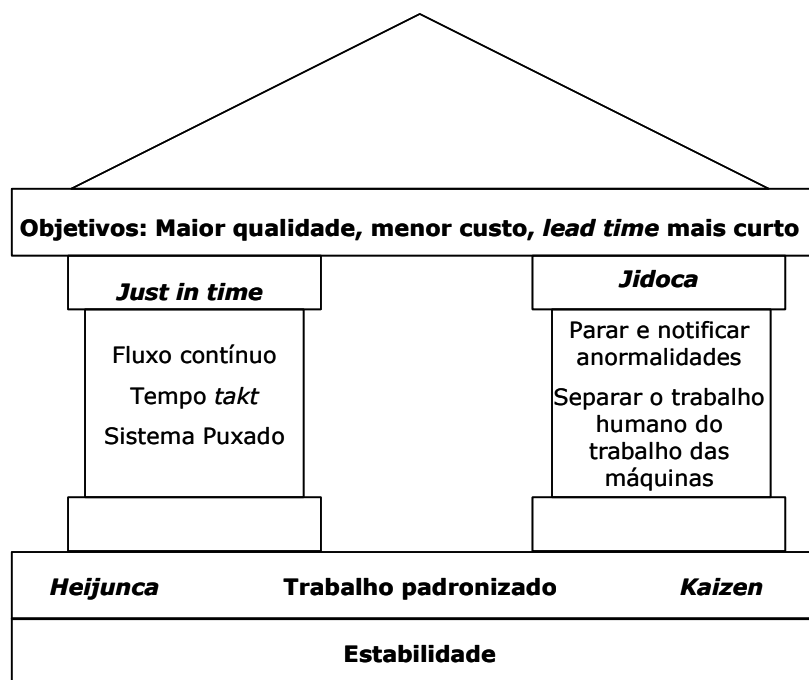


Figura 2.2 Casa do Sistema Toyota de Produção (LIB, 2003)

2.4.2.1 Pilares de sustentação do sistema

A produção *Just-in-time* (JIT) é definida no Léxico *Lean* (LIB, 2003) como um sistema de produção que produz e entrega apenas o necessário, quando necessário e na quantidade necessária. Nesta abordagem, o JIT é formado por três elementos operacionais (LIB, 2003):

- O sistema puxado: é um sistema de produção em que os processos posteriores

sinalizam aos processos anteriores sobre suas necessidades de produção. Operacionalmente existem três tipos de sistemas puxados, com supermercado, seqüencial e misto;

- O tempo *takt*: é o tempo disponível para atender a uma determinada demanda por parte do cliente. É calculado pela razão entre o tempo disponível para produção e demanda do cliente:

$$\text{Tempo Takt} = \frac{\text{Tempo de produção disponível}}{\text{Demanda do cliente}} \quad (2.3)$$

- Fluxo contínuo: consiste em produzir e movimentar continuamente apenas um item, ou um lote pequeno de itens, ao longo dos processos de produção. É também conhecido como fluxo de uma só peça (*one piece flow*).

O outro pilar de sustentação do STP proposto por LIB (2003) é a automação, definida por Ohno (1997) e Shingo (1996a, 1996b) (item 2.3).

2.4.2.2 Base do sistema (1º nível)

O Léxico *Lean* (LIB, 2003) propõe que, no trabalho padronizado, sejam estabelecidos procedimentos precisos (altamente detalhados) para o trabalho de cada um dos operadores no processo de produção. Esses procedimentos são baseados nos seguintes elementos (LIB, 2003; MONDEN, 1993):

- Tempo *takt*;
- Seqüência: refere-se à seqüência exata do trabalho que os operadores realizam dentro do tempo *takt*; e
- Estoque padrão: refere-se ao estoque necessário para manter o processo sem

oscilações freqüentes, ou seja, há uma quantidade de estoque que cada trabalhador precisa ter à mão, a fim de realizar seu trabalho.

Uma vez estabelecido o trabalho padronizado, o padrão é disponibilizado nas estações de trabalho e passa a ser objeto da melhoria contínua. Este conceito está bastante relacionado com o processo contínuo de reduzir desperdício e agregar mais valor ao produto (LIB, 2003). Segundo Rother e Shook (1999) existem dois níveis de *kaizen*, o de sistema ou fluxo, que enfoca no fluxo total de valor, e o de processo, que enfoca em processos individuais.

O nivelamento da produção (Heijunka) na abordagem da Mentalidade Enxuta significa nivelar a produção em relação ao tipo e à quantidade de produtos durante um período fixo de tempo. Isso permite que a produção atenda eficientemente às exigências do cliente, ao mesmo tempo em que evita o excesso de estoque, reduz custo, mão-de-obra e *lead time* de produção (LIB, 2003).

2.4.2.3 Base do sistema (2º nível)

Estabilidade básica é definida por Smalley (2005), como a previsibilidade geral e disponibilidade constante em relação à mão-de-obra, materiais, máquinas e métodos, denominados pelo referido autor de 4M. O mesmo autor argumenta que, antes de implementar qualquer um dos princípios da Mentalidade Enxuta, as empresas devem tentar gerenciar com eficácia os 4M, conforme segue:

- Mão de obra: por meio de treinamento para supervisores usando a técnica *Training Within Industry (TWI)*, usado na Toyota desde os anos 50. Esse treinamento, oferecido para os supervisores de produção, é composto por três componentes: (a) as instruções de trabalho, que contém ensinamentos sobre como planejar os recursos de produção; (b) os métodos de trabalho, que ensinam as pessoas a analisar tarefas e fazer melhorias simples dentro do seu domínio de controle; e (c) as relações de trabalho, relacionado à forma como

os supervisores devem tratar as pessoas e resolver problemas comuns de relacionamento (SMALLEY, 2005). Huntzinger (2005) atribui à técnica TWI as raízes do desenvolvimento do STP.

- Máquinas: por meio da estimativa da capacidade necessária para um sistema atender um nível de demanda. A capacidade instalada real deve ser suficiente apenas para suprir a demanda. Instabilidades relacionadas às máquinas podem ocorrer, por exemplo, quando não existe a capacidade de produção para suprir a demanda ou problemas relacionados à falta de manutenção preventiva dos equipamentos;
- Materiais: por meio de um bom gerenciamento da cadeia de fornecedores que garanta confiabilidade de entrega e qualidade dos materiais. Na abordagem da Mentalidade Enxuta busca-se reduzir o nível de estoques de materiais e, para isso, adota-se como estratégia o desenvolvimento dos fornecedores de forma que estes possam reduzir o tamanho do lote de materiais e aumentar o número de entregas;
- Método: refere-se à padronização do trabalho, por meio da aplicação do trabalho padronizado (ver item 2.4.2.2).

2.5 O DNA DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Spear e Bowen (1999), em seu artigo *Decoding the DNA of the Toyota Production System*, discutem regras não explícitas adotadas pela Toyota, e argumentam que estas regras têm um importante papel na vantagem competitiva da Toyota em relação às outras indústrias. Os referidos autores chamam a atenção para um paradoxo existente nas fábricas da Toyota: as atividades, as conexões e os fluxos de produção nas fábricas são rigidamente rotinizadas, ao mesmo tempo em que suas operações são tremendamente flexíveis e adaptáveis. Segundo os mesmos,

esta especificação rígida cria as condições necessárias para possibilitar a flexibilidade e a criatividade na empresa.

No processo de geração das rotinas, segundo Spear e Bowen (1999), o STP cria o que é denominado uma comunidade de cientistas, por meio de proposições de hipóteses que devem ser testadas. Esse processo de proposição e teste de hipóteses é denominado por Spear e Bowen (1999) de método científico. Os mesmos autores afirmam que, para fazer qualquer mudança, equipes de trabalhadores aplicam um rigoroso processo de resolução de problemas, que exige uma avaliação e um plano para melhorias que pode ser considerado como um teste experimental da mudança proposta. É por meio desse método de resolução de problemas que a empresa estimula os gerentes, líderes e colaboradores a se engajarem no esforço de melhoria contínua, que estabelece a base para a aprendizagem organizacional.

Baseados nessas constatações, os referidos autores propõem quatro regras, descritas a seguir.

- Regra 1 - Como as pessoas trabalham

A exigência de especificação para toda e qualquer atividade é a primeira regra do sistema. Todos os trabalhos devem estar minuciosamente especificados em termo de conteúdo, seqüência, tempo e resultado (SPEAR; BOWEN, 1999). Ao realizar um trabalho, os funcionários obedecem a uma seqüência de etapas bem definida, em termos de tempo e resultado esperados, fazendo com que qualquer desvio das especificações apareça de imediato. O objetivo é fazer com que os desvios sejam imediatamente percebidos para que a equipe possa começar a resolver os problemas.

Em suma, a especificação detalhada das atividades dos funcionários os força a testar duas hipóteses: (a) o funcionário que executa a tarefa é capaz de executá-la

corretamente; e (b) a execução da atividade gera o resultado esperado. Qualquer problema na execução da atividade indica que esta precisa ser re-projetada ou o funcionário precisa passar por um novo treinamento.

– Regra 2 - Como as pessoas se conectam

Todas as conexões cliente-fornecedor devem ser diretas e deve existir um caminho inequívoco de sim ou não para enviar solicitações e receber respostas. Ou seja, as conexões precisam ser padronizadas e diretas, determinando as pessoas envolvidas, a forma e a quantidade de produtos e serviços a serem fornecidos, o modo como as solicitações são feitas para cada cliente e o tempo previsto para o seu atendimento.

Como consequência desta regra, quando um funcionário requisita peças, não existe confusão sobre quem é o fornecedor, sobre o número de unidades solicitadas ou sobre o prazo de entrega. Da mesma forma, quando uma pessoa precisa de assistência, não há confusão sobre quem a ajudará, como essa ajuda será providenciada e que serviço será prestado. Em termos de ferramentas operacionais, as fichas *kanban* e os dispositivos *andon* são as técnicas usadas para estabelecer as conexões diretas entre fornecedores e clientes.

– Regra 3 - Como é construída a linha de produção

Todos os fluxos dos produtos e serviços devem ser simples e diretos. As linhas de produção na fábrica precisam ser projetadas para que todos os produtos e serviços sigam uma rota de fluxo simples e especificada. Isso não significa que essa rota seja dedicada a um único produto. Ao contrário, as linhas de produção da Toyota processam muito mais tipos de produtos que a maioria das outras fábricas.

Ao se determinar que cada rota seja especificada, a regra garante que toda vez que esta é usada também acontece um experimento. As hipóteses embutidas na

especificação de uma rota são de que um fornecedor conectado é necessário e que todo fornecedor não conectado não é necessário. Em realidade, estas rotas são bastante amplas, conectando todas as pessoas que participam da produção e da entrega do produto, em toda a cadeia de valor.

– Regra 4 - Como melhorar

Todas as melhorias precisam ser feitas em conformidade com o método científico, sob orientação de um professor⁹ e no nível hierárquico mais baixo possível dentro da organização.

Identificar os problemas é apenas a primeira etapa. Para que se possa realizar mudanças eficazes, as pessoas precisam saber como mudar e quem é o responsável efetivo pelas mudanças. A Toyota ensina explicitamente as pessoas como melhorar, buscando também estimular a obtenção destas melhorias.

Além das regras apresentadas acima, Spear e Bowen (1999) comentam que todas as pessoas que adotam o STP têm uma visão em comum sobre como deve ser o sistema de produção ideal e essa visão os motiva a fazer melhorias. Os referidos autores argumentam que esses ideais não são filosofias abstratas e têm definições concretas, e que são notavelmente consistentes em toda a empresa. Os resultados obtidos num sistema de produção ideal são (SPEAR; BOWEN, 1999):

- Está livre de defeitos, ou seja, terem recursos e o desempenho que o cliente espera;
- Pode ser alcançada com um pedido por vez (lote unitário);

⁹ Usualmente usa-se o termo *sensei*, em Japonês, para se referir ao professor, que nesse contexto denota um mestre em conhecimento do STP resultante da experiência prática obtida no local de trabalho (LIB, 2003).

- Pode ser fornecido sob demanda na versão solicitada;
- Pode ser entregue imediatamente (*lead time zero*);
- Pode ser produzido sem desperdiçar materiais, mão-de-obra, energia, ou outros recursos;
- Pode ser produzido em um ambiente de trabalho que seja seguro física, emocional e profissionalmente para todos os funcionários.

Segundo Spear e Bowen (1999), enquanto os processos não podem atingir esse ideal por alguma deficiência, essa deficiência é uma fonte de tensão criativa para futuros esforços de melhoria. Os mesmos chamam a atenção que estas regras implícitas do STP em geral não são descritas por outras tentativas de abstração do STP e que estes elementos explicam a capacidade de aprendizagem da Toyota.

2.6 O MODELO TOYOTA

Liker (2004), no seu livro "O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo", define o Modelo Toyota como uma filosofia e um conjunto de ferramentas que devem ser adequadamente aplicadas a uma situação. Propõe 14 princípios fundamentais que devem nortear as ações da empresa, devendo os mesmos serem aplicados em harmonia na busca pela melhoria contínua. O referido autor salienta a importância das pessoas no sucesso da Toyota, por meio do trabalho em equipe, comunicação eficaz e do crescimento profissional em conjunto.

2.6.1 Os princípios do Modelo Toyota

Os 14 princípios fundamentais propostos por Liker (2004) são organizados em uma

pirâmide (Figura 2.3), sendo os mesmos divididos em quatro categorias: (a) adotar uma filosofia de longo prazo (filosofia); (b) o processo certo produz resultados certos (processo); (c) agregar valor para a organização, desenvolvendo as pessoas (funcionários e parceiros); e (d) a solução das causas fundamentais dos problemas estimula a aprendizagem organizacional (solução de problemas).

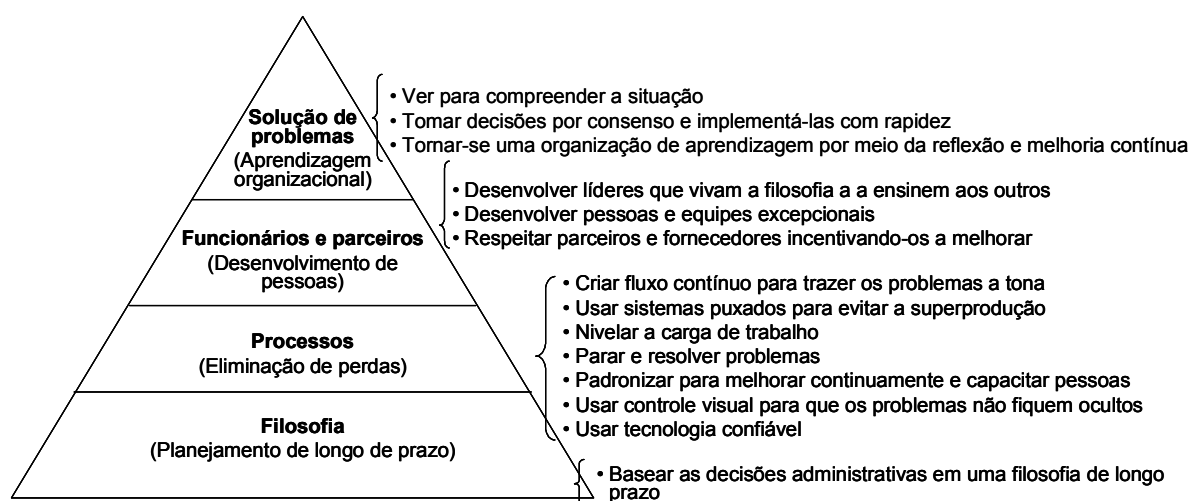


Figura 2.3 Quatorze princípios de Liker (2004)

Liker (2004) aponta que, embora muitos conceitos e ferramentas básicas do STP sejam conhecidos nas empresas, com frequência não se compreende como estes conceitos e ferramentas podem funcionar juntos num sistema. O mesmo autor salienta que, neste contexto, é comum a administração enfatizar a criação de um sistema técnico, mas não entende o importante papel da cultura de melhoria contínua no STP. Segundo Liker (2004), as empresas não conseguem sair do nível do processo (Figura 2.3) e, sem alcançarem os outros níveis, as melhorias não conseguem se sustentar em toda a organização.

Com relação aos princípios propostos no nível de processo, estes correspondem às implementações técnicas em fábrica, tais como fluxo contínuo, sistemas puxados, nivelamento da produção e padronização, já discutidas nos itens anteriores. Em função disso, são discutidos mais detalhadamente apenas os princípios referentes às

soluções de problemas, funcionários e parceiros e filosofia.

A base da pirâmide é a Filosofia de Longo Prazo formada pelo princípio basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo. Segundo Liker (2004), esse princípio significa ter um senso de propósito que se sobreponha às decisões de curto prazo.

O nível superior da pirâmide é denominado de Solução de Problemas, sendo formado pelos seguintes princípios (LIKER, 2004):

- Ver por si mesmo para compreender completamente a situação, ou seja, resolver problemas e melhorar processos por meio da identificação das suas causas fundamentais, utilizando dados diretamente coletados pelas pessoas da organização. Esse princípio é aplicável para os vários níveis hierárquicos da organização, inclusive para a alta direção;
- Tomar decisões por consenso, considerando diversas opções, e implementá-las rapidamente. Para explicar esse princípio, o referido autor usa o conceito de *nemawashi*, que é o processo de discussão de problemas e de soluções potenciais com todos os afetados, obtendo contribuições dos mesmos até se chegar a um acordo quanto ao caminho a seguir;
- Tornar-se uma organização em que haja aprendizagem, por meio da reflexão para resolução de problemas e melhoria contínua. Neste sentido, deve-se trabalhar com equipes estáveis. Após obter a estabilidade e padronização dos processos, deve-se buscar a melhoria contínua sempre que se detectar ineficiências.

O outro nível da pirâmide diz respeito a Funcionários e Parceiros, sendo formado pelos seguintes princípios (LIKER, 2004):

- Desenvolver líderes que compreendam o trabalho, adotem a filosofia

estabelecida e a ensinem aos outros. Estes líderes, desenvolvidos dentro da empresa, devem dar bons exemplos de aplicação da filosofia da empresa e entender detalhadamente o trabalho diário;

- Desenvolver pessoas e equipes capacitadas que sigam a filosofia da empresa. É por meio dessas pessoas e equipes que podem ser alcançados os resultados desejados. Outra idéia importante, relacionada a esse princípio, é o uso de equipes inter-funcionais como elemento fundamental na melhoria da qualidade e da produtividade pela sua capacidade de resolver problemas técnicos complexos. Por fim, o trabalho em equipe é algo que deve ser aprendido.
- Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar. Essa rede deve ser tratada como uma extensão da empresa.

2.6.2 O diagrama casa do STP

Liker (2004) resume o seu Modelo Toyota por meio do que denominou diagrama casa do TPS (Figura 2.4), que apresenta algumas semelhanças e diferenças em relação ao diagrama apresentado na Figura 2.2. Segundo esse autor, esta representação tem como objetivo ensinar o STP para a base de fornecedores da empresa e o fato de ser representado por uma casa tenta trazer a idéia de um sistema baseado em uma estrutura, não apenas um conjunto de técnicas (LIKER, 2004).

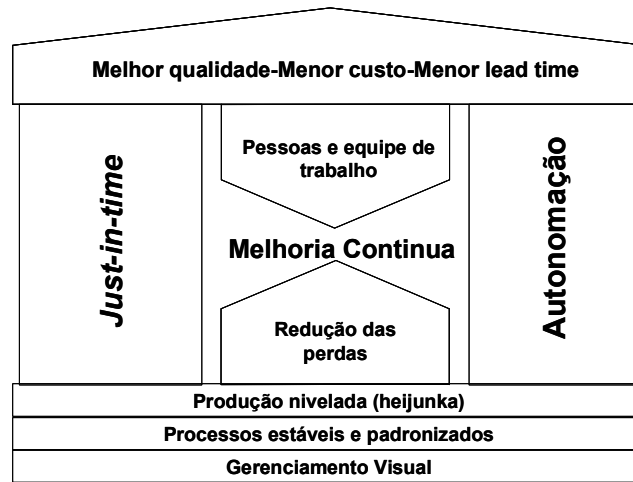


Figura 2.4 Diagrama Casa do Sistema Toyota de Produção (adaptado de Liker, 2004)

No diagrama proposto por Liker (2004) os objetivos, os pilares de sustentação e a base do sistema são basicamente os mesmos da casa proposta no Léxico *Lean* (LIB, 2003). As principais diferenças entre ambos   que no primeiro são acrescentados alguns elementos, tais como as pessoas no centro do sistema e o gerenciamento visual na base.

Liker (2004) salienta a idéia de que todos os elementos da casa são críticos e que o mais importante   o modo como eles se reforçam. Segundo esse autor, o *just-in-time* e o ideal do fluxo unitário de peças reforçam a automa o, na medida em que os trabalhadores devem resolver imediatamente e com urgência qualquer problema, antes de voltar a produzir.

No alicerce da casa está a estabilidade, que   necessária para que o sistema não seja interrompido constantemente (Liker, 2004). Contraditoriamente, a exigência de se trabalhar com pouco estoque e parar a produ o quando aparecem problemas gera instabilidade no sistema. No STP quando um operador p ra um equipamento para consertar um problema, outras opera es são interrompidas em seguida. Então, existe o senso de urgência na resolu o dos problemas a fim de que o equipamento volte a operar.

No diagrama proposto por Liker (2004), as pessoas encontram-se no centro da casa porque, na sua visão, somente por meio da melhoria contínua, a operação pode alcançar à estabilidade necessária. As pessoas devem ser treinadas para encontrar o desperdício e eliminar problemas reais, perguntando-se freqüentemente qual é a verdadeira causa desses problemas (LIKER, 2004). Por fim, todo o controle do sistema é realizado de forma visual e, principalmente, rápida, por meio do gerenciamento visual.

Em suma, na abordagem de Liker (2004), considera-se que o STP é um sistema gerencial formado por princípios fundamentais, com as pessoas no centro do mesmo. Enfatiza-se também que estes princípios não estão apenas relacionados ao processo de produção, mas também a filosofias de longo prazo, aprendizagem, melhoria contínua e respeito pelos seus funcionários e parceiros.

2.7 TRANSFERÊNCIA DAS IDÉIAS DO STP PARA A CONSTRUÇÃO

A transferência e adaptação de conceitos e princípios do STP na construção foram marcadas pela publicação do trabalho "*Application of the new production philosophy in the construction industry*" por Lauri Koskela. Neste estudo, Koskela (1992) se refere ao STP como a Nova Filosofia de Produção.

Koskela (1992) argumenta que a principal mudança oriunda da introdução do STP como novo paradigma da gestão da produção é de ordem preponderantemente conceitual e focada numa nova forma de entender os processos (ver item 3.1.3.1). O conceito de processo proposto por Koskela (1992) é fortemente baseado na visão de Shingo (1996a, 1996b) sobre processos e operações, apresentada no item 2.3. Considera que processo é um fluxo de materiais ou informações, desde a matéria-prima até o produto final, sendo o mesmo constituído por atividades de transporte, espera, processamento (ou conversão) e inspeção.

Posteriormente, Koskela (2000) propôs a teoria TFV (ver item 3.1.3.1). Essa teoria considera que existem três diferentes conceituações de processo (Transformação – Fluxo – Valor) que avançaram separadamente ao longo do tempo, cada uma delas capturando um fenômeno intrínseco da produção. Esse autor sugere que existe a necessidade de utilizar estas três conceituações de forma integrada e balanceada.

A partir da publicação do trabalho de Koskela (1992), foi criado o IGLC - *International Group for Lean Construction*, uma rede de acadêmicos e profissionais da indústria engajado na adaptação e disseminação dos conceitos e princípios do STP no setor da construção civil em diversos países. Esse grupo tem buscado contribuir para o desenvolvimento de um novo referencial teórico para a gestão na construção civil. Este referencial tem sido denominado de *Lean Construction* (Construção Enxuta), por estar fortemente baseado na abordagem da *Lean Production* (Produção Enxuta).

O IGLC realiza conferências anuais nas quais são publicados artigos, alguns de natureza teórica e outros de ordem preponderantemente prática, destacando-se os seguintes temas: teorias; planejamento e controle da produção; desenvolvimento do produto e gerenciamento de projeto; implementação e indicadores de desempenho; gestão da cadeia de suprimentos; fabricação e montagem; pessoas, culturas e mudanças; tecnologia de informação; segurança, qualidade e meio ambiente; e projeto do sistema de produção.

Em que pese o grande esforço realizado pelo IGLC para a introdução das idéias do STP na indústria da construção, as principais implementações realizadas até um momento têm um caráter de aplicações isoladas de alguns elementos da gestão, como, por exemplo, o planejamento e controle da produção (PCP). De fato, entre as aplicações práticas mais bem sucedidas desta comunidade, destaca-se o Sistema *Last Planner* de Controle da Produção (BALARD; HOWELL, 1998; BALLARD, 2000). Assim, Picchi e Granja (2004) recomendam a realização de trabalhos que tenham como escopo de análise o sistema de produção como um todo.

3 FLUXO CONTÍNUO: CONCEITOS BÁSICOS E FERRAMENTAS PARA IMPLEMENTAÇÃO

Neste capítulo discute-se um conjunto de conceitos básicos e ferramentas de gestão relacionados à implementação do fluxo contínuo. Primeiramente, são discutidos alguns conceitos fundamentais da Mentalidade Enxuta, com ênfase naqueles que são mais fortemente relacionados ao fluxo contínuo. Nesta revisão bibliográfica, considerou-se não somente as tentativas de abstração discutidas no Capítulo 1, mas também contribuições acadêmicas de outros autores. Na segunda parte do capítulo, são descritas as ferramentas sugeridas para a implementação da Mentalidade Enxuta (ROTHER; HARRIS, 2002; ROTHER; SHOOK, 1999), e também duas ferramentas, a Linha de Balanço (LB) e o Sistema *Last Planner*, que vêm sendo utilizadas com sucesso no planejamento e controle da produção (PCP) na construção civil, por empresas envolvidas na implementação de idéias da Produção Enxuta neste setor.

3.1 BASE CONCEITUAL PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO FLUXO CONTÍNUO

3.1.1 Conexão entre os elementos de uma teoria

Koskela (1996) propõe que uma teoria para a gestão da produção pode ser representada por meio de uma pirâmide, na qual os elementos da mesma são apresentados de forma hierárquica, do maior para o menor nível de abstração. No topo da pirâmide estão os conceitos, no nível intermediário estão os princípios, que relacionem os conceitos e, por fim, na base da pirâmide, as ferramentas, técnicas e métodos (Figura 3.1a). Segundo o autor, os dois primeiros níveis correspondem aos elementos básicos que compõem a teoria, os conceitos e os princípios que resultam da abstração a partir de observações empíricas das boas práticas.

No nível mais baixo estão os elementos mais concretos, que incorporam os conceitos e princípios, direcionando a aplicação da teoria para ações práticas. Santos (1999) propõe uma estrutura piramidal semelhante, acrescentando apenas um nível intermediário, que denominou de abordagem para implementação (Figura 3.1b).

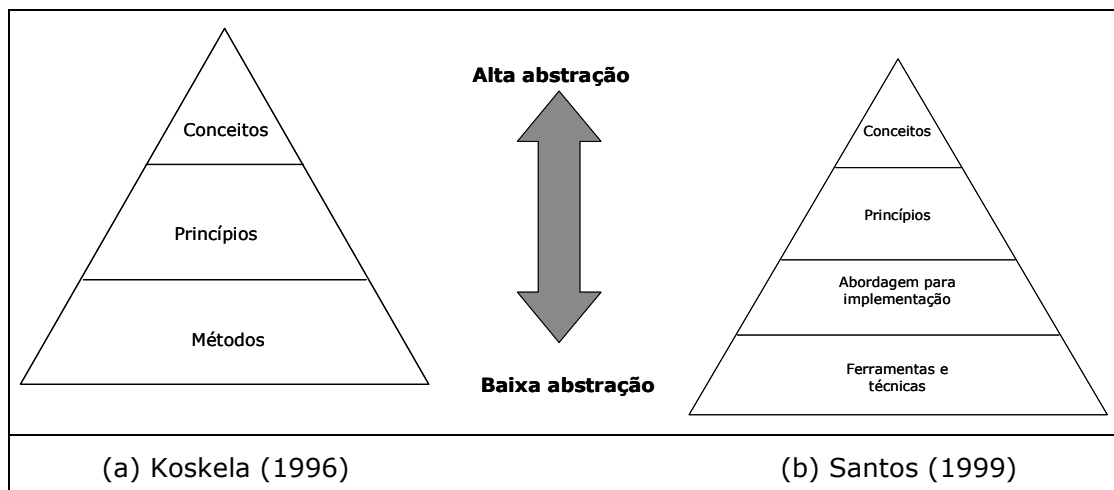


Figura 3.1 Níveis de abstração de uma Teoria de Gestão da Produção

Segundo Wehrisch e Koontz¹⁰ (1993) *apud* Santos (1999), os conceitos podem ser definidos como uma imagem mental formada pela generalização de experiências particulares. Santos (1999) comenta que a descrição dos conceitos tem que ser precisa o bastante para evitar ambigüidades e, paradoxalmente, flexível o bastante para permitir adaptações para diferentes finalidades ou contextos. De acordo com McFarland¹¹ (1979) *apud* Santos (1999), são necessários conceitos gerenciais adequados para que possam ser desenvolvidos princípios relevantes, já que os conceitos fornecem uma referência que é essencial na construção de teoria, permitindo fazer descrições e explicações claras de situações empíricas. Além disso, de acordo com Koskela (1996), conceitos bem embasados fornecem um ponto de partida para a tomada de decisão. Assim, não se pode esperar por idéias inovadoras relacionadas à gestão da produção sem se ter um sólido entendimento dos conceitos envolvidos (SANTOS, 1999).

De acordo com Santos (1999), com base nos conceitos, podem-se gerar os princípios que são, também, altamente abstratos, sendo estes geralmente expressos por meio de declarações sobre testes de generalizações ou hipóteses observadas na prática. Embora nem sempre inquestionáveis ou invariavelmente verdades, os princípios têm que refletir a realidade, serem válidos e, também, serem usados para prever eventos (WEIHRISCH; KOONTZ, 1993¹¹ *apud* SANTOS, 1999).

Com relação à abordagem para implementação, Santos (1999) a define como uma resposta direta e pragmática para a seguinte questão: como implementar um princípio?. Ou seja, a abordagem para implementação tem um nível de abstração menor que os conceitos e princípios e é aplicável dentro de um determinado contexto, sendo os resultados esperados definidos no seu escopo. Por fim, o

¹⁰ WEIHRISCH, H.; KOONTZ, H. Management: a global perspective. McGraw-Hill International Editions. Management and Organization Series. Tenth Edition, 1993.

¹¹ MACFARLAND, D. E. Management: Foundation and Practices. Collier MacMillan Publishers. Fifth Edition, 1979.

desenvolvimento e a aplicação de teorias de gestão da produção são apoiados por um conjunto de ferramentas, métodos e técnicas, que são especificamente projetadas para ajudar na resolução de problemas específicos de ordem prática. Este nível de abstração (o mais baixo de todos) inclui, por exemplo, métodos e técnicas de coleta e análise de dados.

Segundo Koskela (1996) e Lilrank (1995), o desenvolvimento de uma teoria pode ocorrer em duas direções: de cima para baixo e de baixo para cima. No primeiro caso, a teoria é desenvolvida por cientistas, por meio de experiências que, muitas vezes, são realizadas em laboratórios, e, depois, transferidas para prática. No outro caso, o conhecimento é gerado a partir de aplicações práticas sem uma fundamentação conceitual e teórica. O esforço dos pesquisadores neste caso é explicitar os conceitos e princípios que estão por trás dessas aplicações práticas.

Santos (1999) denomina este último caso de teoria-em-ação, definida como o conhecimento adaptado ou gerado a partir de uma prática específica. Este parece ser o caso do Sistema Toyota de Produção. A partir da evolução dos métodos de trabalho nas fábricas da Toyota, surgiram esforços de entendimento conceitual sobre esses métodos, como aqueles descritos no Capítulo 1.

Com base nas propostas de Koskela (1996) e Santos (1999), foi sugerida uma hierarquização dos principais elementos da Mentalidade Enxuta, que está apresentada na Figura 3.2. No topo da pirâmide estão os conceitos fundamentais, que podem ser diretamente relacionados aos cinco princípios da Mentalidade Enxuta (item 2.4.1). Na base da pirâmide estão as quatro ferramentas propostas por Rother e Harris (2002) Rother e Shook (1999) para a implementação da Mentalidade Enxuta.

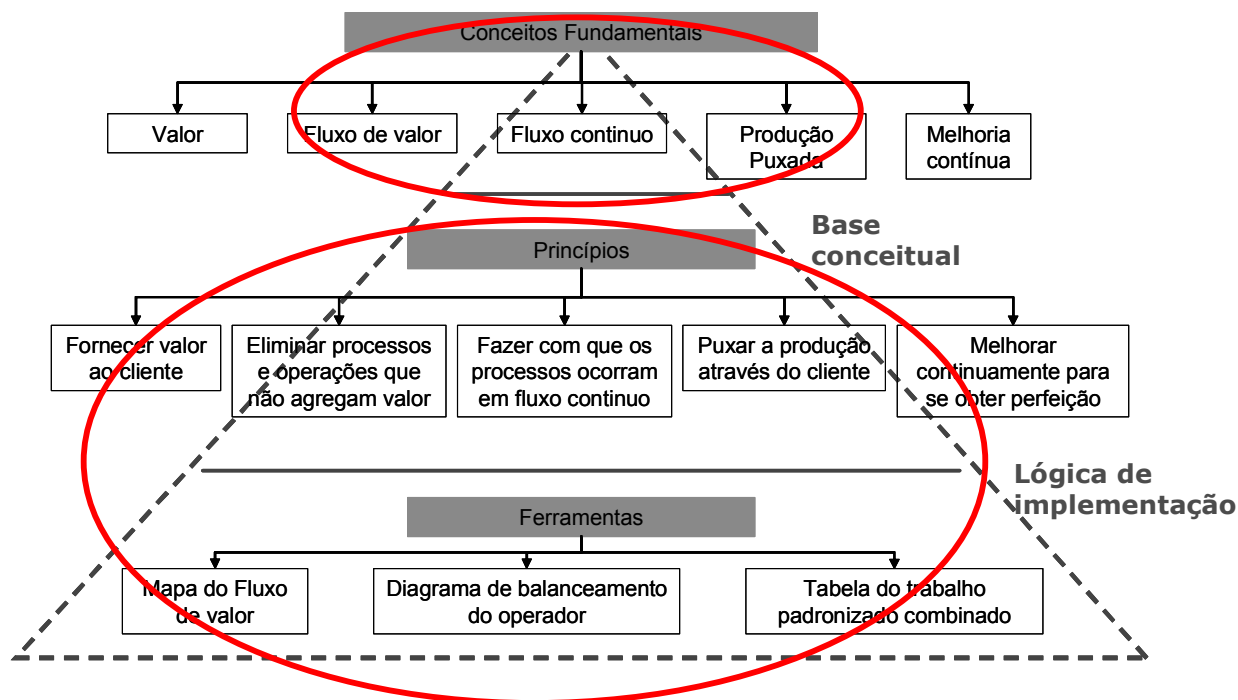


Figura 3.2 Proposta de hierarquização conceitual da Mentalidade Enxuta

Esta hierarquia serviu de ponto de partida para o desenvolvimento desta pesquisa. O presente trabalho não tem como objetivo propor um conjunto de novos conceitos, princípios ou ferramentas. Buscou-se, ao longo do mesmo, entender em maior profundidade os conceitos existentes, com base em uma revisão bibliográfica, acrescentando outros conceitos que foram considerados relevantes. Procurou-se também ampliar o leque de ferramentas a serem utilizadas na implementação do fluxo contínuo. Finalmente, por meio dos estudos empíricos, os conceitos e ferramentas escolhidos foram analisados, considerando o contexto dos empreendimentos de construção.

3.1.2 Valor

O conceito de valor é discutido por várias áreas do conhecimento, incluindo a Economia, Marketing, Design, Filosofia e Semiologia, entre outros (MIRON, 2002). Neste item buscou-se discutir, em profundidade, alguns conceitos adotados por

outras áreas, principalmente no Marketing.

Segundo Kotler (1998), os clientes finais tendem a comprar da empresa que entregar maior valor e define valor entregue pela diferença entre o valor total esperado e o custo total obtido. Valor total esperado é definido por esses autores como o conjunto de benefícios previsto por determinado produto ou serviço. Neste caso o custo total não se refere apenas ao custo monetário, mas também ao custo relacionado com, por exemplo, tempo de procura e negociação, e energia física.

Por fim, Kotler (1998) afirma que os clientes operam sob várias restrições e, além disso, fazem escolhas ocasionais atribuindo maior peso a seus benefícios pessoais do que aos benefícios fornecidos pela empresa. Entretanto, percebe-se que a maximização do valor entregue representa uma base de interpretação útil que se aplica em muitas situações.

Na visão de Woodruff *et al.* (1993), os clientes compram produtos para satisfazer necessidades em situações de uso e essas necessidades são traduzidas em atributos específicos do produto ou serviço e dos serviços de suporte. Desta forma, valor para o cliente é visto como uma combinação entre atributos de escolha (pessoais e individuais) e de desempenho. Entre os principais atributos considerados estão o custo, o preço e a complexidade na operação do produto, entre outras. Os referidos autores resumem valor para cliente como um *trade-off* entre benefícios comparados com sacrifícios. Segundo os mesmos, essa visão de valor segundo os atributos apresenta algumas vantagens, tais como:

- A facilidade com que os clientes têm em falar sobre os atributos desejados em produtos;
- A facilidade com que essas informações podem ser obtidas pela empresa;
- A facilidade com que esses atributos podem ser transformados em especificações de produtos.

Por outro lado, este ponto de vista é focado nos atributos do produto ou serviço e não é orientado aos benefícios percebidos pelo cliente, ou seja, não requer um estudo aprofundado do perfil dos clientes, para entender os motivos pelos quais estes atributos são desejados ou não (WOODRUFF *et al.*, 1993).

Em resumo, identificar as necessidades dos clientes e transformar isso em produtos com valor agregado requer um entendimento da percepção do cliente sobre o valor entregue (KOTLER, 1998), ou sobre benefícios e sacrifícios percebidos (WOODRUFF *et al.*, 1993), e, ainda, o entendimento que os clientes têm sobre o que é um benefício ou sacrifício. Chama-se a atenção para o fato de que em muitos mercados o que se entrega ao cliente é uma combinação de produto e serviço (por exemplo, o processo de aquisição do produto, a assistência técnica, a garantia, etc.) e esses serviços determinam, também, o valor para cliente (KOTLER, 1998).

A partir da identificação do valor do ponto de vista dos clientes, a empresa deve desenvolver seus produtos, que devem atender aos requisitos do cliente, que correspondem às funções, atributos e demais características do produto ou serviço (KOTLER, 1998).

Numa visão mais estratégica, a definição de valor do ponto de vista do cliente deve influenciar a determinação dos objetivos de desempenho das empresas (SLACK *et al.*, 1997), ou seja, deve haver um diálogo com o cliente para decidir o que é mais importante para a empresa: o preço, o prazo de entrega, a flexibilidade de produtos e serviços, a confiabilidade na entrega, entre outros fatores. Neste sentido, as organizações devem traduzir as necessidades dos seus clientes em termos significativos para a produção.

Existem outros conceitos importantes, fortemente relacionados ao conceito de valor, tais como satisfação e qualidade. Ambos são discutidos nos itens seguintes.

3.1.2.1 Satisfação

Segundo Kotler (1998) o cliente forma um julgamento de valor e age sobre esse julgamento, de acordo com seu grau de satisfação em relação ao produto ou serviço adquirido, ou seja, a sua satisfação é o resultado da comparação do desempenho (ou resultado) percebido de um produto em relação a suas expectativas. Ao contrário do valor, que é difícil mensurar, existem diversas formas de medir o grau de satisfação dos clientes. Nesta mesma linha, Evrard (1995) define satisfação do cliente como um processo comparativo entre a experiência subjetiva vivida e suas expectativas, ou seja, uma base de referência inicial anterior à compra, estabelecida, por exemplo, a partir de recomendações de amigos e colegas, informações e promessas de vendedores e concorrentes. Esse mecanismo é explicado pelo paradigma da desconfirmação, representado esquematicamente na Figura 3.3, no qual a formação da satisfação é considerada um processo comparativo que inclui quatro componentes principais:

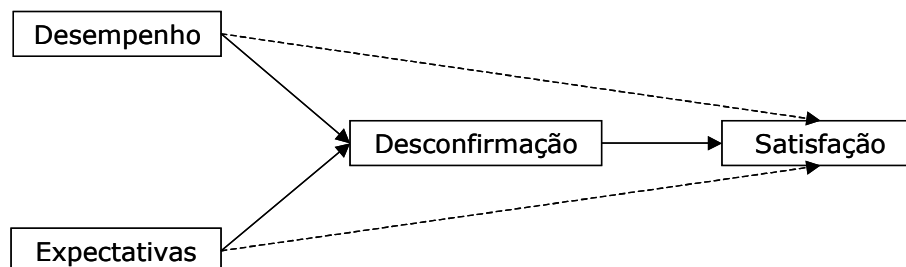


Figura 3.3 Paradigma da desconfirmação (EVRARD, 1995)

- Desempenho: está relacionado ao julgamento feito sobre o desempenho do produto ou serviço no decorrer da experiência de consumo (uso);
- Expectativas: estão relacionadas às expectativas formadas pelo consumidor previamente à compra e ao consumo do produto ou serviço em questão (desempenho esperado);

- Desconfirmação: é a comparação entre o desempenho e as expectativas, podendo ser positiva caso o desempenho seja superior às expectativas (altamente satisfeito, gratificado ou encantado), neutra se houver igualdade (satisfeito) ou negativa caso o desempenho seja inferior ao padrão de referência dos consumidores (insatisfeito);
- Satisfação: é a avaliação global da experiência de consumo gerada (ou não) a partir da desconfirmação, na qual se leva em conta os sacrifícios realizados.

3.1.2.2 Qualidade

Segundo Picchi (1993), o conceito de qualidade tem evoluído e se ampliado ao longo das últimas décadas. Na visão tradicional, o conceito de qualidade diz respeito à conformidade com requisitos. Este conceito vem sofrendo adaptações em função das mudanças do ambiente de negócios, refletidas na evolução da gestão da qualidade. À medida que os ambientes de negócios se tornaram mais competitivos, este conceito ampliou-se, podendo englobar vários aspectos, tais como (PICCHI, 1993):

1. Características que atendam às necessidades dos clientes;
2. O cliente pode ser interno, externo e a sociedade;
3. As necessidades dos clientes podem ser implícitas ou explícitas;
4. Atender com economia;
5. Qualidade inclui os serviços agregados ao produto;
6. Qualidade é relativa e dinâmica;

7. O que conta é a qualidade percebida pelo cliente;
8. Qualidade é maximizar o valor do produto;
9. Qualidade é a capacidade de entusiasmar o cliente.

No entanto, a evolução do conceito resulta num processo cumulativo, já que as definições são aperfeiçoadas e ampliadas, não substituindo totalmente as definições antigas (PICCHI, 1993). Assim, a última categoria, qualidade como capacidade de entusiasmar o cliente, inclui todos os outros oito conceitos (PICCHI, 1993).

Garvin (1992) chama a atenção para o carácter multidimensional da qualidade, propondo uma caracterização da qualidade conforme as dimensões que o produto atende. São elas: desempenho, características, confiabilidade, conformidade, durabilidade, atendimento, estética e qualidade percebida. O mesmo autor afirma que um determinado produto ou serviço não pode atender a todas elas, devendo ser priorizada aquelas que são importantes para os clientes finais.

3.1.3 Fluxo de valor

Baggaley e Partner (2003) definem fluxo de valor como todos os passos realizados para criar valor para o cliente, desde a venda e desenvolvimento do produto até a assistência técnica após a entrega. A Figura 3.4 apresenta um exemplo de um fluxo de valor numa empresa de manufatura.

Baggaley e Partner (2003) argumentam que muitas empresas cometem o erro de definir seu fluxo de valor segundo a perspectiva, apenas, da produção e chamam a atenção para o fato de que a produção (identificada na Figura 3.4 como manufatura) é apenas uma das etapas no processo de criação de valor.

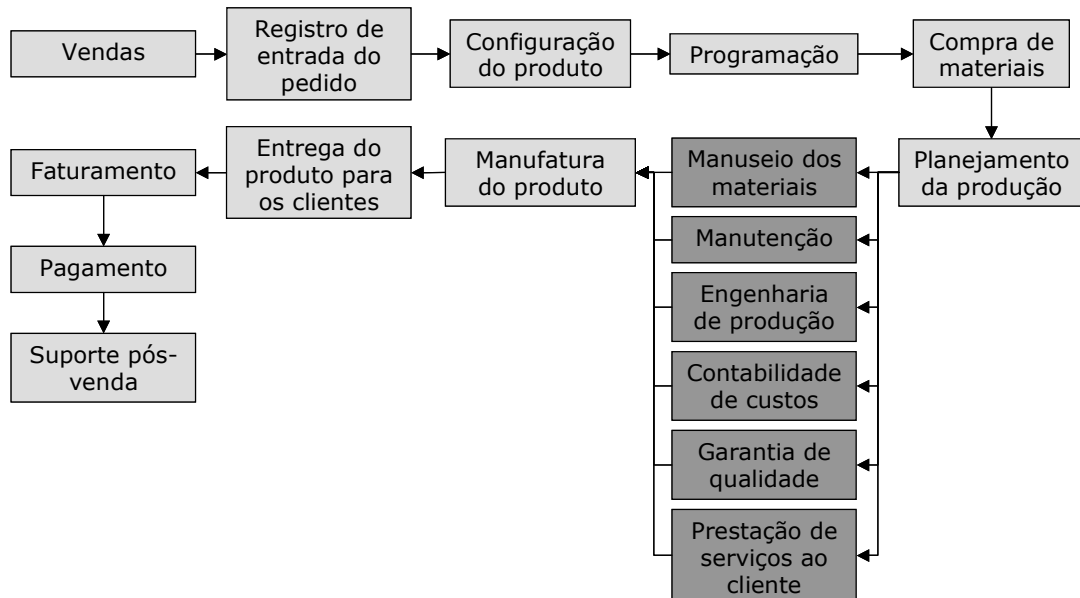


Figura 3.4 Típico fluxo de valor completo (BAGGALEY; PARTNER, 2003)

Rother e Shook (1999) definem fluxo de valor como toda a ação (que adiciona ou não valor ao produto) necessária para conduzir o produto ao longo de fluxos essenciais: (a) o fluxo da produção, a partir das matérias-primas até as mãos do cliente, (b) o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento. Womack e Jones (1996), por sua vez, apontam três principais fluxos no processo de formação de valor: desenvolvimento do produto, planejamento e produção.

Isatto (2005) chama a atenção para a existência de vários tipos de fluxo na gestão das operações e para a dificuldade de definir os limites da cadeia produtiva em termos de fluxos a serem considerados. Segundo o mesmo autor, existem quatro tipos de fluxos: (a) fluxos de materiais, componentes e produtos (objetos do trabalho), que se sucedem ao longo da transformação das matérias-primas nos produtos finais – o fluxo da produção; (b) fluxos de informações; (c) fluxos financeiros; e (d) fluxo de valor. Neste caso, o fluxo de valor tem uma abrangência mais ampla, na medida em que os demais são decorrentes deste.

Pode-se observar que o princípio de mapear o fluxo de valor está muito relacionado

ao conceito de processo. Por esta razão, no item 3.1.3.1 discute-se a evolução do conceito de processo na gestão da produção, enfatizando a conceituação de processo como fluxo. Da mesma forma, em função da importância da eliminação dos desperdícios na aplicação do Mapa de Fluxo de Valor, uma discussão mais aprofundada sobre este conceito é apresentada no item 3.1.3.2.

3.1.3.1 Processo

Dois conceitos de processo são apresentados neste item, o conceito de processo como transformação, que tem as suas origens no Taylorismo, e o conceito de processo como fluxo, que é essencial para entender algumas das idéias fundamentais do STP (KOSKELA, 1992).

Segundo o conceito tradicional, processo é uma transformação (ou conversão) de recursos (KOSKELA, 1992). Por transformação entende-se o uso de recursos para mudar o estado ou condição de algo para produzir saídas, ou seja, bens ou serviços (SLACK *et al.*, 1997), como mostra a Figura 3.5. Este conceito é utilizado implicitamente em muitas práticas na indústria, tais como orçamentos e planejamento (KOSKELA, 1992).

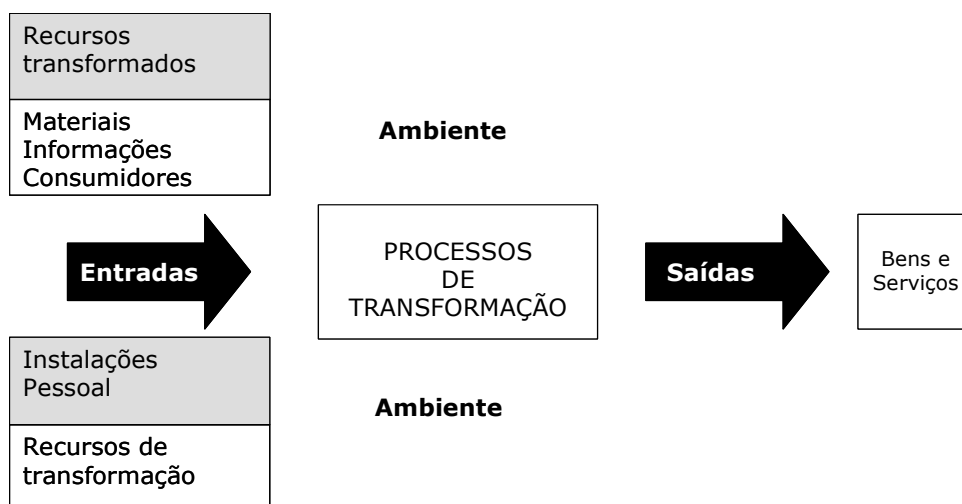


Figura 3.5 Conceito de transformação do processo de produção (SLACK *et. al.*, 1997)

As entradas no processo de produção referem-se aos recursos a serem tratados, transformados ou convertidos em alguma coisa, tais como materiais, informações e consumidores, e os recursos de transformação, ou seja, aqueles que agem sobre os recursos transformados e são formados de instalações e funcionários (SLACK *et al.*, 1997).

Na visão de processo como transformação, Koskela (2000) apresenta os seguintes princípios:

- Da decomposição: qualquer processo de produção pode ser decomposto em sub-processos, os quais são também processos de transformação, menores e melhor gerenciáveis. Este princípio é baseado na administração por tarefa, originado no Taylorismo, que significa administrar de acordo com tarefas individuais, previamente determinadas e planejadas (TAYLOR, 1995);
- Da minimização dos custos: o custo total da produção pode ser minimizado por meio da redução dos custos de cada operação e estes são proporcionais ao trabalho direto (mão-de-obra direta e equipamentos). Assim, admite-se que os processos e sub-processos são independentes;
- Da utilização de estoques: existem vantagens de se ter estoques (matérias-primas, produtos semi-acabados e acabados) na produção;
- Do valor: o valor das saídas de processo é associado com o valor (custo) das entradas do processo.

Koskela (1992) aponta alguns problemas que decorrem da utilização deste conceito de processo:

- Existe uma parcela das atividades em um processo de produção que não são de transformação, as quais não são explicitamente consideradas na gestão. Em processos complexos, como é o caso da construção de edificações, a maior

parte dos custos é originada nestas atividades;

- O controle da produção e esforço de melhorias tende a ser focado nos sub-processos individuais e não no sistema de produção como um todo. Uma excessiva ênfase em melhorias nas atividades de conversão, principalmente por meio de inovações tecnológicas, pode deteriorar a eficiência dos fluxos e de outras atividades de conversão, limitando a melhoria da eficiência global.

Na visão de processo como fluxo considera-se que um processo é um fluxo de materiais ou informações desde a matéria-prima até o produto final (KOSKELA, 2000; SHINGO, 1996a, 1996b). Este fluxo é formado pelas seguintes atividades: processamento (corresponde à transformação) inspeção, movimento e espera. As atividades de movimento, espera e inspeção, denominadas por Koskela (1992) de atividades de fluxo, não agregam valor do ponto de vista do cliente. As diferentes etapas do processo estão representadas na Figura 3.6.

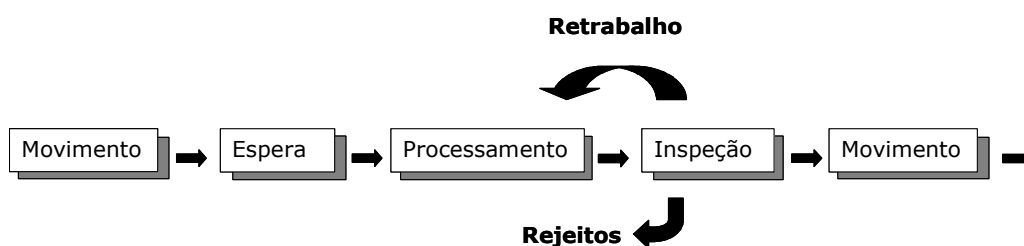


Figura 3.6 Etapas do processo de produção no modelo de fluxo (KOSKELA, 1992)

Com base nesta conceituação, existem duas formas de se aumentar a eficiência: (a) pelo aumento da eficiência das atividades de conversão e de fluxo; e (b) pela eliminação das atividades que não agregam valor. É por meio da segunda que se consegue grande melhoria em eficiência e na redução de *lead time*. De fato, a eliminação de atividades que não agregam valor, que são consideradas desperdícios, é a principal razão para se aplicar o mapeamento dos fluxos de valor (WOMACK; JONES, 1996).

Koskela (1992; 2000) propôs um conjunto de seis princípios para gestão da produção, relacionados à visão da produção como fluxo. Cada um deles está apresentado a seguir de forma sucinta:

- (a) Reduzir a parcela das atividades que não agregam valor: é o mais geral dos princípios. Diz respeito à necessidade de eliminar os desperdícios, conforme a discussão acima, um dos focos principais da Mentalidade Enxuta;
- (b) Reduzir o *lead time*¹² dos processos: a redução de *lead time* é obtida principalmente por meio da redução do tamanho do lote e da eliminação de atividades que não agregam valor. A aplicação deste princípio é fundamental para implementar o *just-in-time*;
- (c) Reduzir a variabilidade dos processos: este princípio está relacionado à necessidade de eliminar desperdícios, uma vez que a variabilidade tende a adicionar atividades que não agregam valor nos processos. Entretanto, tem também forte relação com geração de valor para o cliente, já que produtos menos variáveis tendem a deixar os clientes mais satisfeitos;
- (d) Simplificação dos processos pela minimização do número de passos ou partes: torna o sistema de produção menos vulnerável a problemas de qualidade e possibilita a eliminação de atividades que não agregam valor;
- (e) Aumentar a flexibilidade de saída dos processos: existem diversas abordagens para oferecer certo grau de flexibilidade ao produto, o que tende a aumentar o valor do mesmo, sem reduzir substancialmente a eficiência dos sistemas de produção; e

¹² *Lead time* significa o tempo necessário para um produto se movimentar ao longo de todas as etapas de um processo, do início ao fim (também chamado de tempo *porta-a-porta*) (ROTHER; SHOOK, 1999).

- (f) Aumentar a transparência de processos: permite fazer com que os erros venham à tona, para que os problemas possam ser rapidamente resolvidos. Possibilita também a eliminação de atividades que não agregam valor.

3.1.3.2 Desperdício

Ohno (1997) propôs um conceito de desperdício (ou perda) no contexto do Sistema Toyota Produção, a partir da divisão do movimento dos trabalhadores em trabalho e perdas. O trabalho reúne duas categorias: (a) as operações que agregam valor e (b) as que não agregam valor, mas que são essenciais ao processo sem uma mudança de método de trabalho. O referido autor firma que perda corresponde às operações que não agregam valor, mas que podem ser eliminadas do processo, conforme ilustrado pela Figura 3.7.

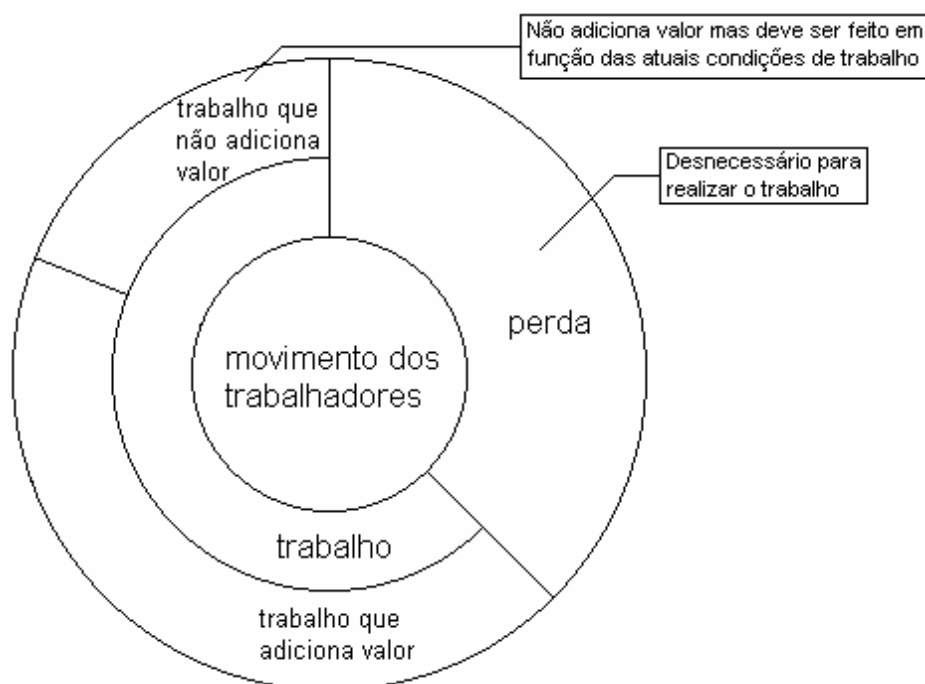


Figura 3.7 Classificação dos movimentos dos operários (OHNO, 1997)

Por meio da eliminação dos desperdícios, busca-se aumentar a parcela do trabalho

que agrega valor e reduzir progressivamente o trabalho que não adiciona valor (GUINATO, 1996). É importante atentar para o fato de que o trabalho que não adiciona valor, muitas vezes, não é facilmente visível e sua identificação deve ser fruto da completa compreensão do processo da produção, mediante análise cuidadosa de todo o processo. Desta forma, surgem as oportunidades de redução destas perdas e de melhorias reais (OHNO, 1997).

Para sustentar o processo sistemático de identificação e eliminação das perdas, Ohno (1997) propõe sete grandes classes de perdas:

- Perda por superprodução: pode ser dividida em dois tipos diferentes, quantitativa e antecipada, conforme já mencionado no item 2.3. Segundo Ohno (1997), Shingo (1996a, 1996b), esta é a perda mais perseguida no Sistema Toyota de Produção;
- Perda por transporte: é definida como uma atividade que não agrega valor devendo ser completamente eliminada do processo de produção. Esta eliminação pode ser obtida por meio de alterações no layout;
- Perda no processamento em si: representa o trabalho de processamento que poderia ser eliminado do processo sem afetar o produto e, também, o próprio produto, que pode não ser mais relevante aos objetivos da empresa;
- Perda por fabricação de produtos defeituosos: representa a geração de produtos que apresentam características de qualidade fora da especificação ou padrão estabelecido e, por esta razão, não satisfazem os requisitos de aplicação;
- Perda por movimentação: relaciona-se aos movimentos desnecessários realizados pelos operários na execução de uma operação;
- Perda por espera: é o desperdício relacionado ao intervalo de tempo no qual

nenhum processo ou operação pode ser executado. Esta perda ocorre basicamente por: elevado tempo de *setup*, falta de sincronização da produção devido ao inadequado balanceamento das equipes, quebras de máquinas, atraso na chegada de materiais, dentre outros (SHINGO, 1996b);

- Perda por estoque: acontece pela manutenção de estoques de matéria-prima, material em processamento e produtos acabados.

3.1.4 Fluxo contínuo

Segundo Rother e Shook (1999), fluxo contínuo é a produção de uma peça de cada vez (ou um lote pequeno de itens), sendo que cada item passa de um processo para o seguinte, sem interrupção. Ou seja, cada processo produz apenas o que é exigido pelo processo seguinte ou cliente final sem geração de estoque. Esse sistema de produção precisa ser suficientemente flexível para mudar – por exemplo, a velocidade ou o tipo de produto, de acordo com a demanda dos clientes.

Os mesmos autores afirmam que o elemento fundamental do fluxo unitário é a eliminação do estoque de produção, que envolve dois aspectos importantes: processo e objeto. No que diz respeito ao processo, reduz-se o intervalo de tempo entre a matéria-prima até os produtos acabados, em outras palavras, o *lead time*.

Nas Figura 3.8 e na Figura 3.9 são apresentadas ilustrações de como se reduz o *lead time* na produção quando se passa a trabalhar em fluxo contínuo ao invés de em lote. Na Figura 3.8 está apresentado um esquema de produção em lote formado por três processos, com dez itens cada com tempo de processamento de um minuto por item (dez minutos por lote). Para se produzir a primeira peça neste tipo de processo se levaria vinte e um minutos e, para se produzir todo o lote, trinta minutos. Na Figura 3.9 está apresentado o mesmo esquema de produção, com as mesmas características, só que em fluxo contínuo. Neste caso para se produzir a

primeira peça neste tipo de processo se levaria quatro minutos e para se produzir todos os itens, treze minutos. Em suma, o tempo de produção de todo o lote passou de trinta minutos para treze minutos.

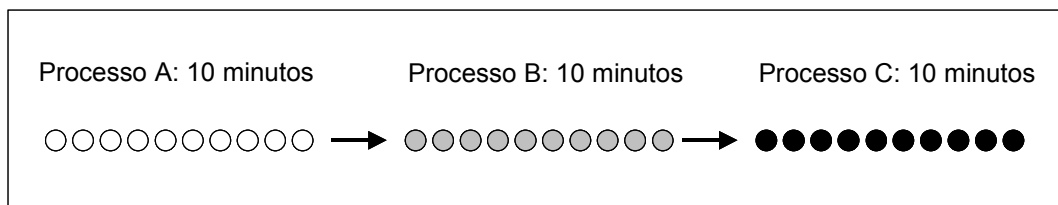


Figura 3.8 Produção em lote (GAMBIRASIO JR., 2004)

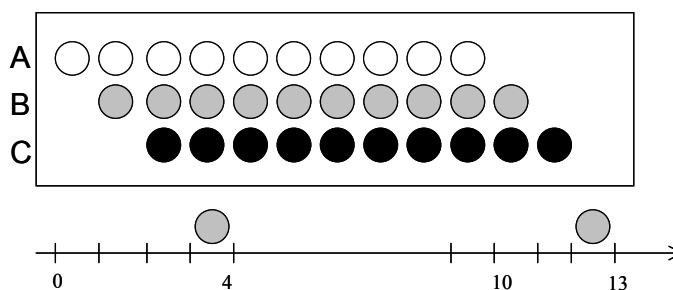


Figura 3.9 Produção em fluxo contínuo (GAMBIRASIO JR., 2004)

O aspecto relacionado ao objeto diz respeito à qualidade intrínseca do produto. Diversos autores (LIKER, 2004; ROTHER; SHOOK, 1999; WOMACK; JONES, 1996) atribuem essa qualidade à não existência de estoque para absorver problemas de produção. Ou seja, o processo de produção desacelera ou até mesmo interrompe se, por exemplo, algum equipamento deixa de funcionar ou existe alguma especificação de produto não atendida. Nessa abordagem, a retirada do estoque de produção é fundamental para que os problemas de produção sejam explicitados e resolvidos, melhorando o processo de produção e a qualidade do produto.

Contudo, alguns autores, tais como Liker (2004) e Spear e Bowen (1999) Edwards¹³ (1983) *apud* Hopp e Spearman (1996) argumentam que alguns conceitos, como fluxo unitário de peças ou estoque zero, são, na realidade, metas estabelecidas considerando a visão de um sistema de produção ideal.

Com base no conceito de fluxo contínuo, apresentado acima, alguns elementos são considerados chaves para o seu entendimento: estoques, tempo *takt* e manufatura celular. Os mesmos são discutidos em maior profundidade nos itens seguintes.

3.1.4.1 Estoques

Estoques são materiais existentes ao longo do fluxo de valor entre as etapas de processamento (LIB, 2003) e podem ser diferenciados de acordo com sua posição e por seu objetivo nesse fluxo. São considerados como atividades que não agregam valor no processo (KOSKELA, 1992). Em relação à sua posição, os estoques podem ser classificados da seguinte forma (LIB, 2003; SLACK *et al.*, 1997):

- Matérias primas: itens em uma fábrica que ainda não foram processados;
- Estoques em processo (*work in progress*¹⁴): itens entre as etapas de processamento;
- Produtos acabados: itens prontos em uma fábrica aguardando expedição.

Em relação ao objetivo, no Léxico *Lean* (LIB, 2003) os estoques são divididos em três categorias:

¹³ EDWARDS, J. N. MRP and Kanban - American style. APICS 26th Conference **Proceeding...**, 586-603, 1983.

¹⁴ *Work in progress* é também traduzido como trabalho em progresso ou trabalho em curso.

- Estoques de produtos acabados¹⁵: produtos mantidos ao final da produção para proteger o cliente final em caso de aumento repentino de demanda no curto prazo, que exceda à capacidade de produção;
- Estoques de segurança: estoques em processo mantidos em qualquer etapa da produção para proteger, em caso de problemas nos processos anteriores, os clientes intermediários, em processos posteriores;
- Estoques para expedição: produtos mantidos ao final da produção para atender ao próximo carregamento.

Slack *et al.* (1997), por sua vez, adota uma classificação segundo seus objetivos em:

- Estoque isolador: também chamado de estoque de segurança, usado em função das incertezas inerentes ao fornecimento e demanda;
- Estoque de ciclo: ocorrem quando um ou mais processos na produção não podem fornecer todos os itens que produzem simultaneamente;
- Estoque de antecipação: é usado para compensar diferenças de ritmo de fornecimento e demanda, sendo comum seu uso quando as flutuações de demanda são substanciais, mas relativamente previsíveis;
- Estoque no canal: quando o material não pode ser transportado instantaneamente entre os pontos de fornecimento e demanda.

¹⁵ No Léxico *Lean* (LIB, 2003), os estoques de produtos acabados são denominados de *buffers*. Não se usou esta designação porque em muitos trabalhos acadêmicos a palavra *buffer* é utilizada num sentido mais genérico, indicando qualquer tipo de folga – por exemplo, de materiais, de tempo e de capacidade.

Analisando as classificações dos estoques segundo seus objetivos apresentadas acima, percebe-se que Slack *et al.* (1997) não fazem uma diferenciação entre estoque de segurança e de produtos acabados. Na publicação do LIB (2003), faz-se esta diferenciação, para indicar que o segundo protege o cliente final no caso de mudança abrupta na demanda, enquanto o primeiro protege a produção em relação às ineficiências na produção, especialmente nos processos antecedentes.

Shingo (1996a, 1996b) atribui a existência de estoques de produtos acabados à diferença entre os ciclos de produção (P) e de entrega (E), causado muitas vezes pela falta de comunicação entre vendas e produção. Por exemplo, se P é 30 dias e E é 10 dias, é inevitável a formação de estoques ou não será possível atender à demanda do cliente dentro do prazo estabelecido. De forma geral, pode-se afirmar que (ANTUNES JR., 1998):

- Se $P > E$, existe a necessidade de constituição de estoques de produto acabado;
- Se $P < E$, não existe a necessidade de constituição de estoques de produto acabado.

Dentro dessa visão, existem duas alternativas passíveis de serem utilizadas objetivando a eliminação dos estoques: a redução do ciclo de produção (P) e o incremento do ciclo de entrega (E) (ANTUNES JR., 1998). Segundo o referido autor, as pressões de mercado fazem com que a primeira alternativa seja normalmente preferível, uma vez que as dimensões competitivas relacionadas ao tempo de atendimento e cumprimento dos prazos tornam-se cada vez mais importantes. Assim, normalmente existe a necessidade de reduzir os ciclos de produção, ou seja, reduzir o *lead time* total dos produtos. Em função disso, as esperas do lote e do processo, relacionadas aos estoques em processamento, devem ser eliminadas da produção e os estoques de matéria-prima reduzidos drasticamente.

Outro tipo de estoque que é abordado no presente trabalho é aquele definido no padrão de um processo (item 3.1.6.2), que se refere à quantidade de estoque

necessária entre cada etapa de processamento para que a produção flua sem problemas (LIB, 2003). O tamanho deste estoque depende de fatores como a variabilidade e a capacidade do sistema (HOPP; SPEARMAN, 1996).

3.1.4.2 Tempo *takt*

Outro fator importante relacionado ao fluxo contínuo é a determinação da velocidade de produção, uma vez que os produtos devem ser entregues aos clientes no tempo solicitado. No STP, a velocidade com que os produtos, ou itens, devem ser produzidos, é dada pelo tempo *takt* (conceito apresentado no item 2.4.2).

Segundo Shook¹⁶ (1998) *apud* Alvarez e Antunes Jr. (2001), a palavra alemã '*takt*' serve para designar o compasso de uma composição musical, tendo sido introduzida no Japão nos anos 30 com o sentido de ritmo de produção, quando técnicos japoneses estavam aprendendo técnicas de fabricação com engenheiros alemães. Kosaka (2005) usa o termo pulsação para explicar o sentido do tempo *takt* no STP.

Por exemplo, se uma empresa trabalha sete horas e vinte minutos por dia (440 minutos) durante vinte dias por mês e se os clientes comprarem 17.600 unidades por mês, deve-se então produzir 880 unidades por dia, ou uma unidade a cada 30 segundos, que equivale ao tempo *takt*, ou seja, em um fluxo unitário de peças, cada processo deve produzir uma parte a cada 30 segundos (KOSAKA, 2005).

Alvarez e Antunes Jr. (2001) definem o tempo *takt* como o ritmo de produção necessário para atender a um determinado nível de demanda, dadas as restrições de capacidade da linha ou célula. Os mesmos autores concluem que,

¹⁶ SHOOK, Y: "Bringing the Toyota Production System to the United States: A Personal Perspective". LIKER, J. (Org.) **Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers**, Productivity, Portland, EUA, 1998.

concretamente, o tempo *takt* é o ritmo de produção alocado para a produção de uma peça ou produto em uma linha ou célula.

Apesar da demanda dos clientes variar no decorrer do tempo, o tempo *takt* deve se manter relativamente estável num curto prazo (KOSAKA, 2005). No caso de aumento da demanda pode-se usar horas extras e no caso de redução pode-se trabalhar menos horas. É importante ressaltar que o tempo *takt* é um dos elementos do trabalho padronizado (item 3.1.6.2) e qualquer alteração neste resulta em mudanças nos padrões adotados nas operações (KOSAKA, 2005).

3.1.4.3 Manufatura celular

A aplicação dos princípios da Mentalidade Enxuta, particularmente a implementação do fluxo contínuo, envolve mudanças importantes de arranjo físico, em parte como decorrência da redução dos estoques (WOMACK *et al.*, 1992). Segundo Slack *et al.* (1997), a definição do arranjo físico (*layout*) envolve decisões sobre onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal de produção, podendo os arranjos físicos ser classificados em quatro tipos básicos:

- Posicional: os recursos transformados se movem entre transformadores;
- Por processo: as necessidades e conveniências dos recursos transformadores que constituem o processo produtivo é que determinam o arranjo;
- Celular: é aquele em que os recursos transformados são pré-selecionados para movimentar-se para uma parte específica da produção (célula) na qual todos os recursos transformadores necessários se encontram; e
- Por produto: envolve localizar os recursos transformadores segundo a melhor conveniência do recurso que está sendo transformado.

Um dos elementos importante, apontados Womack e Jones (1996) e Liker (2004), para a implementação do fluxo contínuo é o *layout* celular. Neste tipo de arranjo físico, as etapas de produção são organizadas em seqüência, normalmente dentro de uma única célula e o produto passa de uma etapa para a seguinte sem estoque em processo (WOMACK; JONES, 1996), conforme ilustra a Figura 3.10.

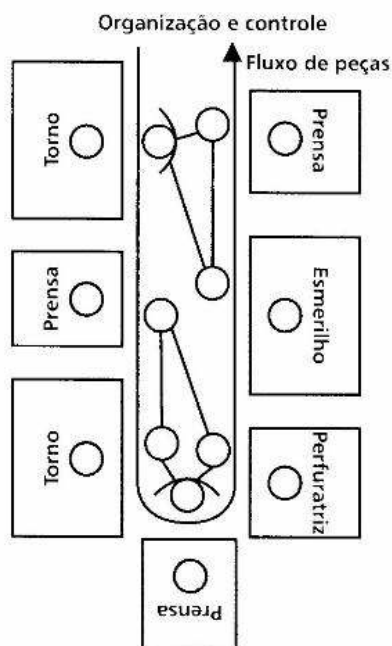


Figura 3.10 Célula de fluxo unitário de peças organizadas em forma de U (LIKER, 2004)

Segundo Lopes (1998), a forma de organização das máquinas em uma célula depende de vários fatores, entre os quais os tipos de processos utilizados na empresa, as restrições de espaço físico, emissão de poluentes e mobilidade das máquinas que compõem o *layout*. O mesmo autor classifica os arranjos das células em quatro diferentes tipos:

- Máquina-célula: é composta por uma única máquina com capacidade de produção elevada;

- Célula em U: layout em formato de U, composto por diversas máquinas agrupadas de acordo com a seqüência de um determinado processo, posicionadas a fim de permitir que os trabalhadores possam se deslocar dentro da área de trabalho para operar mais de uma máquina durante o ciclo de fabricação de uma dada peça, ou família de peças;
- Célula em linha: layout de máquinas com processamento semelhante, interligadas por transporte automático de peças, sendo que as peças ou famílias de peças passam por todas as máquinas do agrupamento;
- Célula em *loop*: *layout* de máquinas com algumas etapas do processamento diferentes, interligadas por transporte automático de peças, sendo que as peças ou famílias de peças não passam por todas as máquinas do agrupamento.

3.1.5 Produção Puxada

A natureza das decisões para planejar e controlar um sistema produtivo depende tanto da natureza da demanda como da natureza do fornecimento (SLACK *et al.*,1997). Esse é o início para o entendimento do que é produção puxada.

Segundo os referidos autores, alguns processos são razoavelmente previsíveis e usualmente ocorrem conforme o plano - nessas situações, a necessidade de controle é mínima. Por outro lado, outros processos raramente acontecem de acordo com o plano, necessitando que se faça um controle de curto prazo, para minimizar o efeito nocivo da mudança de demanda no processo.

Em relação à demanda, esta pode ser incerta, não necessariamente em todos os processos, e, também, pode ser razoavelmente previsível. Em alguns casos, pode ser imprevisível mesmo no curto prazo, como, por exemplo, uma lanchonete de *fast-food*, mas ser possível prever certos padrões (SLACK *et al.*, 1997).

A demanda pode também ser classificada em dependente e a independente. A demanda dependente é relativamente previsível devido a sua dependência em relação a alguns fatores conhecidos, como, por exemplo, a assinatura de um contrato de fornecimento de um lote de produtos pré-definidos. Em função disso, os recursos podem ser adquiridos conforme um cronograma de entregas que está proximamente alinhado com a demanda. Neste caso, as instruções de manufatura e os requisitos de demanda são todos dependentes desses números (SLACK *et al.*, 1997).

Neste contexto, o planejamento e controle de demanda dependente concentra-se nas conseqüências da demanda dentro da operação. O planejamento das necessidades materiais por meio do MRP (*Material Requirements Planning*) é uma abordagem típica para gerenciar a demanda dependente (HOPP; SPEARMANN, 1996).

No caso da demanda independente, por outro lado, não se tem uma demanda pré-definida. Por exemplo, uma montadora não sabe exatamente quantos carros vai vender no período e toma decisões de planejamento e controle baseado em sua experiência e conhecimento do mercado, independente do que pode realmente acontecer (SLACK *et al.*, 1997). Assim, no caso de demanda independente, a empresa deve buscar informações sobre a demanda futura para prever os recursos necessários para satisfazer a provável, se preparar para responder rapidamente, caso a demanda real não corresponda à prevista (SLACK *et al.*, 1997).

Entretanto, pode haver muitos desvios da demanda real em relação à prevista. Womack e Jones (1996) denominam as projeções incorretas de demanda criada, as quais com freqüência provocam drásticas ondas de pedidos à cadeia de suprimentos que não são relacionados à demanda real, expressa pelos clientes.

Quando o sistema de planejamento e controle permite a tomada de decisão sobre volume de produção baseada na demanda real, a partir da solicitação do cliente

final, o sistema de produção é chamado puxado (WOMACK; JONES, 1996). Nesta mesma linha, Toni *et al.* (1988) definem os sistemas puxados como aqueles que trabalham sob ordens de produção baseada em pedidos, enquanto que nos sistemas empurrados se utiliza ordens de produção baseadas em previsões.

Sistemas puxados podem também ser definidos a partir do fluxo de informação no sistema. Segundo Bonney *et al.* (1999), sistemas puxados são aqueles em que o fluxo de informação tem direção oposta ao fluxo de material na produção e os sistemas empurrados são aqueles em que o fluxo de informação tem a mesma direção do fluxo de material na produção.

Hopp e Spearman (1996) apresentam um conceito mais amplo de produção puxada, segundo a qual um sistema puxado é aquele que autoriza a realização de uma tarefa em função do *status* do sistema, em oposição ao sistema empurrado, no qual a execução de uma tarefa é planejada a partir de uma projeção da demanda. Os mesmos autores afirmam que a maioria dos sistemas de produção no mundo real opera através de uma combinação de produção puxada e empurrada.

A possibilidade de se puxar a produção depende fortemente da redução do *lead time*, que, por sua vez requer a implementação do fluxo contínuo e unitário (WOMACK; JONES, 1996).

Os sistemas puxados podem ser classificados em três categorias: supermercado, seqüencial e misto (LIB, 2003), os quais são apresentados nos itens seguintes.

3.1.5.1 Sistema Puxado com Supermercado

O sistema puxado com supermercado é a forma mais difundida de produção puxada, sendo também conhecido como sistema de reposição (LIB, 2003). Nesse sistema, cada processo tem um estoque controlado de peças, denominado de supermercado, no qual é armazenada uma quantidade controlada de cada item

produzido (Figura 3.11). Cada processo produz apenas o necessário para repor o que é retirado do seu supermercado.

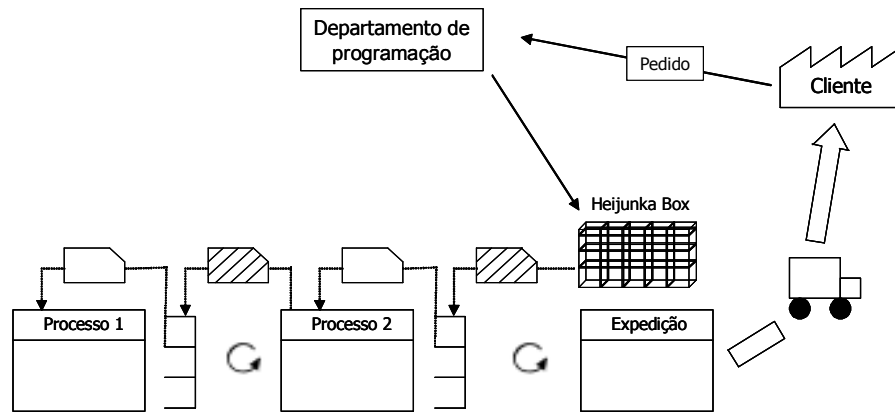


Figura 3.11 Sistema puxado com supermercado (LIB, 2003)

A autorização de produção se dá em função da quantidade e tipo de peça retirada do seu supermercado. A desvantagem de um sistema com supermercado é que um processo precisa manter um estoque com todas as peças que produz, o que pode trazer dificuldades caso a variedade de peças seja muito grande (LIB, 2003).

3.1.5.2 Sistema puxado Seqüencial

O sistema puxado seqüencial (Figura 3.12) pode ser usado quando houver uma variedade de peças muito grande a ser armazenada em um supermercado (LIB, 2003). Os produtos são basicamente feitos sob encomenda e o estoque total do sistema é minimizado.

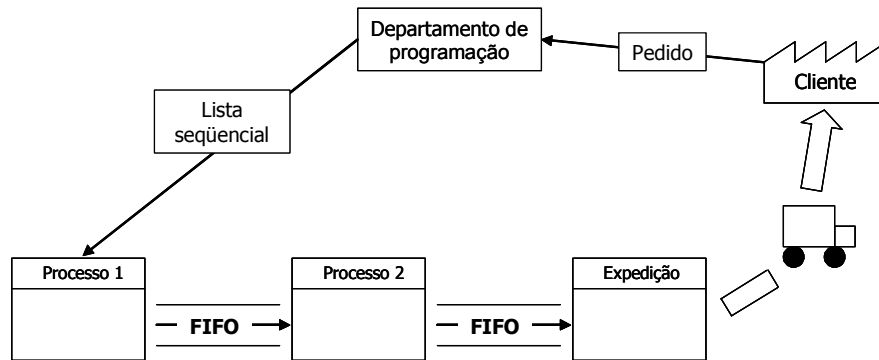


Figura 3.12 Sistema puxado seqüencial (LIB, 2003)

Em um sistema seqüencial, o setor de programação deve estabelecer o *mix* correto e a quantidade de produtos a ser produzida. Isso pode ser feito, geralmente, por meio de cartões *Kanban* no início de cada turno de trabalho. Essas informações são então enviadas ao processo inicial. Cada um dos processos posteriores produz, em seqüência, os itens que chegam até ele, originados no processo anterior. O FIFO (*first in first out*) para cada produto precisa ser mantido continuamente. Hopp e Spearman (1996) denominam o sistema puxado seqüencial de CONWIP.

Um sistema seqüencial cria uma pressão para que se mantenham os *lead times* curtos e previsíveis. Para que esse sistema funcione efetivamente, o padrão seguido pelos pedidos dos clientes precisa ser bem compreendido. Caso os pedidos sejam difíceis de prever, o *lead time* de produção deve ser muito curto, caso contrário deve ser mantido um supermercado adequado de produtos acabados (LIB, 2003).

3.1.5.3 Sistema Puxado Misto (seqüencial e com supermercado)

Os sistemas puxados com supermercado e seqüenciais podem ser empregados conjuntamente como um sistema misto (Figura 3.13). Um sistema misto pode ser apropriado quando existe uma determinada proporção entre os itens: um percentual pequeno da gama de peças (por exemplo, 20%) responde pela maior parte (por exemplo, 80%) do volume de produção diário (LIB, 2003). Geralmente, faz-se uma

análise para segmentar as peças por volume, de acordo com a frequência de pedidos: (a) alta, (b) média, (c) baixa e (d) não-freqüente (pedidos ou peças especiais para reposição) (LIB, 2003).

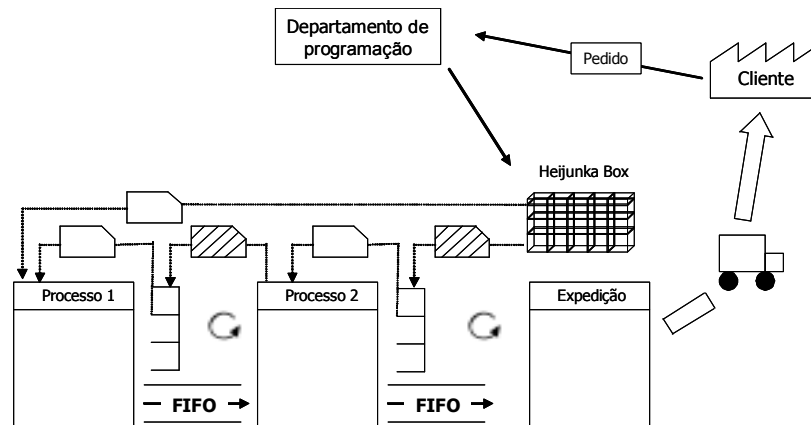


Figura 3.13 Sistema Puxado Misto (LIB, 2003)

Para lidar com os itens que têm pouca saída, um *kanban* especial pode ser criado. A seqüência de produção para esses produtos é então estabelecida pelo método utilizado pelo setor de programação para as peças do sistema puxado seqüencial (LIB, 2003).

O sistema misto permite que os sistemas com supermercado e seqüencial sejam aplicados seletivamente, conseguindo-se os benefícios proporcionados por ambos, mesmo em ambientes em que a demanda é complexa e variada (LIB, 2003). Os dois sistemas podem ocorrer ao mesmo tempo ao longo de um processo de produção ou podem ser usados para uma determinada peça em alguns trechos de seu fluxo específico de valor (LIB, 2003).

3.1.6 Melhoria Contínua

A melhoria contínua é um dos elementos fundamentais do STP, sendo expressa na Mentalidade Enxuta por meio do princípio de buscar a perfeição (WOMACK; JONES, 1996). Segundo Koskela (1992), melhoria contínua está relacionada à necessidade

de um esforço interno, incremental e participativo na empresa, voltado à eliminação de desperdícios, que deve ser realizado continuamente. Liker (2004) e Spear e Bowen (1999), por sua vez, relacionam a melhoria contínua do STP à capacidade de aprendizagem que é construída a partir da aplicação de alguns princípios ou regras.

3.1.6.1 Ciclo PDCA

Uma forma simples de representar as atividades envolvidas na melhoria contínua é o ciclo PDCA (Figura 3.14), adotado usualmente nos sistemas de gestão da qualidade para controlar¹⁷ os processos (CAMPOS, 1992).

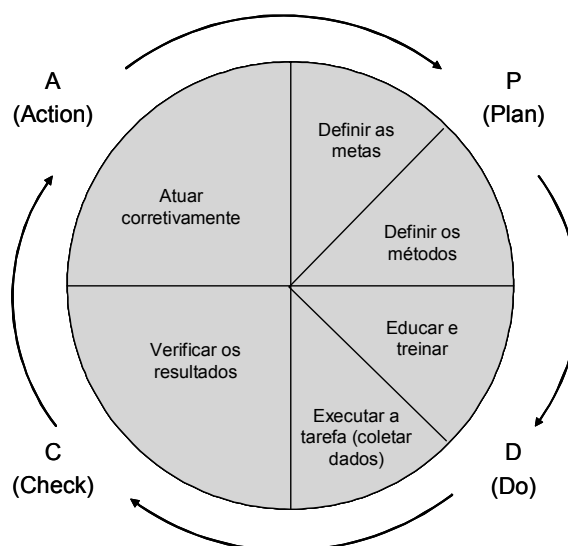


Figura 3.14 Ciclo PDCA de controle de processo (CAMPOS, 1992)

Este ciclo é composto de quatro fases: planejar (*plan*), executar (*do*), verificar (*check*) e atuar corretivamente (*action*), definidas por Campos (1992) conforme segue:

¹⁷ Campos (1992) define controle como um processo formado de três ações fundamentais: estabelecimento da "diretriz de controle" (planejamento), manutenção do nível de controle (manutenção de padrões) e alteração da diretriz de controle (melhorias).

- Planejamento: estabelecer metas e os meios para atingi-las (diretrizes de controle);
- Execução: executar as tarefas como previstas no plano e coletar dados para verificação do processo. Nesta etapa é essencial o treinamento para o trabalho decorrente da fase de planejamento;
- Verificação: a partir dos dados coletados na execução, compara-se o resultado alcançado com a meta planejada;
- Ação corretiva: esta é a etapa na qual se detecta desvios e se atua no sentido de fazer correções definitivas, de tal modo que o problema não volte a ocorrer.

Campos (1992) comenta que o ciclo PDCA pode ser usado de duas maneiras: uma para manutenção do trabalho por meio da padronização e outra para melhoria. O mesmo autor define melhoria contínua como o processo de melhorar os padrões, correspondente ao estabelecimento de novos níveis de controle do processo. Na Figura 3.15 está apresentado o processo de obtenção da melhoria contínua, conjugada com a manutenção do trabalho (padronização).

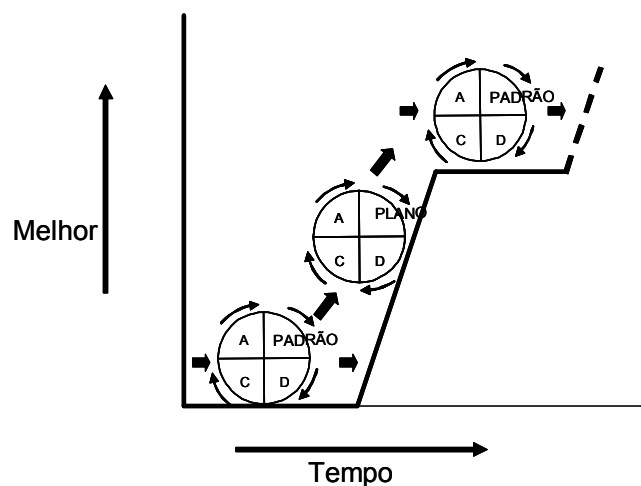


Figura 3.15 Padronização e melhoria contínua (CAMPOS, 1992)

Segundo Imai (1986) *apud* Liker (2004), é difícil melhorar qualquer processo antes que ele seja padronizado, ou seja, se o processo sofre qualquer mudança (localização, por exemplo), as melhorias introduzidas tendem a ser apenas mais uma variação que ocasionalmente é utilizada sem ser efetivamente incorporada na organização. Neste sentido, Shook (2004) apresenta o ciclo PDCA como um teste de hipótese, no qual o plano de trabalho é uma hipótese da melhor forma de trabalho, que precisa ser testada. Após esse teste, reflete-se sobre esse plano, identificam-se oportunidades de melhoria e, por fim, o mesmo é ajustado.

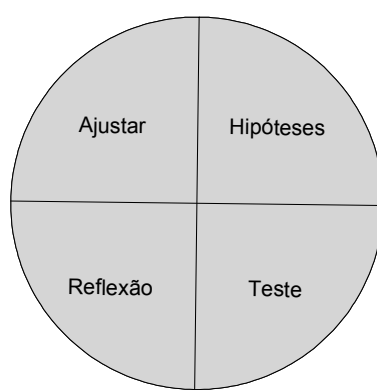


Figura 3.16 Ciclo PDCA adaptado por Shook (2004)

Esta visão é também compartilhada por Spear e Bowen (1999), que definem o padrão do STP como uma hipótese de melhor prática, que precisa ser continuamente desafiada (ver item 2.5). No item seguinte discute-se em maior profundidade o conceito de padronização e, particularmente, a abordagem de padronização adotada no STP, denominada trabalho padronizado.

3.1.6.2 Trabalho padronizado

A padronização de tarefas foi um dos elementos básicos quando a Produção em Massa substituiu a forma artesanal de produção (WOMACK *et al.*, 1992). Neste contexto, os padrões eram estabelecidos por meio de estudos dos tempos e movimentos realizados por engenheiros industriais, partindo do pressuposto de que havia uma melhor forma de executar a tarefa (*one best way*) (HOPP; SPEARMAN,

1996). Cabia aos trabalhadores apenas obedecer aos padrões (LIKER, 2004).

Este conceito de padrão foi amplamente adotado na Produção em Massa, na qual havia uma rígida padronização na linha de montagem. Entretanto, Henry Ford tinha uma visão de padrão um pouco diferente em relação ao Taylorismo:

“a padronização atual... é a base necessária sobre a qual a melhoria de amanhã será fundamentada. Se você pensar em ‘padronização’ como o que há de melhor hoje, mas que deverá ser melhorado amanhã, você conseguirá chegar a algum lugar. Mas se você pensa em padrões como o limite, o progresso é interrompido” (LIKER, 2004)

No STP, a padronização tem um enfoque bastante diferente daquele adotado na Produção em Massa e até mesmo dos procedimentos padronizados normalmente usados nos sistemas de gestão da qualidade. Nestes a padronização é focada no produto e no processo de produção, enquanto no STP a padronização é focada na operação, ou seja, no trabalhador. Este último tipo de padronização recebeu uma designação específica, trabalho padronizado (*standardized work*) (LIB, 2003), em oposição à designação genérica de padronização do trabalho (*work standard*). Liker (2004) acrescenta que esse trabalho deve ser criado e desenvolvido com a participação da mão-de-obra.

Liker (2004) usa a descrição de um dos presidentes da Toyota (Cho) para trabalho padronizado:

“Nosso trabalho padronizado consiste em três elementos – o tempo *takt*, a seqüência de realização das coisas ou a seqüência de processos e quanto inventário ou estoque cada trabalhador precisa ter à mão a fim de realizar aquele trabalho padronizado. Com base nesses três elementos (tempo *takt*, seqüência e estoque padronizado disponível) o trabalho

padronizado é estabelecido” (LIKER, 2004, p.147).

Esta descrição de trabalho padronizado apresenta uma importante contribuição à medida que define o conteúdo do mesmo por meio de três elementos básicos, apresentados no item 2.4.2: tempo *takt*, seqüência do trabalho e estoque padrão.

Segundo Liker (2004), a abordagem da TWI (*Training Withing Industry*), já comentada no item 2.4.2, teve um importante papel no desenvolvimento do conceito de padronização do STP, principalmente no que diz respeito a ir à fonte, observar detalhadamente e aprender fazendo e a idéia de melhoria a partir da análise de tarefas.

3.1.7 Estabilidade básica

A estabilidade básica é um conceito que só recentemente vem sendo discutido na bibliografia. É citado como um dos componentes das fundações da casa do STP, apresentada pelo LIB (2003), sendo apontada como um pré-requisito para iniciar a implementação dos princípios da Mentalidade Enxuta.

Em realidade, há na bibliografia recomendações sobre como obter estabilidade básica, mas não uma definição clara do que ela significa. Liker e Meier (2007) definem estabilidade como a capacidade de produzir resultados coerentes ao longo do tempo e concluem afirmando que a instabilidade é resultado da variabilidade nos processos. Os mesmos autores colocam como principal objetivo da estabilidade atingir um nível sistemático de capacidade. Conforme mencionado no item 2.4.2, estabilidade básica é definida por Smalley (2005), como a previsibilidade geral e disponibilidade constante em relação a recursos. Um conceito similar é utilizado por Ballard e Howell (1997) para descrever o impacto da implementação do Sistema *Last Planner* em empreendimentos de construção (ver item 3.2.2).

Liker e Meier (2007) relacionam a estabilização à melhoria contínua. Definem esta última como um processo cíclico e gradualmente crescente que se inicia na estabilização, passa pela criação do fluxo, depois pela padronização e por fim pelo nivelamento da produção (Figura 3.17). Após o primeiro ciclo, ocorrem níveis mais elevados de melhoria contínua, que os autores denominam de espiral da melhoria contínua.

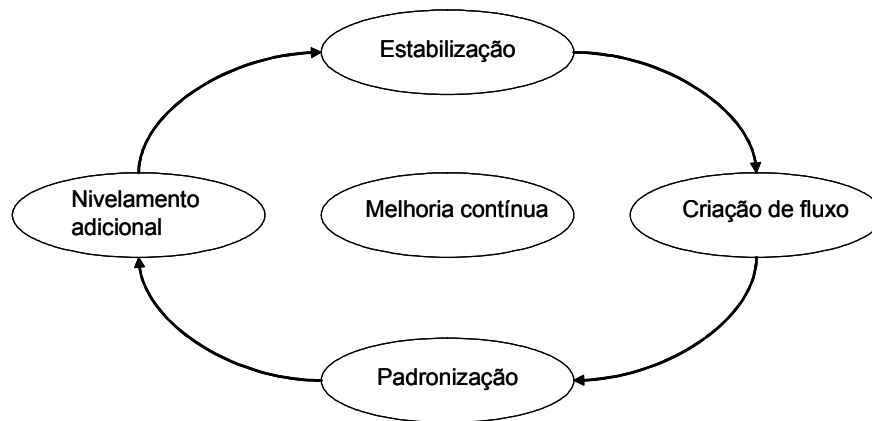


Figura 3.17 Ciclo da melhoria contínua (LIKER; MEIER, 2007)

O grau inicial da estabilidade é definido por Liker e Meier (2007) como a capacidade de produzir resultados sistemáticos, ou seja, a produção de uma mesma quantidade de produtos, no mesmo tempo, com a mesma quantidade de recursos (pessoas e equipamento), com um alto nível de confiabilidade. O autor sugere como regra razoável para medir a confiabilidade um nível de 80% ou mais. Curiosamente este é um valor mínimo considerado com indicativo de estabilidade na aplicação do Sistema *Last Planner* (BALLARD; HOWELL, 1997).

Samaniego (2007) relaciona estabilidade na produção de telhas pré-fabricadas com processos que ocorrem em seqüência e duração de tempo fixos e, dentro de horários previamente planejados. O grau de repetitividade com que esses processos ocorrem dentro desses parâmetros predefinidos pode indicar a estabilidade do processo. O mesmo autor considera que um grau de repetitividade de cerca de 75% significava que um processo tem estabilidade básica.

Em suma, a estabilidade básica parece estar fortemente relacionada à redução da variabilidade e à confiabilidade dos processos. Tem também relação com o conhecimento da efetiva capacidade de produção, sendo considerado como um estado inicial necessário para a introdução de outras melhorias, tais como a eliminação de estoques e padronização, que contribuem subseqüentemente para a redução da variabilidade e aumento da confiabilidade.

Alguns trabalhos publicados sobre o tema têm um enfoque essencialmente prático, em geral identificando categorias de elementos considerados essenciais na gestão das fábricas para que estas tenham estabilidade. É o caso, por exemplo, dos 4M propostos por Smalley (2005) (ver item 2.4.2), e também os 5M, propostos por Takahashi e Osada (1993), apresentado a seguir.

Takahashi e Osada (1993) consideram que existem cinco elementos essenciais envolvidos no gerenciamento da fábrica: mão-de-obra, máquinas, materiais, moeda e método. Os três primeiros referem-se aos elementos de entrada necessários às atividades da fábrica, que possuem um valor monetário, enquanto o método se refere aos processos de gestão da produção. O Quadro 3.1 apresenta a relação entre estes cinco elementos.

Os resultados (saídas) das fábricas podem ser definidos como: P (volume de produção), Q (qualidade), C (custo, exigências da unidade, material em processamento), E (data de entrega), S (segurança, medidas de proteção contra a poluição ambiental) e M (atitude mental e moral em relação ao trabalho). Segundo Takahashi e Osada (1993), a gestão dos seis fatores de saída, além dos elementos essenciais materiais, máquinas e mão-de-obra mencionados anteriormente, é que permite alcançar a estabilidade do sistema de produção. Em relação ao fator de entrada máquina, cabe destacar que o elemento que permite obter resultados é a Manutenção Produtiva Total (TPM)¹⁸, uma abordagem adotada para eliminar os

¹⁸ TPM (*Total Production Maintenance*)

problemas relacionados às máquinas (TAKAHASHI; OSADA, 1993). O Quadro 3.1 foi proposto para ser utilizado na prática, como se fosse um *check-list*, para analisar a relação entre métodos de gerenciamento, os elementos essenciais da gestão e os fatores de saída.

Quadro 3.1 Método de gerenciamento 5M's (TAKAHASHI; OSADA, 1993)

Saída \ Entrada	Moeda			Método
	Mão-de-obra	Máquina	Material	
Produção (P)	→	→	→	Planejamento e programação da produção
Qualidade (Q)	→	→	→	Controle da qualidade
Custo (C)	→	→	→	Controle de custos
Distribuição (D)	→	→	→	Controle da entrega
Segurança (S)	→	→	→	Segurança e poluição
Moral (M)	↓	↓	↓	Relações humanas
Método	Autorização de mão-de-obra	Manutenção produtiva	Controle de estoque	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> Saída = $\frac{\text{Produtividade}}{\text{Entrada}}$ </div> Metas das atividades da fábrica

Existem diferenças entre o 5M's de Takahashi e Osada (1993) e 4M proposto por Smalley (2005). No primeiro, o M de método está relacionado a métodos gerenciais, enquanto no outro diz respeito ao padrão de trabalho. Outra diferença entre as abordagens é que o 5M tem um caráter mais operacional, definindo os elementos de saída, que não constam no 4M.

3.2 FERRAMENTAS DE GESTÃO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO FLUXO CONTÍNUO

Na base da pirâmide apresentada no item 3.1.1 situam-se os métodos e as ferramentas de gestão que podem ser utilizados para apoiar o processo de

implementação. Tais elementos do referencial teórico têm um caráter aplicado, mas são os meios por meio dos quais os conceitos e princípios discutidos no item 3.1 são efetivamente aplicados.

Neste item são descritas em detalhes as ferramentas tradicionalmente utilizadas na implementação da Mentalidade Enxuta (Mapa de Fluxo de Valor, Gráfico de Balanceamento de Operações e Tabela de Trabalho Padronizado Combinado) e duas ferramentas de planejamento e controle da produção (*Last Planner* e Linha de Balanço), consideradas relevantes no presente trabalho para a implementação desta abordagem na construção civil.

3.2.1 Ferramentas tradicionais da Mentalidade Enxuta

3.2.1.1 Mapa de Fluxo de Valor

Rother e Harris (2002) propõem como primeiro passo na implementação do fluxo contínuo o mapeamento do fluxo de valor, incluindo os fluxos de materiais e informações, do produto ou família de produtos escolhida como foco de melhoria. O principal objetivo do mapeamento do fluxo de valor é identificar a ocorrência de desperdícios e tentar eliminá-los por meio de um projeto do sistema de produção, ou seja, um estado futuro do sistema, no qual se adote o fluxo contínuo e a produção puxada (ROTHER; SHOOK, 1999).

No Mapa do Fluxo de Valor (MFV) são representadas as etapas envolvidas nos fluxos de materiais, necessárias para atender aos clientes, desde o pedido até a entrega (LIB, 2003). Os MFV funcionam como uma fotografia da empresa, escritório, ou fábrica, ilustrando como estão naquele exato momento os estoques, a demanda, os tempos de ciclo, tempo *takt*, entre outras variáveis. Assim, deve ser redesenhado em diferentes momentos a fim de revelar novas oportunidades de melhoria. É uma

ferramenta predominantemente gráfica, que permite visualizar e entender processos, a partir da síntese de um conjunto de informações consideradas essenciais para identificar desperdícios.

Rother e Harris (2002) afirmam que o fluxo de valor pode ser analisado em diferentes níveis (Figura 3.18), desde um simples processo na fábrica, até o caminho total, desde matéria-prima até o produto acabado, considerando toda a cadeia de valor (ou seja, várias empresas). Os mesmos autores sugerem que se deve iniciar pelos fluxos de materiais e informações dentro dos limites de uma fábrica ou posto de trabalho. Somente após a análise neste nível, parte-se para uma análise mais detalhada em nível de processo (Figura 3.18). Neste trabalho, não é discutida a aplicação do mapeamento de fluxo de valor nos níveis de múltiplas plantas e várias empresas.

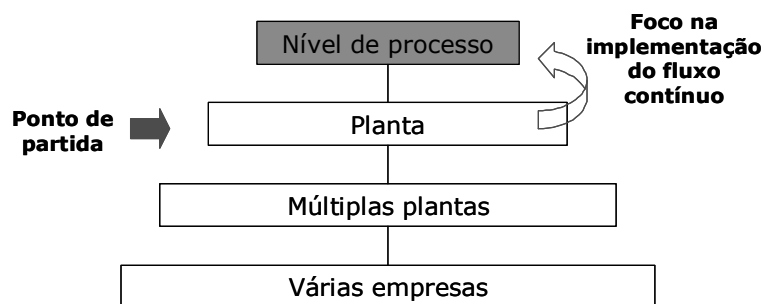


Figura 3.18 Diferentes níveis de fluxo de valor (ROTHER; SHOOK, 1999)

As principais etapas no mapeamento do fluxo de valor são descritas por Rother e Shook (1999). São elas: identificação da família de produtos, mapeamento do estado atual, mapeamento do estado futuro, elaboração do plano de trabalho e implementação. Nos itens seguintes, cada uma dessas etapas é detalhada, com base nos referidos autores.

3.2.1.1.1 Identificação da família de produtos

Rother e Shook (1999) definem família de produtos como um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns. Os autores sugerem que o ponto de partida é identificar e diferenciar as famílias por produtos da fábrica, do ponto de vista dos consumidores e que o mapeamento do fluxo de valor deve começar por uma dessas famílias.

3.2.1.1.2 Mapeamento do estado atual

O desenho do Mapa de Fluxo de Valor (ver exemplo na Figura 3.19) deve ser feito de forma simples, utilizando-se de um conjunto de símbolos ou ícones padronizados, os quais foram propostos por Rother e Shook (1999) (ver Anexo A).

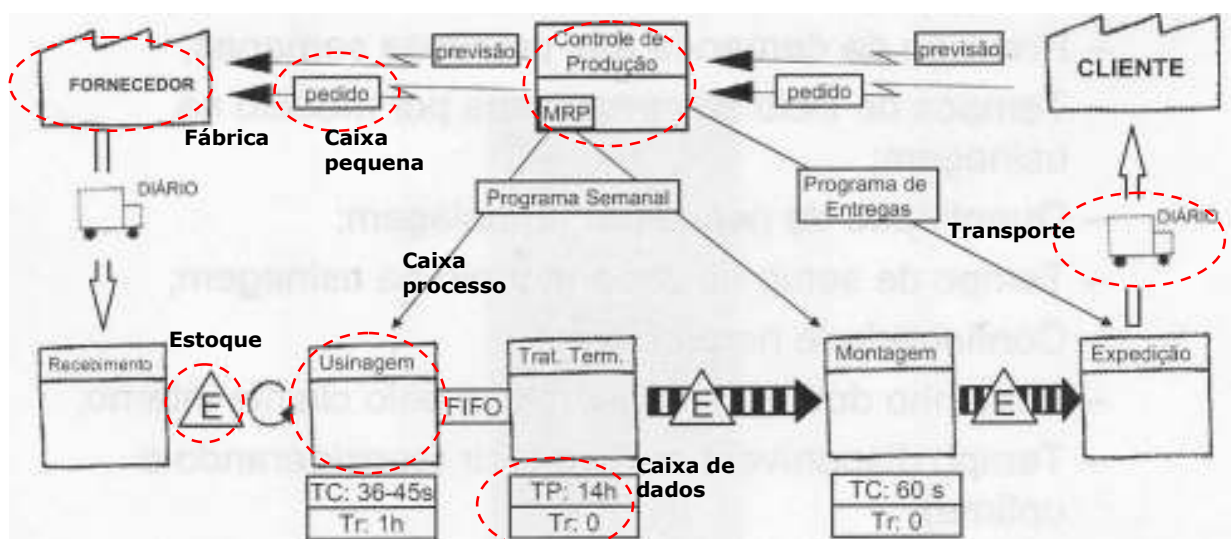


Figura 3.19 Exemplo de Mapa de Fluxo de Valor do estado atual (LIB, 2003)

O mapeamento inicia pela caracterização da demanda do consumidor. O cliente da fábrica é representado pelo ícone cliente, colocado no canto direito do mapa, ao alto. Abaixo deste ícone desenha-se uma caixa de dados (Figura 3.19), registrando informações acerca das necessidades do cliente em relação à empresa analisada. Os dados relativos ao cliente são: consumo do produto por dia ou mês, forma como o

produto é entregue (bandejas, *pallets*, unidades, por exemplo) e o número de turnos que a fábrica do cliente opera.

O próximo passo é o desenho dos processos básicos envolvidos na produção. O fluxo de materiais é desenhado da esquerda para direita, na seqüência das etapas do processo. Sugere-se que a identificação dessas etapas e a coleta dos dados necessários sejam realizadas por meio de uma visita no chão da fábrica. Cada processo é representado pelo ícone caixa de processo (Figura 3.19). Abaixo de cada caixa de processo, desenha-se uma caixa de dados, na qual são registradas as seguintes informações sobre os processos:

- Tempo de ciclo (T/C): tempo que leva entre um componente e o próximo saírem do mesmo processo, ou seja, mede-se a freqüência com que uma peça (ou um produto) é completada por um processo (LIB, 2003). Inclui os tempos usados na própria operação e na preparação, carregamento e descarregamento dos materiais;
- Tempo de troca (Tr): tempo para mudar a produção de um tipo de produto para outro, também conhecido como tempo de setup da máquina;
- Número de pessoas: refere-se às pessoas necessárias para operar o processo, sendo indicado pelo ícone operador (ver Anexo A), representado dentro da caixa de processo;
- Tempo de trabalho disponível: tempo efetivamente disponível por turno no processo, do qual se descontam os tempos de descanso, em reuniões e de limpeza;
- Tamanho dos lotes de produção (TLP).

No mapa usa-se, geralmente, a unidade de segundos para o tempo de ciclo e o tempo de trabalho disponível.

Durante a visita no chão da fábrica é importante também observar e registrar os estoques acumulados. Para representar os estoques, utiliza-se o ícone triângulo de advertência (Figura 3.19), indicando sua localização e o seu tamanho.

Após o desenho de todas as etapas do processo e seus respectivos estoques, passa-se para a representação dos transportes do produto acabado para o cliente e do fornecedor até a fábrica em análise. Esse movimento é representado pelo ícone de caminhão e uma seta larga (Figura 3.19). Após o desenho da última etapa de processo, indica-se o estoque de produto acabado e o movimento entre a expedição e o cliente, com informações sobre frequência de entrega.

Na extremidade esquerda do mapa, representa-se o fornecedor de matéria-prima com um ícone fábrica e uma caixa de dados com informações sobre o tamanho do lote de entrega. Antes do primeiro processo, desenha-se o estoque de matéria-prima e um caminhão e uma seta entre esse estoque, com informações sobre frequência de entrega.

Após o desenho do fluxo de material, passa-se para o desenho do fluxo de informações. As informações são representadas por uma linha estreita e, quando a informação é passada eletronicamente (via e-mail ou por meio de sistemas integrados), essa linha é em forma de um raio. O ícone caixa pequena é desenhado para identificar ou descrever as diferentes setas dos fluxos de informação.

O fluxo de informação é desenhado da direita para a esquerda do mapa, na parte superior do mapa. A primeira representação refere-se ao departamento ou setor de Controle de Produção (CP) que é desenhado por uma caixa processo. A partir do CP, partem linhas para o fornecedor e cliente. Conforme a Figura 3.19, há linhas separadas para as previsões e os pedidos. O CP geralmente coleta informações dos clientes e fábrica e envia instruções específicas para cada etapa de processo sobre o que deverá ser produzido e como. O CP também envia programações para a expedição informando que produtos e quanto de produtos devem ser enviados para

os clientes. Mapear essas informações é bastante complexo, sendo importante realizar uma visita ao chão de fábrica, investigando como as informações chegam para os responsáveis pela execução de cada processo.

Um ícone bastante usado é o de programação "vá ver", representado por óculos, que indica a necessidade de se ir até o processo de produção, contar o estoque e ajustar a programação com base nessa informação.

Após representar os fluxos de informações da fábrica, pode-se analisar um aspecto crítico do mapeamento: os movimentos de materiais são empurrados pelo produtor ou puxados pelo cliente? O fluxo de materiais se comporta de forma empurrada, quando os fabricantes produzem independentemente das necessidades reais dos clientes.

Entre os problemas que são tipicamente identificados nestes mapas destacam-se: (a) existência de estoques em processo ou de produtos finais em função das diferenças entre a demanda prevista e a real; (b) cada processo tem a sua própria programação e funciona como uma ilha isolada, não conectada aos clientes internos e final; (c) tamanhos de lotes são definidos com base na perspectiva de um processo;

Com os dados obtidos, as condições do fluxo de valor podem ser resumidas por meio da linha de tempo. Esta linha de tempo é desenhada abaixo das caixas de processo e dos triângulos de estoque para registrar o *lead time* de produção, ou seja, o tempo que leva uma peça para percorrer todo o caminho no chão de fábrica, começando com a sua chegada como matéria-prima até a liberação para o cliente.

O *lead time* (em dias) para cada um dos triângulos de estoque é calculado dividindo-se a quantidade em estoque pelos pedidos diários do cliente. Ao somar-se o tempo de ciclo de cada processo (*lead time* de processo) e o *lead time* dos estoques no fluxo de material, chega-se a uma estimativa do *lead time* total de produção. Outra informação obtida por meio da linha do tempo é o Tempo de

Agregação de Valor (TAV), também denominado de tempo de processamento, ou seja o tempo efetivamente gasto com atividades que agregam valor. Esse tempo é obtido somando-se os todos TAV de cada etapa do processamento. A diferença entre o *lead time* total e o TAV é um importante indicador de desperdícios obtido no mapa.

3.2.1.1.3 Mapeamento do estado futuro

Através do Mapa de Fluxo de Valor futuro, pode-se criar uma visão de como deveria ser o processo e compará-la com a situação atual, indicando possíveis benefícios, mesmo que o mapa futuro não seja integralmente implementado no curto prazo. Deve-se construir uma cadeia de valor, na qual os processos individuais são articulados aos seus clientes, por meio de fluxo contínuo e puxado.

Rother e Shook (1999) sugerem que as seguintes questões sejam feitas para a construção do MFV futuro:

- Qual o tempo *takt*?

Deve-se considerar a demanda de produtos pelo cliente e o tempo disponível para fabricá-los.

- Produzir para um supermercado ou diretamente para a expedição?

Deve-se verificar a necessidade da implantação de supermercados de produtos entre os processos. Se a demanda do cliente é imprevisível (aumenta ou diminui repentinamente) é necessário começar produzindo para um supermercado (item 3.1.5.1), para posteriormente produzir diretamente para a expedição. Para produtos sob encomenda é difícil o uso do supermercado ou produzir diretamente para expedição. Neste caso aconselha-se usar o sistema puxado seqüencial (item 3.1.5.2);

- Onde usar o fluxo contínuo?

Ao examinar os processos envolvidos, comparam-se os tempos de ciclo com o tempo *takt*. Se eles são próximos, sugere-se que os processos sejam produzidos em fluxo contínuo, fazendo com que os tempos de ciclo dos processos fiquem sempre abaixo do tempo *takt* calculado.

- Onde introduzir os sistemas puxados?

Deve-se analisar a necessidade de introduzir sistemas puxados. Os supermercados de produtos podem ser implementados nos pontos do mapa nos quais existe quebra de fluxo, ou seja, quando houver uma variação considerável de tempo de ciclo entre um processo e outro.

- Em que ponto da cadeia de produção se programará a produção?

Depende da escolha do processo puxador, ou seja, do processo que vai definir o ritmo da produção. Recomenda-se a escolha de um único ponto para a programação do processo, que regula o fluxo de valor completo do produto.

- É possível nivelar a produção no processo puxador?

Ao nivelar o *mix* de produtos uniformemente, faz-se com que a produção possa reagir rapidamente em caso de alteração da demanda;

- Qual incremento de trabalho será liberado uniformemente do processo puxador?

O incremento de trabalho deve se basear no tempo *takt* definido no item a.

- Quais melhorias no processo são necessárias para implementar o fluxo de valor proposto no mapa do estado futuro?

Registrar no mapa as melhorias que serão necessárias, tais como: reduzir tempo de ciclo, reduzir o *setup*, melhorar o tempo útil das máquinas.

A Figura 3.20 apresenta um exemplo de MFV futuro. A seguir estão listadas as melhorias no processo, que são normalmente requeridas para viabilizar o MFV do estado futuro para uma empresa:

- Redução do tempo de trocas e do tamanho dos lotes a serem entregues na empresa, para permitir uma resposta mais rápida às demandas dos processos seguintes. Deve-se ter como objetivo toda peça todo dia ou toda peça todo turno, configurando o que é denominado por Liker e Meier (2007) de nivelamento;
- Instalação de um supermercado e um pulmão de emergência no início do processo para reduzir os estoques antes e entre processos;
- Realização de esforços de melhoria contínua (*kaizen*) em cada um dos processos envolvidos para redução do tempo de processo de cada uma das fases; e
- Eliminação de desperdícios nos processos, principalmente estoques, para reduzir o *lead time* total.

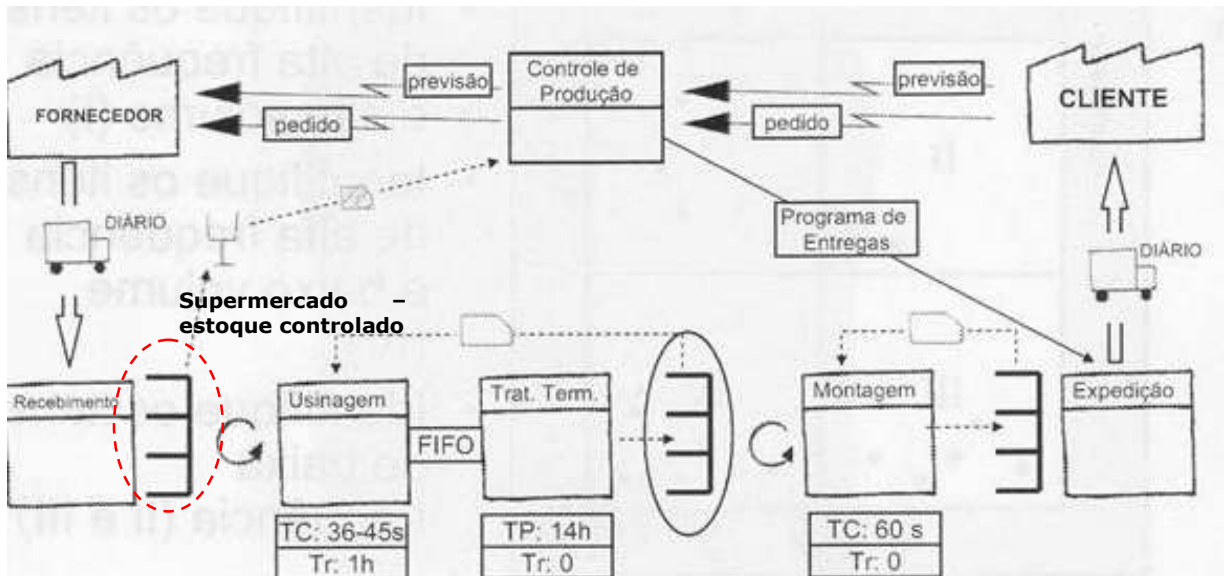


Figura 3.20 Exemplo de Mapa do Fluxo de Valor no estado futuro (LIB, 2003)

3.2.1.1.4 Plano de trabalho e implementação

Inicialmente recomenda-se dividir a implementação em etapas, pois é muito complexo fazer todas as modificações necessárias simultaneamente. Rother e Shook (1999) sugerem dividir o Mapa do Fluxo de Valor do estado futuro em segmentos ou *loops* e desenhá-los no Mapa. Cada segmento deve ter listados seus objetivos e metas. Por fim define-se o plano de ação, que deve conter:

- Um planejamento das atividades detalhadas por etapa, com informações sobre o que fazer e quando;
- Metas quantificáveis; e
- Pontos de controle claros, com prazos reais e com avaliadores definidos.

Para iniciar a implementação do plano de ação, deve-se definir uma seqüência e um ponto de início. Para a definição do ponto de início, alguns fatores devem ser

considerados (ROTHER; SHOOK, 1999):

- O processo deve ser compreendido pelos operários responsáveis;
- A probabilidade de sucesso deve ser alta; e
- O impacto financeiro deve ser previsto.

Uma sugestão dos mesmos autores é implementar primeiramente as etapas que estão mais próximas do cliente final. À medida que o processo puxador se tornar mais eficaz e confiável, este tende a revelar problemas nos processos anteriores, que posteriormente demandarão atenção também.

3.2.1.2 Mapa de Fluxo de Valor em processos administrativos

O Mapa do Fluxo de Valor (MFV) foi desenvolvido inicialmente para atividades de manufatura. Recentemente, tem havido alguns esforços no sentido de aplicá-los a processos administrativos. A partir da experiência do *Lean Enterprise Institute* dos EUA, e do *Lean Institute* Brasil, Reis (2004) aplicou esta ferramenta para mapear o processo de aprovação de projetos de uma prefeitura. Nessa pesquisa, foram apontadas as principais diferenças quando se aplica o MFV neste contexto:

- Mapeia-se um fluxo de informações, ao invés de um fluxo de materiais. Assim, não há como distinguir claramente o processo principal do fluxo de informações que apóiam a gestão do mesmo;
- O fluxo de valor para administração é desenhado da esquerda para a direita;
- Cada atividade é representada por um bloco, devendo ser separadas as atividades feitas por diferentes pessoas ou pela mesma pessoa em momentos diferentes;

- Os blocos devem conter as seguintes informações: nome da atividade, número de pessoas necessárias, descrição breve de como é feita e dos recursos necessários, o tempo de realização de atividade (TRA), e o tempo de permanência (TP) em cada posto;
- O Tempo de Permanência (TP) em uma atividade é o tempo que a informação leva, a partir da saída da atividade anterior, até a saída da atividade em questão, e é indicado no MFV no bloco que a representa e na escala de tempo. Inclui o tempo em que a informação fica parada, esperando em filas ou sendo transportada, sem agregar nenhum valor. A soma de todos os TP's corresponde ao *lead time* do processo, que no MFV é indicado ao final da escala de tempo;
- O Tempo de Realização da Atividade (TRA) é o tempo gasto em atividades que agregam valor, ou seja, que efetivamente transformam a informação;
- As conexões entre atividades, as entradas e saídas, devem ser registradas, especificando o tipo de material ou informação envolvida, assim como *loops* (ciclos iterativos) existentes.

Da mesma forma que no MFV para manufatura, no mapeamento de processos administrativos faz-se um mapa do estado atual e outro do estado futuro.

3.2.1.3 Gráfico do Balanceamento do Operador

Após a análise do Mapa do Fluxo de Valor, é necessária uma investigação detalhada de cada processo para balancear e otimizar o tempo do operador. Para esta análise Rother e Shook (1999) propõem o Gráfico de Balanceamento do Operador (GBO).

O GBO é uma ferramenta que contribui para a criação de fluxo contínuo em um processo com múltiplas etapas e múltiplos operadores, distribuindo o trabalho dos

operadores em relação ao tempo *takt* (LIB, 2003). É também conhecido como diagrama de carga do operador. A elaboração do GBO com conseqüente redistribuição do trabalho é composta pelas seguintes etapas (ROTHER; HARRIS, 2002):

- Identificação dos elementos do trabalho: elemento de trabalho é definido como o menor incremento de trabalho que pode ser transferido para uma outra pessoa (LIB, 2003). É necessário observar o trabalho de uma equipe em um processo e identificar as operações básicas que devem ser distribuídas entre os mesmos. Requer a observação repetida destas operações, buscando registrar a melhor forma de realizá-lo, pois é comum que os trabalhadores realizem a mesma tarefa de forma diferente a cada ciclo. Após esse registro é conveniente revisar a lista com os operadores;
- Eliminação de elementos de trabalho desnecessários: essa etapa consiste na eliminação de desperdícios óbvios, como, por exemplo, movimento dos operadores por longas distâncias para buscar material. Rother e Harris (2002) apresentam algumas orientações para esse tipo de melhoria, tais como, por exemplo, não incluir caminhadas, trabalho fora do ciclo e espera;
- Medição dos tempos de cada elemento de trabalho: para essa medição, é necessário ir ao chão de fábrica e usar cronômetros. É importante cronometrar cada elemento de trabalho separadamente. Após isso, deve ser cronometrado o tempo de ciclo completo de cada operador, sendo que este tempo, provavelmente, é maior do que a soma dos tempos dos elementos de trabalho isolados. Essa diferença é o tempo de espera desperdiçado entre os elementos. Aconselha-se cronometrar cada elemento de trabalho diversas vezes até obter dados consistentes: deve-se anotar dez medidas consistentes e utiliza-se o menor tempo repetido;
- Montagem do GBO atual: com os elementos de trabalho e seus tempos monta-

se o primeiro GBO, que é um quadro onde está descrita a distribuição do trabalho entre os operadores em relação ao tempo takt, baseado nos dados coletados. Ao se elaborar o GBO observa-se, geralmente, uma falta de balanceamento do trabalho em relação ao tempo takt, indicando a necessidade de uma melhor distribuição do trabalho;

- Distribuição do trabalho: inicialmente, define-se o número de operadores necessários para executar o trabalho no processo através da seguinte expressão:

$$\text{Número de Operadores} = \frac{\text{Conteúdo Total de Trabalho}}{\text{Tempo takt}} \quad (3.1)$$

Se o resultado for um número não inteiro, usar a seguinte orientação:

- <0,3 - não adicionar um operador e eliminar os desperdícios;
- 0,3 - 0,5 - ainda não adicionar um operador, pelo menos nas primeiras duas semanas. Nesse período é necessário analisar o trabalho, e introduzir melhorias incrementais no mesmo, a partir da ocorrência de desperdícios. Após isso, deve-se verificar a real necessidade de um operador extra; e
- >0,5 - Adicione um operador extra e continue analisando o trabalho, realizando melhorias (kaizen), para futuramente eliminar a necessidade desse operador.

A distribuição do trabalho é feita usando o método da abordagem da Mentalidade Enxuta, no qual os operadores são completamente utilizados com exceção de um, que fica com o restante do trabalho (Figura 3.21a). Na abordagem tradicional divide-se o trabalho igualmente entre os operadores (Figura 3.21b). Rother e Harris (2002) sugerem que o tempo de ciclo de cada operador seja no mínimo 10% abaixo do tempo *takt*, visando a absorver problemas que por ventura ocorram.

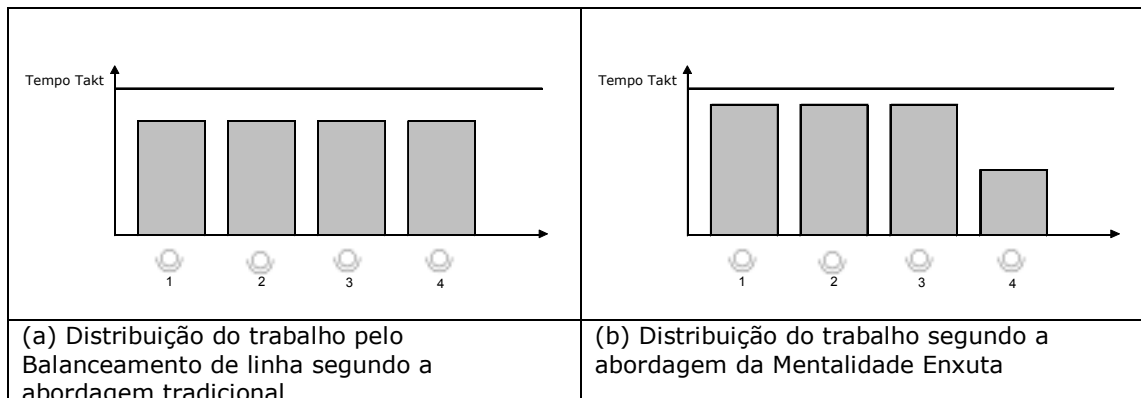


Figura 3.21 Distribuição do Trabalho

Assim, o GBO permite redistribuir os elementos de trabalho entre os operadores, o que é essencial para a minimização do número de operadores necessários, tornando a quantidade de trabalho realizada pelos operadores um pouco menor que o tempo *takt*.

3.2.1.4 Tabela de Trabalho Padronizado Combinado

Após o uso do GBO, parte-se para um desenho de operações mais detalhado, por meio da ferramenta Tabela de Trabalho Padronizado Combinado (TTPC). A principal diferença entre esta e o GBO é a interação entre os operadores e as máquinas, ou entre os diferentes operadores. A Figura 3.22 apresenta um exemplo de TTPC, que mostra a combinação do trabalho manual, caminhada e o tempo de processamento da máquina para cada operador em uma seqüência de produção (ROTHER; HARRIS, 2002).

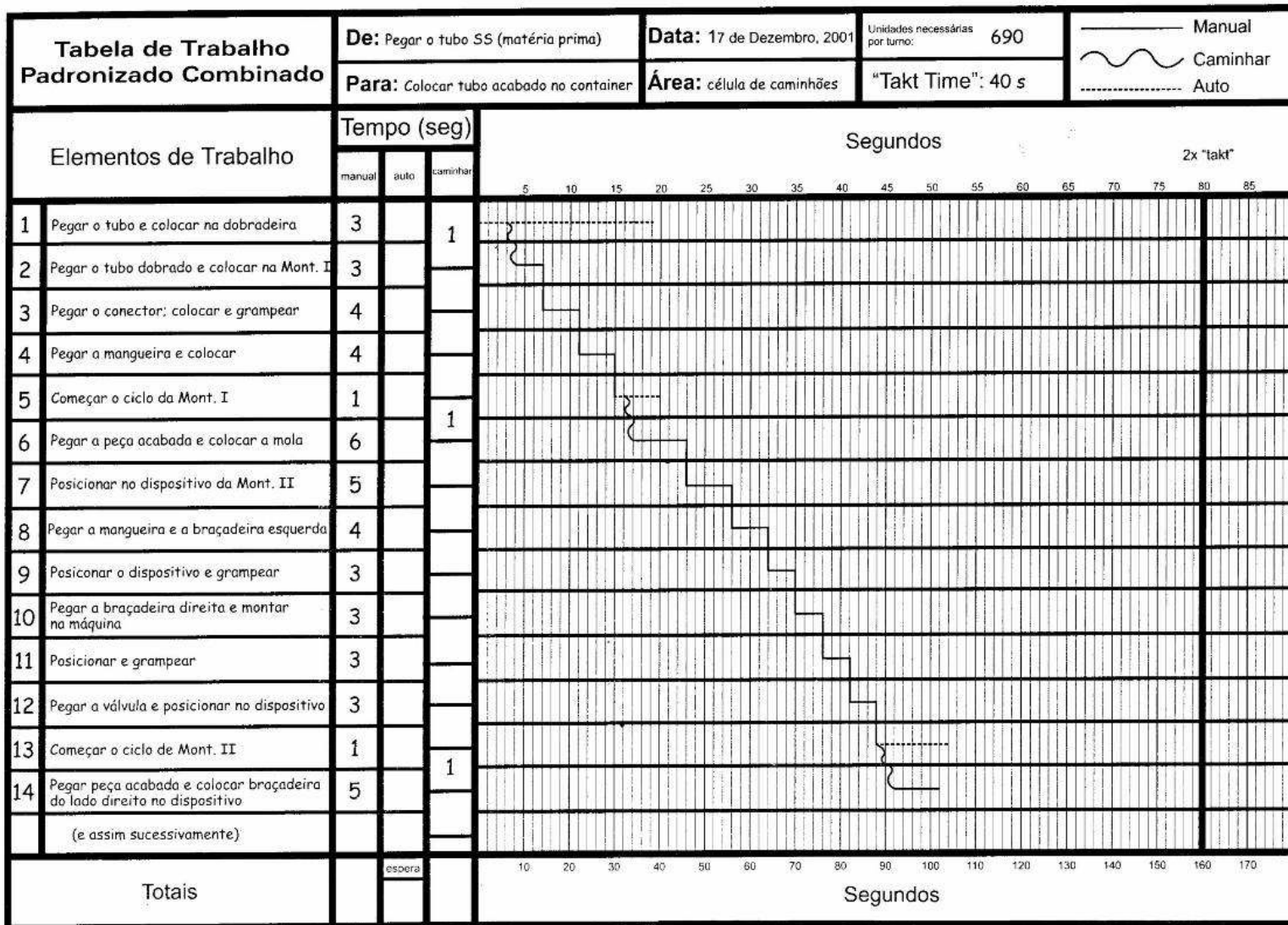


Figura 3.22 Exemplo da TTPC (ROTHER e HARRIS, 2002)

Rother e Harris (2002) sugerem a seguinte seqüência para a montagem da TTPC:

- Calcular e desenhar o tempo takt com uma linha vermelha;
- Listar os elementos de trabalho do operador na seqüência que eles são executados e numerá-los;
- Colocar os tempos do operador, da máquina e de caminhada para cada elemento de trabalho; e
- Desenhar o tempo de trabalho manual com uma linha cheia, o tempo da máquina com uma linha tracejada e o tempo de caminhada com uma linha ondulada.

3.2.1.5 Considerações finais

Pode-se observar neste conjunto de ferramentas a busca pela identificação de desperdícios visando à sua remoção, assim como a aplicação de alguns conceitos discutidos no item 3.1, tais como a redução do tempo de ciclo e a sincronização de processos.

Em relação à eliminação de perdas, por meio da aplicação do conjunto de ferramentas, busca-se inicialmente elimina-las nos processos (por exemplo, superprodução e estoque), para depois, através de um estudo detalhado, analisá-las nas operações (por exemplo, movimento e espera), o que é coerente com as recomendações de Shingo (1996b).

As principais aplicações destas ferramentas na construção civil, publicadas em trabalhos acadêmicos, têm se limitado ao mapeamento de processos de produção (por exemplo, Pasqualini e Zawislak, 2005) ou administrativos específicos (Reis,

2004) ou na cadeia de suprimentos (por exemplo, Fontanini, 2004). Em nenhuma delas, houve a aplicação completa das mesmas, buscando a implementação do fluxo contínuo.

3.2.2 O Planejamento e Controle da Produção (PCP)

O planejamento e controle da produção (PCP) consiste em um processo gerencial que envolve o estabelecimento de objetivos e a determinação dos procedimentos necessários para atingi-los, sendo eficaz somente quando realizado em conjunto com o controle (FORMOSO *et al.*, 1999). Laufer e Tucker (1987) descrevem este processo por meio de duas dimensões, uma horizontal e outra vertical.

Na dimensão horizontal, Laufer e Tucker (1987) divide o PCP nas seguintes etapas: preparação do PCP, coleta de informações, elaboração dos planos, difusão das informações, ação e avaliação do PCP, conforme indica a Figura 3.23. Nesta figura, podem ser identificados dois ciclos de controle, o ciclo de planejamento e controle, que é realizado de forma contínua durante o empreendimento, e o ciclo de preparação e avaliação do PCP, que tem um caráter intermitente.

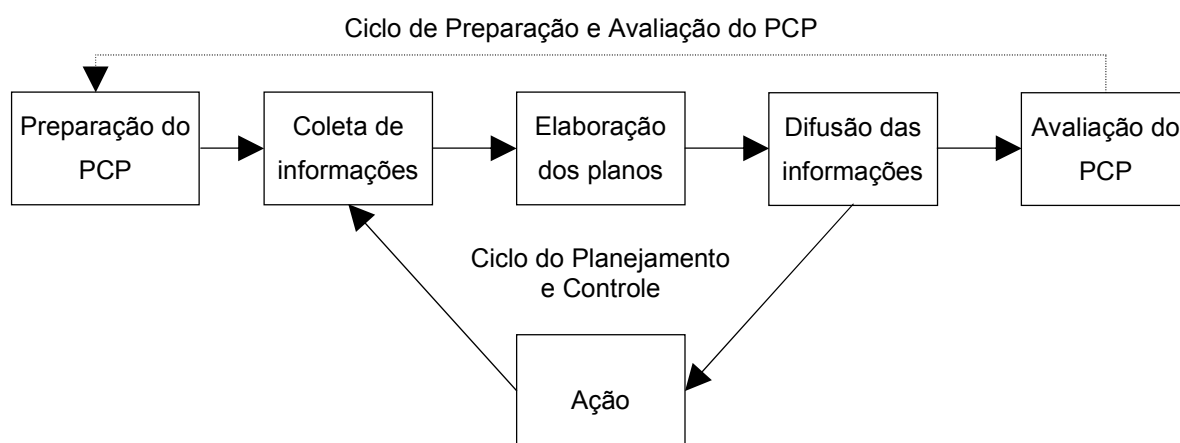


Figura 3.23 Dimensão horizontal do planejamento e controle da produção (LAUFER; TUCKER, 1987)

Na dimensão vertical, o PCP é dividido em diferentes níveis hierárquicos, cada um deles relacionado a um determinado horizonte de tempo e com um escopo de decisões distinto. Na manufatura, é comum a divisão em três níveis: estratégico, tático e operacional (HOPP; SPEARMAN, 1996). Entretanto, na construção civil, em geral, adota-se a designação longo, médio e curto prazo (FORMOSO *et al.*, 1999).

Este processo é de grande importância na indústria da construção, principalmente pelo caráter único de seus produtos e pela elevada variabilidade existente em seus processos. Vários trabalhos indicam que as deficiências no PCP são uma das principais causas do baixo desempenho deste setor quanto a produtividade e cumprimento de prazos (FORMOSO *et al.*, 1999).

Nos itens seguintes são brevemente descritas duas ferramentas de PCP que foram utilizadas no presente trabalho, a Linha de Balanço, que é utilizada para o planejamento de longo prazo e o Sistema *Last Planner* de Controle da Produção, cujo foco principal é o planejamento nos níveis de médio e curto prazo. Ambas têm sido associadas à implementação de alguns conceitos e princípios de Produção Enxuta na construção.

3.2.2.1 Linha de Balanço

A Linha de Balanço (LB) é uma técnica de planejamento, criada nos anos 40, aplicável a obras de caráter repetitivo e seqüencial. Tem um caráter essencialmente gráfico, sendo as atividades representadas por um diagrama de espaço e tempo: no eixo vertical se encontram as unidades repetitivas e no horizontal o tempo (PRADO, 2002). Ou seja, cada linha representa a execução de uma mesma tarefa em diferentes pontos do edifício, de modo que se pode visualizar a movimentação das equipes de trabalho ao longo das várias unidades.

Existe uma bibliografia bastante ampla sobre esta técnica (ARDITI; ALBULAK, 1986; PRADO, 2002), mas só recentemente a sua aplicação passou a ser discutida pela

comunidade acadêmica interessada na Produção Enxuta (SEPPÄNEN; KANKAINEN, 2004).

Entre os conceitos relacionados ao fluxo contínuo explicitamente utilizados na LB, destacam-se o tamanho do lote, tempo de ciclo, ritmo de processos e fluxos das equipes¹⁹ (BULHÕES; FORMOSO, 2004; SCHRAMM, 2005; BORGES *et al.*, 2005; SCHRAMM *et al.*, 2006).

3.2.2.2 *Last Planner*

O Sistema *Last Planner* de Controle da Produção foi proposto por Ballard e Howell (1998) em 1993, tendo se disseminado na indústria da construção de vários países, incluindo EUA, Inglaterra, Dinamarca, Finlândia, Brasil, Chile, Colômbia, entre outros (BORTOLAZZA, 2006). Diversos trabalhos acadêmicos já foram produzidos sobre o mesmo, principalmente no âmbito do *International Group for Lean Construction*.

O escopo do *Last Planner* é focado em dois níveis de planejamento, conforme segue:

- O planejamento de médio prazo, denominado por Ballard (1997; 2000) de *look-ahead* (olhar para frente), faz a vinculação entre o planejamento de longo prazo e de curto prazo. Em geral é móvel e com um horizonte que varia tipicamente entre quatro e doze semanas. Neste nível, é realizada a identificação e remoção de restrições, as quais podem ser definidas como recursos físicos (material, mão de obra ou equipamentos), ou financeiros, necessidade de informações de projeto, instalações provisórias, que, se não

¹⁹ Refere-se ao fluxo das equipes que se movimentam de uma unidade repetitiva (de planejamento) para outra.

disponibilizadas a tempo, na quantidade e especificação corretas, impedem a execução das atividades dentro de condições adequadas (CODINHOTO, 2003).

- O planejamento de curto prazo ou operacional tem o papel de orientar diretamente a execução da obra. Em geral, é realizado em ciclos semanais, sendo caracterizado pela atribuição de pacotes de trabalho às equipes operacionais, através de um processo participativo, realizado por meio de reuniões semanais. O planejamento neste nível deve ter forte ênfase no engajamento das equipes com as metas estabelecidas, sendo por isto denominado de planejamento de comprometimento (*commitment planning*) (BALLARD, 2000; BALLARD; HOWELL, 1998). Segundo Isatto (2005), esta forma de gerenciar compromissos tem um papel muito importante na gestão da cadeia de fornecedores de empreendimentos de construção.

Dois importantes indicadores são obtidos a partir da aplicação do planejamento de curto prazo, o PPC (Percentagem da Programação Concluída), que é a relação entre o número total de tarefas concluídas na semana e o número total de tarefas programadas e a frequência de causas do não cumprimento de pacotes de trabalho.

Ballard e Howell (1997) afirmam que o *Last Planner* é primeiro passo para a estabilização da produção, pois por meio dele é possível aumentar a confiabilidade da execução das atividades no curto prazo, através da criação de uma janela de confiabilidade. Também permite estabilizar os fluxos de recursos por meio do planejamento e controle de médio prazo. Neste contexto, planeja-se na reunião de curto prazo o que se pode fazer, ao invés do que deve ser feito, ou seja, o que consta nos planos de médio e longo prazo. Pode-se afirmar que, de acordo com o conceito ampliado de produção puxada de Hopp e Spearman (1996) – item 3.1.5, o *Last Planner* cria mecanismos para puxar atividades de produção e de fornecimento de recursos, nos níveis de curto e médio prazo, respectivamente.

4 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo são apresentados a estratégia e o delineamento da pesquisa. São também descritas as etapas do trabalho, incluindo as ferramentas e técnicas de coletas e análise de dados e as fontes de evidências utilizadas no trabalho.

4.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA E A ESTRATÉGIA GERAL DE PESQUISA

Segundo Hirota (2001) as decisões quanto ao método de pesquisa devem ser tomadas em níveis hierárquicos distintos, antes do início e no decorrer da pesquisa. A mesma autora afirma que essa hierarquização inclui, em seu nível mais alto, a abordagem filosófica e a estratégia da pesquisa.

Segundo Collis e Hussey (2005), as filosofias de pesquisa devem refletir as convicções básicas que o pesquisador adota num determinado estudo. A partir do posicionamento filosófico, devem ser feitas as escolhas apropriadas sobre métodos de pesquisa (EASTERBY-SMITH *et al.*, 1999). Segundo Easterby-Smith *et al.* (1999) e Collis e Hussey (2005), embora existam diversas variantes de posições filosóficas, duas são consideradas as extremas: o positivismo e a fenomenologia.

No positivismo considera-se que o mundo social existe externamente e que suas propriedades devem ser medidas por meio de métodos objetivos, não devendo ser inferidos subjetivamente por meio de sensações, da reflexão ou da intuição (EASTERBY-SMITH *et al.*, 1999). Ou seja, supõe-se que a realidade é externa e objetiva e o conhecimento somente tem significado se for baseado em observações dessa realidade externa.

No outro extremo, na fenomenologia, tem-se a visão de que o mundo e a realidade não são objetivos e exteriores; são as pessoas que os constroem socialmente e lhes dão significado (HUSSERL²⁰, 1946 apud EASTERBY-SMITH *et al.*, 1999). Easterby-Smith *et al.* (1999) resumem essa abordagem afirmando que se parte da idéia de que a realidade é socialmente construída e não determinada objetivamente, e a tarefa do cientista social não é coletar fatos e medir a freqüência de determinados padrões, mas sim apreciar as diferentes construções e significados que as pessoas colocam sobre sua experiência.

Easterby-Smith *et al.* (1999) afirmam que, apesar de parecerem incompatíveis, o positivismo e a fenomenologia são posições filosóficas extremas que dificilmente são adotadas de forma direta. Segundo os mesmos autores, a maioria dos trabalhos de pesquisa adota métodos e abordagens que se situam numa posição intermediária entre estes dois extremos. Hirota (2001) afirma que normalmente ocorre a compatibilização de aspectos de uma e de outra para atender às características do problema de pesquisa. Qualquer que seja a opção, é importante que a mesma seja explicitada para que seja resguardada a transparência na condução da pesquisa (HIROTA, 2001).

Para a realização do presente trabalho, constatou-se a necessidade de desenvolvimento de estudos empíricos inseridos em processos gerenciais em um ambiente real de uma organização. Por esta razão, optou-se por uma abordagem

predominantemente fenomenológica. Neste caso, a pesquisadora teve um papel ativo na própria realidade que estava sendo investigada, participando e intervindo nos processos observados e na implementação de mudanças, e coletando evidências que possibilitassem um melhor entendimento dos fenômenos observados.

Este trabalho adotou como estratégia de pesquisa a pesquisa-ação, por ser essa uma das estratégias que permite a participação ativa do pesquisador no fenômeno observado (THIOLLENT, 2005). Thiollent (2005) define pesquisa-ação como um tipo específico de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada por meio de uma ação em que os pesquisadores e algumas pessoas participantes da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo. Segundo Dick (1992), a pesquisa-ação tem dois objetivos: a ação para trazer mudança nas organizações e a pesquisa para aumentar o entendimento do tema em estudo.

A realização da pesquisa-ação é justificada pela necessidade de realizar intervenções em uma organização para propor diretrizes para implementar fluxo contínuo em canteiros de obras, a partir da abstração de conceitos que são utilizados na manufatura e a sua adaptação para a construção civil. Esse processo foi desenvolvido e consolidado a partir da intervenção do pesquisador, mediante diversos ciclos, em que a pesquisa se alterna em planejamento, ação, avaliação e reflexão (SUSMAN e EVERED, 1978).

Na abordagem fenomenológica três aspectos devem ser levados em conta: confiabilidade, replicabilidade e a possibilidade de generalização dos resultados (EASTERBY-SMITH *et al.*, 1999). Confiabilidade diz respeito à forma de garantir que as informações coletadas e o processo de análise destas informações permitam ao pesquisador uma interpretação fiel da realidade (EASTERBY-SMITH *et al.*, 1999).

²⁰ HUSSERL, H. Phenomenology in Encyclopedia Britannica, 14th ed. Vol. 17:699-702, 1946.

Neste sentido, Yin (2005) sugere três princípios para a coleta e análise de dados que podem contribuir para aumentar a confiabilidade e validade de um estudo:

- Usar múltiplas fontes de evidências: não se deve utilizar somente uma única fonte de evidência, mas buscar uma convergência de informações de diferentes fontes, considerando tanto dados qualitativos quanto quantitativos²¹;
- Criar uma base de dados do estudo: o esforço para constituir uma base de dados formal, independente do relatório de pesquisa, pode aumentar a confiabilidade da pesquisa e a possibilidade de estudos futuros sobre essa mesma base de dados;
- Manter uma cadeia de evidências: esse princípio permite que um observador externo, ao ler uma tese ou dissertação, possa compreender toda a lógica da pesquisa, partindo das questões iniciais até as conclusões.

A replicabilidade de dados na abordagem fenomenológica é a capacidade que observações semelhantes sejam obtidas por pesquisadores diferentes em contextos diferentes (EASTERBY-SMITH *et al.*, 1999). Segundo Lantelme (2004), na replicabilidade deve-se considerar que diferentes pesquisadores podem interpretar o mesmo fenômeno sob diferentes perspectivas, construindo interpretações diferentes a partir das mesmas informações. Neste caso, valoriza-se a transparência do processo de condução da pesquisa, implicando na necessidade de documentar em detalhes os procedimentos seguidos na coleta e, principalmente, a análise dos dados, a fim de que outros pesquisadores, ao replicar o processo de pesquisa

²¹ Apesar de diversos autores se referirem à abordagem fenomenológica, estudo de caso ou pesquisa-ação como pesquisa qualitativa, neste trabalho se adotou a visão de Yin (2005), na qual as posições filosóficas ou estratégia de pesquisa podem adotar evidências quantitativas e qualitativas, e que não é o tipo de evidência que diferencia as várias estratégias de pesquisa ou posições filosóficas.

possam chegar a interpretações que confirmem ou gerem novas explicações para o fenômeno (YIN, 2005).

Em relação à generalização dos resultados, Lantelme (2004) apresenta a visão de três autores²² que apontam a utilidade como um critério importante para julgar a relevância do conhecimento gerado. Segundo a mesma autora, o critério da utilidade pressupõe a capacidade de utilização do conhecimento na resolução de problemas práticos ou ainda sua capacidade de explicar e prever os fenômenos do mundo real. Nesse sentido, a capacidade de generalização do conhecimento pode ser avaliada por seu potencial de auxiliar os pesquisadores e os intervenientes envolvidos com o fenômeno investigado na compreensão e na ação eficaz em novos contextos (LANTELME, 2004).

4.2 DELINEAMENTO DO PROCESSO DE PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida em três etapas distintas, conforme indicado na Figura 4.1: (a) definição do escopo (ou compreensão do problema), (b) desenvolvimento e (c) análise dos resultados e reflexão final.

A partir da revisão bibliográfica inicial, fez-se uma definição inicial do escopo da pesquisa. Salienta-se que foi dada continuidade a esta revisão ao longo da realização dos estudos empíricos, no decorrer do desenvolvimento de toda a pesquisa.

²² DUBIN, Robert. **Theory building**. New York: The Free Press, 1978.
KAPLAN, Abraham. **A conduta na pesquisa**: metodologia para as ciências comportamentais. São Paulo: Herder, 1972. 449p.
WHETTEN, David A. What constitutes a theoretical contribution? **The Academy of Management Review**, v.14, n.4, October, 1989. p. 490-513.

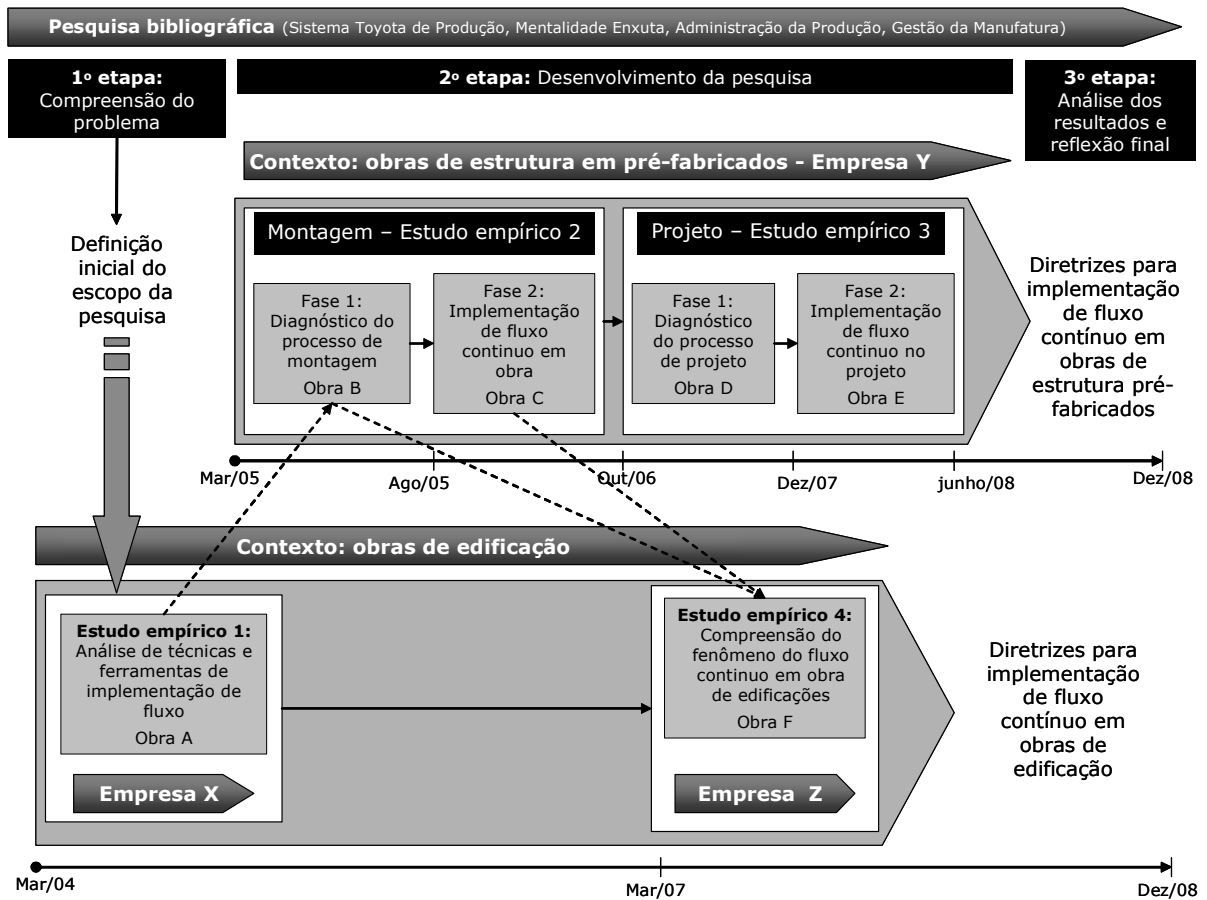


Figura 4.1 Delineamento geral da pesquisa

Conforme discutido no item 4.1, a estratégia de pesquisa adotada foi a pesquisa-ação de um caráter exploratório, em função da pouca consolidação teórica na área do conhecimento estudado (YIN, 2005).

4.2.1 Compreensão do problema

A etapa de compreensão inicial do problema da pesquisa teve como objetivo a definição inicial do escopo da pesquisa, por meio da identificação do problema e da formulação das questões iniciais de pesquisa.

A definição da questão de pesquisa, segundo Yin (2005), é um passo muito importante, devendo conter substância (sobre o que o estudo trata) e forma (tipo de questão: quem, o que, como, por que, por exemplo). A partir da questão principal da pesquisa, buscou-se compreender os conceitos e princípios da Mentalidade Enxuta, sendo dada uma ênfase, nesta etapa, aos manuais de implementação publicados pelo LIB (*Lean Institute* Brasil) propostos por Rother e Shook (1999) e Rother e Harris (2002).

Após a realização da revisão bibliográfica inicial, foi desenvolvido o estudo empírico 1, em uma obra de construção de um hotel (obra A), realizado no período de julho a outubro de 2004 na empresa X, tendo como objetivo compreender os requisitos necessários para a implementação de fluxo contínuo no contexto de uma obra de edificação.

Nesse estudo foram aplicadas as ferramentas propostas por Rother e Shook (1999) e Rother e Harris (2002) para criação de fluxo contínuo em empresas, com o intuito de investigar a aplicabilidade dessas ferramentas em obras de edificação.

4.2.2 Desenvolvimento da pesquisa

A segunda etapa, denominada de desenvolvimento da pesquisa, consistiu na realização de três estudos empíricos (estudos 2, 3 e 4). Os estudos 2 e 3 foram realizados na empresa Y, cujo foco de atuação é a fabricação e montagem de estrutura pré-fabricada em concreto armado. O estudo empírico 4 foi realizado em uma empresa de construção e incorporação de obras de edificações convencionais.

O estudo empírico 2, focado no processo de montagem de estruturas pré-fabricadas, envolveu duas obras (B e C), brevemente descritas a seguir:

- Obra B: o trabalho de campo foi realizado entre março e abril de 2005, tendo

como objetivo fazer um diagnóstico do processo de montagem de estrutura pré-fabricada na empresa para, a partir disso, definir ações para implementação do fluxo contínuo na montagem de obras. A partir deste diagnóstico, foi planejada a intervenção realizada na obra C;

- Obra C: o trabalho de campo foi realizado entre julho de 2005 e outubro de 2006, período este que compreendeu a execução da obra, concluída em abril de 2006, e análise dos resultados. O objetivo do estudo foi implementar as ações para criação de fluxo contínuo em obras de estrutura em pré-fabricadas. Salienta-se que foi na obra C onde ocorreu a primeira intervenção da pesquisa.

O estudo empírico 3 também foi desenvolvido na empresa Y. Teve como objeto de análise o processo de projeto de estruturas pré-fabricadas, em função da necessidade de gerenciar melhor este processo, identificada no estudo anterior. Não foi objetivo deste estudo analisar a gestão de projeto segundo o escopo do *lean design*, mas fazer uma extensão do uso dos conceitos, princípios e ferramentas usados na obra (abordagem da Produção Enxuta), no projeto. Este estudo envolveu trabalhos de campo em outros dois empreendimentos (D e E), descritos brevemente a seguir:

- Obra D: o trabalho de campo foi feito entre outubro de 2006 a maio de 2007, sendo realizado um diagnóstico de todo o processo de desenvolvimento de um empreendimento, desde a consulta direta de preço do cliente à empresa até a entrega da obra. Apesar da análise ter sido bastante ampla, o foco do diagnóstico foi o processo do projeto. A partir deste diagnóstico foi planejada a intervenção na obra E;
- Obra E: foi proposta uma reestruturação do processo de projeto desta obra, ocorrido entre os meses de dezembro de 2007 a maio de 2008, na qual se buscou a implementação do fluxo contínuo neste processo. A intervenção nesse contexto possibilitou reflexões sobre o processo de concepção e

desenvolvimento de produto, incluindo a adaptação de conceitos referentes à produção física.

Conforme já comentado anteriormente na pesquisa-ação ocorrem ciclos de aprendizagem, correspondentes às etapas de planejamento (PL), ação (A), avaliação (AV) e reflexão (R). Nos estudos empíricos 2 e 3 ocorreram quatro ciclos de aprendizagem, conforme apresentado na Figura 4.2.

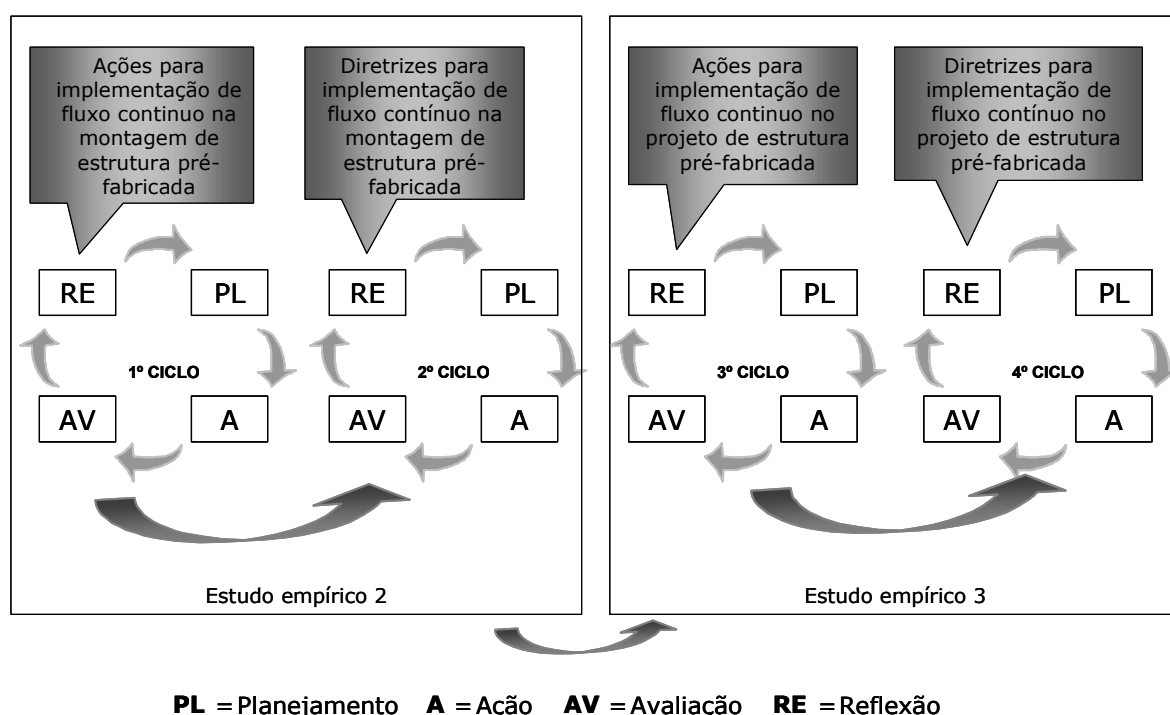


Figura 4.2 Ciclos de planejamento, ação, avaliação e reflexão no desenvolvimento da pesquisa

Em paralelo ao estudo empírico 3, ainda nessa etapa da pesquisa, realizou-se o estudo empírico 4 em uma obra de edificação residencial (Obra F) da empresa Z, entre janeiro e agosto de 2007. Este estudo foi dividido em duas etapas, uma de diagnóstico e outra de implementação de melhorias no sistema de PCP. O foco do mesmo foi a estabilidade básica, considerada, neste trabalho, como um pré-

requisito para a implementação de fluxo contínuo.

Houve algumas importantes conexões entre os quatro estudos empíricos:

- (a) O estudo empírico 1 permitiu a compreensão dos principais elementos do fluxo contínuo e os requisitos para a sua implementação, que foram utilizados como ponto de partida para a estruturação do estudo 2;
- (b) O estudo empírico 3 foi uma extensão do estudo 2 na mesma empresa. No estudo 2 buscou-se a implementação do fluxo contínuo nos processos de fabricação, transporte e montagem de estruturas pré-fabricadas, enquanto no estudo 3 os mesmos conceitos e ferramentas foram introduzidos no processo de projeto;
- (c) Ambos os estudos empíricos 1 e 2 contribuíram para a estruturação do estudo 4, principalmente na compreensão do papel do PCP na criação da estabilidade básica; e
- (d) Finalmente, a realização de dois estudos em obras de edificações e dois em obras de estrutura pré-fabricada de concreto permitiram a análise comparativa da implementação do fluxo contínuo nestes dois contextos.

É importante salientar que nos dois estudos realizados no contexto de obras de edificações, não foi possível efetivamente realizar a implementação do fluxo contínuo, ao contrário dos dois estudos no contexto de obras de estrutura de concreto pré-fabricadas. Assim, as contribuições relacionadas ao primeiro contexto são limitadas principalmente à criação das condições iniciais e aplicação de ferramentas específicas.

4.2.3 Análise dos dados e reflexão final

Após a etapa de desenvolvimento da pesquisa, foi realizada uma análise cruzada tanto dos estudos realizados no contexto de obras de estrutura em pré-fabricado quanto no de obras de edificações. O objetivo dessa análise foi a proposição de diretrizes para implementação de fluxo contínuo em obras de estrutura pré-fabricada e também em obras de edificações.

Além disso, nessa etapa foram feitas análises finais em relação ao aprendizado conceitual que ocorreu ao longo dos estudos, com o intuito de propor adaptações na base conceitual e na lógica de implementação do fluxo contínuo para as obras de construção civil, nos contextos estudados.

4.3 DESCRIÇÃO DAS EMPRESAS

4.3.1 Empresa X

A empresa X, responsável pela execução da obra A, tinha sua sede localizada na cidade de São Paulo - SP²³. Foi fundada em 1961 e inicialmente atuou na construção de conjuntos residenciais e posteriormente mudou seu foco para a construção industrial e comercial. Atuava principalmente no mercado de construção privada. Seu sistema de gestão da qualidade era certificado pela norma ISO 9001:2000 e também pelo SiAC²⁴ do PBQP-H, Nível A. A escolha da empresa foi baseada em dois critérios: o seu envolvimento prévio em programas de melhorias da qualidade e o interesse demonstrado nesta pesquisa.

²³ Atualmente a Empresa X não atua mais no mercado.

A principal motivação da empresa em participar do estudo era a necessidade de melhorar o desempenho de seu sistema de gestão na obra estudada. Era uma obra de grande porte em relação ao prazo previsto no contrato, com uma margem de lucro relativamente pequena e com multas contratuais elevadas em caso de atrasos. A localização da obra era bastante distante da sede da empresa, o que dificultava a comunicação entre obra e escritório central, e havia muitos problemas de projeto.

4.3.2 Empresa Y

A empresa na qual foi realizada a etapa denominada de desenvolvimento da pesquisa foi fundada em 1975, podendo ser considerada de grande porte na área de construção. É especializada em obras que utilizam peças em concreto pré-fabricado, possuindo duas fábricas (F1 e F2) para produção das peças localizadas no estado de São Paulo.

A empresa tem seu sistema de gestão da qualidade certificado pela norma ISO9001-2000 desde 2003 e possui Selo de Excelência ABCIC²⁵ (Nível 2) desde 2005. Tem obras em geral localizadas na capital e interior do Estado de São Paulo e, eventualmente, em outros estados. Na F1 está localizado o escritório da empresa, no qual se concentram as atividades gerenciais e de apoio. Foi neste escritório que ocorreu a maioria das reuniões relacionadas à pesquisa.

A F1 (Figura 4.3) foi implantada em 1976 numa área de 17.500 m² e atualmente dedica-se à fabricação de pilares, vigas, telhas e painéis. Apenas em 2004 entrou em operação a segunda unidade industrial da empresa, a F2. Essa nova planta ocupa um espaço de 40.000 m² e dedica-se à fabricação de telhas, lajes e painéis alveolares.

²⁴ Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras (SiAC) do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H).



Figura 4.3 Foto da Fábrica 1

Salienta-se que no período em que as obras B e C estavam sendo executadas, a F2 havia sido implantada há pouco tempo e tinha ainda alguns problemas, tais como a alta variabilidade nos tempos de produção, equipamentos em fase de testes, com muitas paradas, e equipe de transporte entre a fábrica e as obras sendo formada.

Em 2004 a empresa teve o apoio do *Lean Institute* Brasil para a implementação de alguns princípios da Mentalidade Enxuta na F1. Esse apoio incluiu um treinamento para os gerentes da empresa e a implementação de algumas melhorias. Como resultados, obtiveram-se ganhos consideráveis de produtividade nesta fábrica e foram implementadas melhorias no projeto do *layout* da F2. O fato da empresa já ter recebido treinamentos sobre a Mentalidade Enxuta facilitou a realização dos estudos nessa empresa. A sua motivação principal para participar deste estudo era implementar os mesmos conceitos e ferramentas na gestão do processo de montagem em obra.

²⁵ Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto. O Selo de Excelência da ABCIC tem três níveis, sendo o Nível 3 o mais alto nível de certificação.

4.3.3 Empresa Z

A Empresa Z faz parte de um grupo empresarial fundado em 1913, sendo que a construtora foi estabelecida em 1980. É atualmente um dos principais grupos de engenharia, construção e incorporação do Brasil. A empresa tem sua matriz na cidade de São Paulo e possui sete regionais: São Paulo, Campinas, Rio de Janeiro, Porto Alegre, Belo Horizonte, Fortaleza e Oeste Paulista.

A empresa tem seu sistema de gestão da qualidade certificado pela norma ISO9001-2000 desde dezembro de 2003. Na época da realização da pesquisa, tinha obras espalhadas pelos seguintes estados do Brasil: São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Paraná e Espírito Santo, com lançamentos previstos para Minas Gerais, Goiás, Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco.

A regional de Campinas, na qual foi realizado estudo, conta com cerca de 150 funcionários e tem atualmente trinta obras em andamento. Essa regional atua nas seguintes cidades do interior de São Paulo: Sumaré, Valinhos, Sorocaba, São Carlos, Ribeirão Preto, Votorantin e Jundiaí.

A participação da pesquisa foi motivada pelo interesse do gerente geral de obras da regional de Campinas, que assistiu a uma apresentação dos resultados dos dois estudos anteriores, por ocasião do exame de qualificação da pesquisadora. A empresa vinha enfrentando alguns problemas de atrasos de obras e havia interesse em melhorar o sistema de planejamento e controle da produção, principalmente no sentido de criar estabilidade básica nas suas obras.

4.4 FERRAMENTAS, TÉCNICAS E MÉTODOS USADOS PARA A COLETA DE DADOS

Foi utilizado, nesse estudo, um conjunto de ferramentas de coleta de dados com o objetivo de ter várias fontes de evidências necessárias para dar uma maior

confiabilidade na pesquisa (YIN, 2005).

4.4.1 Entrevista

O uso da entrevista é especialmente indicado para obtenção de dados relacionados às pessoas, que são difíceis ou mesmo impossíveis de serem obtidos através de simples observações. Nas entrevistas, à medida que as questões são formuladas e respondidas, há a oportunidade para se melhorar a comunicação entre entrevistador e entrevistado por meio do fornecimento de informações adicionais que auxiliem nas respostas (KIDDER, 1987).

Em todos os estudos empíricos foram realizadas entrevistas abertas e, especificamente no estudo 3, também foram utilizadas entrevistas estruturadas (Apêndice A). O papel principal de ambas foi obter informações dos intervenientes em relação às suas percepções sobre o processo de intervenção nos estudos empíricos. Foram realizadas ao fim dos estudos e nas etapas de avaliação do ciclo de aprendizagem da pesquisa-ação no decorrer dos estudos.

Observa-se que por meio das entrevistas obtém-se a percepção de cada entrevistado sobre a questão específica, devendo sua utilização ser equilibrada com outras ferramentas que possibilitem uma maior segurança e confiabilidade dos resultados (YIN, 2005).

4.4.2 Observação direta

Yin (2005) afirma que, em geral, as observações diretas são úteis para fornecer informações adicionais sobre o tópico que está sendo estudado. Tais observações constituem-se em um importante registro das características principais dos estudos. Ao se realizarem visitas em campo (obra ou escritório central), são criadas

oportunidades para observações diretas.

As observações podem ser resultados de atividades formais ou informais de coleta de dados. De maneira mais formal, podem ser desenvolvidas rotinas de observação como parte do protocolo do estudo de caso, avaliando a incidência de certos tipos de comportamento durante certos períodos de tempo no campo. Incluem-se nesse tipo observações de reuniões, trabalho de fábrica (YIN, 2005). Por sua vez, a observação informal pode ser realizada ao longo de visitas de campo, incluindo aquelas em que estão sendo coletadas outras evidências (YIN, 2005).

Ao longo desse estudo, a observação direta foi utilizada como fonte de evidências em todos os estudos empíricos, principalmente por meio das visitas às obras e às fábricas.

4.4.3 Documentação de imagens por meio de fotografias

As fotografias registram de forma simples e barata os processos nos canteiros. A utilização das fotos auxilia na análise dos dados, contribuindo para uma melhor explicitação de alguns aspectos do processo, como a seqüência de execução e ferramentas implementadas. Segundo Yin (2005), as observações diretas podem ser documentadas por meio de fotografias, que ajudam a transmitir características importantes do caso a observadores externos.

4.4.4 Observação participante

De acordo com Yin (2005), a observação participante é uma modalidade especial de observação na qual o pesquisador não é apenas um observador passivo, assumindo uma variedade de papéis. Segundo o mesmo autor, existem vantagens e desvantagens associadas à abordagem da observação participante. Dentre os

aspectos positivos destacam-se:

- Possibilidade de participar de eventos ou de grupos, que são, de outro modo, inacessíveis à investigação científica;
- Possibilidade de perceber a realidade do ponto de vista de alguém de dentro do estudo de caso;
- Capacidade de manipular eventos menos importantes, como, por exemplo, marcar uma reunião de um grupo de pessoas no estudo de caso.

Como limitações associadas à observação participante, Yin (2005) aponta:

- Redução da capacidade do pesquisador em trabalhar como observador externo e ser obrigado a advogar funções contrárias aos interesses da boa prática científica;
- A possibilidade de o pesquisador ser induzido a apoiar o grupo ou a organização que está sendo estudada;
- Comprometimento da função de observador em decorrência da função de participante exigir muita atenção.

A observação participante foi empregada nos quatro estudos empíricos, principalmente por meio da participação da pesquisadora em reuniões de trabalho, tais como de planejamento, coordenação de projeto, e avaliação de resultados.

4.4.5 Caderno de campo

No presente trabalho foi utilizado um caderno de campo para registrar informações coletadas através de outras fontes, principalmente observação direta e observação

participante. Easterby-Smith *et al.* (1999) recomendam o uso destes registros pelo pesquisador no momento da ocorrência dos fenômenos observados. Nesta pesquisa, o caderno de campo é denominado de caderno de obra.

4.4.6 Análise de documentos

A principal utilidade dos documentos é corroborar as informações obtidas por meio de outras fontes (YIN, 2005). Além disso, também é possível fazer inferências a partir da análise documental. Um dos pontos fortes desta análise consiste na possibilidade de realização de inúmeras revisões sobre os documentos obtidos (YIN, 2005).

A análise documental foi utilizada em todas as etapas da pesquisa, por meio da utilização de diversos tipos de documentos: projetos, orçamentos, cronogramas de obra, entre outros.

4.4.7 Medição de tempos em obra

Em vários momentos ao longo dos estudos, foi necessária a observação direta de processos de produção e medição de algumas variáveis relacionadas aos mesmos, tais como: seqüência de atividades e operações, durações, número de operadores, e estoques.

Em relação à medição do tempo em obra, não houve a preocupação em obter amostras de medidas estatisticamente representativas, uma vez que o papel das mesmas era fazer uma caracterização dos processos existentes para o desenvolvimento de planos de ação para a introdução de melhorias.

4.5 DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS

4.5.1 Estudo Empírico 1 – Obra A

4.5.1.1 Descrição da obra

A obra A trata-se da construção de um hotel, localizado na cidade de Natal-RN. O cliente era uma empresa de investimentos imobiliários do exterior, sendo que havia um representante legal deste grupo em tempo integral na obra. O empreendimento tinha cerca de 20.000 m² de área construída, 397 apartamentos localizados em sete pavimentos, distribuídos em nove blocos distintos (A, B, C, D, E, F, G, H e I), conforme apresentado no croqui na Figura 4.4 e ilustrado na Figura 4.5.

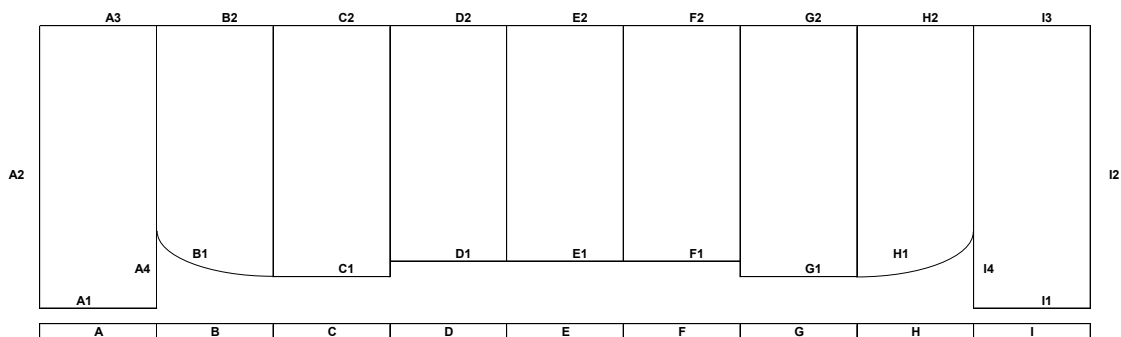


Figura 4.4 Obra A - Croqui



Figura 4.5 Obra A - Foto

A obra tinha o prazo de execução de dezessete meses. A mão-de-obra era 100% sub-contratada e possuía uma estrutura organizacional bastante peculiar. Existiam na obra cerca de cinco engenheiros em tempo integral, que dividiam as seguintes funções: gerente geral, gerente de contrato, planejamento, orçamento e qualidade.

Entre as principais tecnologias construtivas utilizadas, destacam-se a estrutura em concreto armado moldado no local, paredes internas de gesso acartonado (*dry wall*), alvenaria de bloco nas vedações externas e revestimento de argamassa, assentamento cerâmico e pintura nas fachadas.

A seguir, são apresentados os profissionais da empresa que tiveram participação direta na neste estudo e suas respectivas funções:

- Gerente de contrato: coordenava uma equipe de 8 engenheiros, sendo o responsável principal pela tomada de decisão na obra;
- Engenheira de planejamento: responsável pela elaboração do planejamento. Durante o período de coleta de dados, foi o principal contato da pesquisadora;
- Representante do cliente: coordenava uma equipe interna de projeto executivo e participava de reuniões de planejamento;

- Diretor de suprimentos: responsável pela compra de materiais e contratação de serviços sub-empregados.

4.5.1.2 Escopo do estudo

A partir da revisão bibliográfica inicial feita pela pesquisadora e das observações iniciais realizadas na obra, foram formuladas as seguintes proposições iniciais de pesquisa, as quais nortearam o desenvolvimento do estudo exploratório:

- Utilizar a Linha de Balanço como técnica de planejamento de longo prazo, por enfatizar a determinação do seqüenciamento e dos ritmos dos processos-chave, considerados como elementos fundamentais para o estabelecimento de um tempo takt para a obra.
- Aplicar o mapeamento do fluxo de valor a processos de produção considerados como críticos, visando identificar desperdícios e propor um conjunto de melhorias;
- Realizar o estudo detalhado do trabalho dos profissionais envolvidos em alguns processos-chave, adaptando o Gráfico de Balanceamento do Operador ao contexto de obras de edificações, caracterizado por longos ciclos de produção e alta variabilidade; e
- Utilizar a Tabela de Trabalho Padronizado Combinado para estabelecer um padrão de seqüenciamento e duração das atividades para os operadores, para ser utilizado como um plano de produção operacional e controlar os fluxos de trabalho.

Este estudo foi focado nos processos de produção do gesso acartonado (*dry wall*) e do assentamento cerâmico nos apartamentos. O trabalho foi realizado em três etapas. A primeira etapa, denominada de fase de coleta de dados, caracterizou-se

pela permanência da pesquisadora no canteiro de obra. Essa etapa foi iniciada no dia 12/07/2004 e concluída em 19/07/2004. A segunda etapa, de processamento dos dados, iniciou em 08/2004 e teve sua conclusão em 10/2004. Na terceira fase foi realizada uma análise dos resultados da pesquisa, na qual foram propostas diretrizes iniciais para implementação de fluxo contínuo em obra e ocorreu no segundo semestre de 2008, na época da redação da tese de doutorado.

4.5.1.2.1 Fase 1 - Coleta de dados

Na primeira fase do estudo foram realizadas as seguintes atividades no canteiro de obra:

- (a) Realização de palestra na própria obra com duração de 90 minutos: teve o objetivo de treinar os funcionários da empresa em relação aos principais conceitos e ferramentas a serem utilizados no estudo. Estavam presentes cerca de 20 profissionais envolvidos com a gerência e produção da obra;
- (b) Análise geral do sistema de gestão da produção: através do acompanhamento da obra ao longo de oito dias e de entrevistas abertas com profissionais envolvidos na sua gestão, foi realizada uma análise inicial do sistema de gestão da produção existente. A obra estava na fase de execução da estrutura, sendo que a gerência da obra estava preocupada em definir a estratégia de execução do *dry wall* e da alvenaria de vedação externa. Neste período também estava sendo construído um apartamento modelo, o que possibilitou observar alguns detalhes da execução das atividades, incluindo interferências entre equipes e interdependência entre processos;
- (c) Realização de proposta de seqüenciamento e ritmo de produção dos processos envolvidos: foram elaboradas Linhas de Balanço para cada um dos nove blocos do empreendimento. Participaram desta atividade a

pesquisadora, a engenheira de planejamento, o gerente geral da obra e representantes das empresas terceirizadas que estavam sendo contratadas;

- (d) Introdução de melhorias no processo de PCP, baseado no sistema *Last Planner*: foram introduzidas reuniões de planejamento e controle de curto e médio prazo, com o objetivo de melhorar as condições iniciais para a aplicação das ferramentas relacionadas à implementação do fluxo contínuo. A pesquisadora participou das primeiras reuniões, que envolveu também a gerência da obra e o representante do cliente, ficando a consolidação das mudanças no PCP a cargo da empresa;
- (e) Seleção dos processos que poderiam ocorrer em fluxo contínuo por meio da análise da Linha de Balanço: foram escolhidas as atividades execução de gesso acartonado e de assentamento cerâmico em função da possibilidade de se eliminar os estoques em processo e de sincronizá-los com os processos anteriores e posteriores. Nesta fase da pesquisa foram coletados dados para posterior elaboração dos Mapas de Fluxo de Valor (atual e futuro), Gráfico do Balanceamento do Operador (GBO) e da Tabela de Trabalho Padronizado Combinado (TTPC). Além dos dados extraídos da LB, necessitou-se de outras informações, tais como, características gerais da obra, cronograma acordado com o cliente, e também dados referentes aos dois processos escolhidos, incluindo etapas do processo, elementos de trabalho, número de funcionários e durações de atividades. Para obtenção de dados para esse estudo foram realizadas algumas observações diretas da execução de algumas atividades que estavam sendo realizadas na obra no período da coleta de dados. Estas observações foram complementadas por reuniões com o encarregado de produção do assentamento cerâmico. Para auxiliar na coleta dos dados, utilizou-se a planilha apresentada na Figura 4.6.

Estudo dos processos																
EMPRESA	Cliente: Obra: Local:			Data: Processo: Observador:										Menor repetido	Máquina Tempo de ciclo	Observações
	Etapas do processo	Elemento do trabalho	Tempo de trabalho (min)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					

Figura 4.6 Extrato da planilha de estudo dos processos (adaptada de Rother e Harris, 2002)

4.5.1.2.2 Fase 2 - Processamento dos dados

A segunda fase, não mais realizada no canteiro de obra, envolveu as seguintes atividades:

- (a) Elaboração do MFV atual para o apartamento padrão: foram incluídos os principais processos envolvidos na execução dos apartamentos. Um primeiro esboço deste mapa havia sido elaborado na fase de coleta de dados;
- (b) Elaboração dos MFV's atuais e futuros dos processos de gesso acartonado e assentamento cerâmico: na proposta do MFV futuro foram utilizados alguns conceitos da Produção Enxuta, tais como tempo *takt*, multi-funcionalidade dos operários, *layout* celular e produção puxada;
- (c) Elaboração do GBO para o assentamento cerâmico: a partir dos dados

referentes ao conteúdo do trabalho e informações obtidas a partir da LB, foi possível balancear o trabalho de cada um dos profissionais envolvidos neste processo;

- (d) Elaboração de proposta de trabalho padronizado para a atividade de assentamento cerâmico, por meio de adaptações da TTPC.

Salienta-se que os resultados desta etapa foram utilizados apenas para aprendizagem da pesquisadora. Os mesmos não foram utilizados para a implementação de melhorias na obra.

4.5.1.2.3 Fase 3 - Análise dos resultados

Após o processamento dos dados, foi realizada a análise dos resultados, que consistiu em uma reflexão sobre as lições aprendidas em relação à aplicação de ferramentas e à adaptação de conceitos. Como resultado final do estudo foi proposto um conjunto de diretrizes iniciais para implementar fluxo contínuo em obras de edificação. Nessa fase ocorreu também uma revisão do escopo da pesquisa por meio da definição de novas questões e proposições de pesquisa.

4.5.2 Estudo empírico 2 – Obras B e C

4.5.2.1 Descrição das obras

No Quadro 4.1 é apresentado um resumo com as principais características das obras B e C.

Quadro 4.1 Caracterização das obras B e C

Características	Obra B	Obra C
Localização	São Paulo/SP	Cajamar/SP
Descrição da obra	Montagem de um galpão composto pelos seguintes tipos peças: pilares, vigas, lajes, telhas e escada.	Montagem de um shopping composto pelos seguintes tipos peças: pilares, vigas, lajes, telhas e painéis de vedação laterais.
Área da obra (m²)	3.072,25	107.370,00
Volume da obra (m³)	832,03	10.130,73
Nº de peças	578	8.741
Equipe disponível	1 engenheiro em tempo parcial, 1 apontador, 1 encarregado, 5 montadores e 1 operador de guincho.	1 engenheiro em tempo parcial, 1 apontador, 1 encarregado, 5 montadores e 1 operador de guincho.
Equipamento disponível	1 caminhão guincho tipo American (tempo integral) e 1 caminhão guincho tipo Tadano (esporadicamente).	1 caminhão guincho tipo American (tempo integral) e 1 caminhão guincho tipo TL300 (esporadicamente).

Ambas referem-se à montagem de estrutura em concreto pré-fabricado com tipos de peças semelhantes, o mesmo tamanho de equipe e equipamentos semelhantes. Contudo, as dimensões (volume, área, número de peças) da obra C (Figura 4.8) são bastante superiores à obra B (Figura 4.7).



Figura 4.7 Obra B – Foto

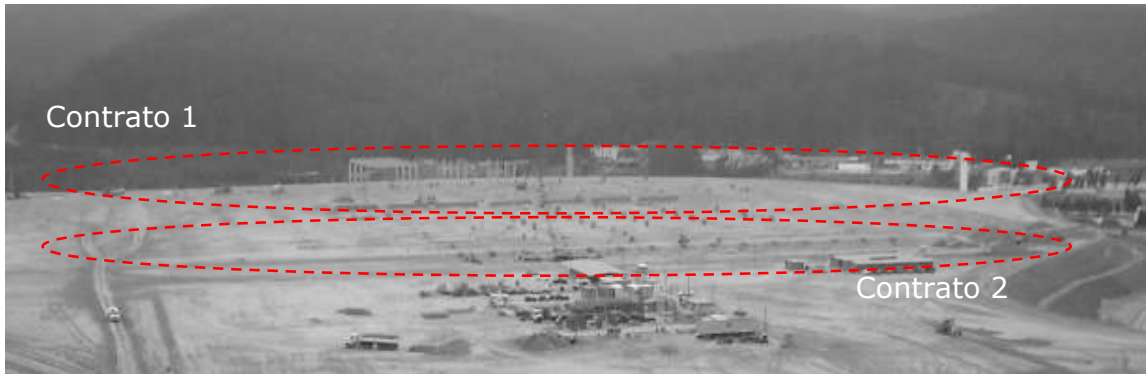


Figura 4.8 Obra C – Foto

A obra C tinha cerca de 200.000 m², mas apenas 107.000 m² foram executados pela empresa na qual estava sendo realizada a pesquisa. Essa área está apresentada na Figura 4.8 como Contrato 1. A outra parte da obra, Contrato 2, foi executada por outra empresa contratada pelo cliente (Figura 4.8). Isso ocorreu em função da falta de capacidade das fábricas em atender ao prazo estabelecido pelo cliente.

A seguir, estão listados os profissionais da empresa que tiveram participação direta neste estudo e suas respectivas funções:

- Diretor técnico: tinha responsabilidade sobre as decisões relacionadas à produção da obra, como, por exemplo, utilização de equipamentos e alocação das equipes da produção. O papel desse interveniente foi de grande importância no desenvolvimento da pesquisa, pois além de ter poder de decisão na empresa, era o incentivador do processo de mudança;
- Engenheiro de planejamento: tinha a função de coordenar a produção de peças pelas fábricas para atender ao plano do sistema de montagem da obra no período de realização da pesquisa no estudo empírico 1. Esse profissional no decorrer da pesquisa assumiu também a função de coordenador de projeto;

- Coordenador de projetos: tinha a função de coordenar o processo de projeto, de forma a atender ao plano de montagem. Salienta-se que o projeto da obra foi realizado por projetistas externos;
- Engenheiro da obra: tinha a responsabilidade de decidir sobre a seqüência de montagem da obra e planejar semanalmente as atividades de montagem e transporte entre fábricas e obra, produzindo um plano de cargas de transporte. No período da intervenção houve a substituição do engenheiro da obra por outro engenheiro da empresa;
- Coordenador de obras: tinha a função de coordenar todas as obras da empresa e teve papel importante no início da implementação, pois tinha participado dos treinamentos iniciais sobre a Mentalidade Enxuta nos quais obteve conhecimentos básicos sobre esta abordagem. Porém, este saiu da empresa cerca de três meses após o início do processo de intervenção;
- Encarregado de transporte: tinha a função de programar o transporte da obra, conforme estabelecido no plano semanal (plano de carga);
- Encarregado de montagem da obra: era responsável pela coordenação dos seis operários de montagem e pelo operador do guindaste.

4.5.2.2 Escopo do estudo

Em função da oportunidade de pesquisa no segmento de obras de montagem de estruturas de concreto pré-fabricadas, foram formuladas novas questões de pesquisa, relacionadas a este contexto. Assim, a questão principal que norteou este estudo foi:

- Como implementar fluxo contínuo em obras de montagem de estrutura pré-fabricada?

Foram também propostas as seguintes questões secundárias:

- Como a introdução de fluxo contínuo no processo de montagem pode contribuir para melhorar o desempenho da obra?
- Que fatores facilitam ou dificultam o processo de implementação de fluxo contínuo em obras de montagem de estrutura pré-fabricada?
- Que benefícios a empresa pode obter a partir da implementação do fluxo contínuo na obra?
- Quais as principais diferenças na implementação do fluxo contínuo em obras de montagem de estruturas pré-fabricadas e obras de edificações?

Buscando nortear o desenvolvimento da pesquisa, foram ainda estabelecidas as seguintes proposições:

- A implementação do fluxo contínuo no processo de montagem de estruturas pré-fabricadas deve ter um caráter sistêmico, envolvendo melhorias no projeto, na fábrica e nos fluxos de transporte e montagem;
- O processo de planejamento e controle da produção deve ser estruturado de forma a criar estabilidade básica, visando criar as condições iniciais necessárias para a implementação do fluxo contínuo; e
- Em obras de montagem de pré-fabricados a definição de lotes pequenos e repetitivos é o principal passo para a implementação do fluxo contínuo. Como a redução do tamanho do lote aumenta a interdependência dos processos resultando em ciclos mais curtos de controle, criando-se um senso de urgência na solução de problemas que ocorrem normalmente nos processos de produção.

Este estudo empírico foi dividido em duas fases distintas. A primeira, denominada de diagnóstico do processo de montagem, foi realizada na Obra B, a segunda, denominada de implementação do fluxo contínuo, foi realizada na obra C. Para avaliar a implementação foi realizado um estudo comparativo entre as obras B e C.

4.5.2.3 Fase 1 – Diagnóstico do processo de montagem

Essa fase foi dividida em duas etapas, a primeira denominada de coleta de dados e a segunda de processamento dos dados. A primeira etapa coincidiu com a duração da montagem da estrutura pré-fabricada no canteiro da obra B, sendo iniciada no dia 07/03/2005 e concluída em 22/04/2005. Neste período foram feitas duas visitas semanais na obra e uma visita semanal à fábrica para a coleta dados.

A segunda etapa, de processamento de dados, ocorreu após a coleta dos dados no canteiro e foi concluída em julho de 2005. Nesta etapa elaborou-se o Mapa do Fluxo de Valor atual do processo de montagem com os dados relativos aos estoques, tempo de processamento das peças e *lead time* da obra.

Após a conclusão da fase 1 do estudo empírico, foi feita a primeira grande reflexão sobre a pesquisa (Figura 4.2) com o objetivo de compreender o problema da falta de fluxo contínuo na obra, além de melhor entender o processo de montagem da estrutura pré-fabricada. A validação do Mapa de Fluxo de Valor foi realizada em reunião na qual participaram os diretores, os engenheiros de obras e o engenheiro de planejamento da empresa. Nesta mesma reunião foram avaliados os resultados do estudo empírico 1 e por fim foram obtidas sugestões de como o processo de montagem poderia ser melhorado. Essas sugestões contribuíram para a definição das ações para a implementação de fluxo contínuo, a serem introduzidas no processo de montagem da estrutura na fase 2 deste estudo empírico.

4.5.2.4 Fase 2 – Implementação do fluxo contínuo

A Fase 2, que correspondeu ao segundo grande ciclo de aprendizagem da pesquisa, foi, em realidade, subdividida em três ciclos menores de aprendizagem, correspondentes às três etapas de execução da obra (Figura 4.9), que ocorreram nos seguintes períodos: (a) de 22/08/2005 a 20/09/2005; (b) de 21/09/2005 a 25/10/2005; (c) de 26/11/2005 a 10/04/2006.

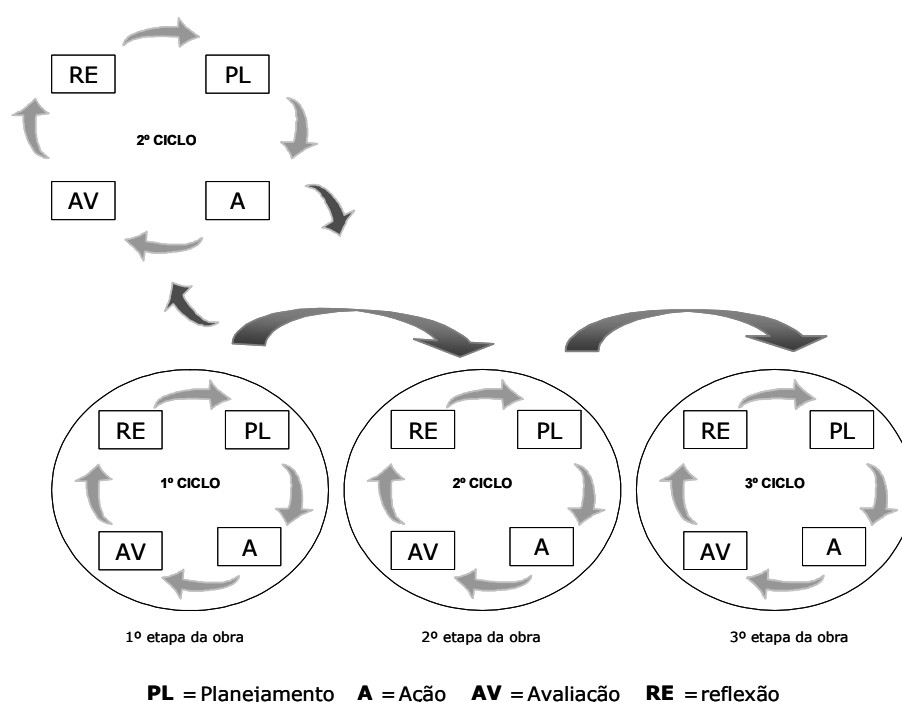


Figura 4.9 Ciclos de aprendizagem correspondente ao estudo empírico 2

O trabalho de campo iniciou após o fechamento do contrato da obra (meados de julho de 2005). A obra iniciou cerca de trinta dias após o fechamento do contrato (22/08/2005).

Após o fechamento do contrato da obra C, a pesquisadora participou de diversas reuniões (cerca de duas reuniões por semana) na empresa com os intervenientes do

processo de montagem da obra C. Essas reuniões tinham o objetivo de planejar o sistema de montagem desta etapa para que este pudesse ocorrer em fluxo contínuo. Essa foi a etapa mais demorada e trabalhosa desse estudo, pois a pesquisadora teve o papel de facilitadora no processo de mudança da organização e, para isto, foi fundamental o amadurecimento do grupo em relação aos novos conceitos, princípios e ferramentas sugeridas.

Para cada uma das três etapas da obra foi elaborado um plano do processo de montagem, para futura intervenção e, a partir deste, foi executada a obra. Para a primeira ação (correspondente ao primeiro ciclo de aprendizagem – 1º etapa da obra), foram realizadas quatro visitas ao canteiro de obras e duas reuniões entre a pesquisadora e os outros intervenientes do processo no escritório da empresa. O objetivo das reuniões e das visitas era realizar avaliações parciais e redirecionar as ações. Com a criação de lotes pequenos, repetitivos e interdependentes, qualquer problema que ocorria no sistema de montagem necessitava de ações rápidas no sentido de resolvê-lo para dar seguimento ao plano. As reuniões ocorriam para avaliar os problemas e propor as ações corretivas.

Paralelamente, ocorriam reuniões no escritório da empresa para elaborar o plano do sistema de montagem da segunda etapa da obra (correspondente ao segundo ciclo de aprendizagem), no qual se incorporavam as lições aprendidas. Da mesma forma que na primeira etapa, na segunda etapa de implementação do plano foram realizadas seis visitas à empresa (duas na obra e quatro no escritório) e uma reunião com os intervenientes do processo para avaliar o processo de intervenção.

Paralelamente à condução da intervenção na segunda etapa, foi elaborado um plano de ação para a terceira etapa (correspondente ao terceiro ciclo de aprendizagem). Nesta etapa foram realizadas uma visita mensal na obra e visitas semanais no escritório da empresa. Nestas ocasiões eram realizadas reuniões entre pesquisadora e engenheiros de planejamento e da obra para avaliação do sistema implementado.

Após o término da obra, fez-se uma reflexão acerca dos elementos que deveriam fazer parte das diretrizes para implementar o fluxo contínuo na montagem da estrutura em obras. Uma das principais conclusões desse estudo foi a grande interdependência entre os principais sistemas de produção das obras de estrutura em pré-fabricadas: projeto, fabricação, transporte e montagem e, em função disso, redirecionou-se os estudos para o sistema de projeto.

4.5.2.5 Fontes de evidência utilizadas

Ao contrário do estudo empírico 1, neste estudo foram utilizados muitos dados quantitativos, os quais foram importantes para apoiar a tomada de decisão ao longo do processo de implementação e também para evidenciar os benefícios alcançados. No Quadro 4.2 estão apresentados os dados coletados, suas fontes de evidência e as técnicas de coleta de dados no estudo.

Quadro 4.2 Coleta de dados

Dados	Fontes de evidência	Técnicas de coleta e registro	Crítérios adotados
Número de peças não montadas em estoque na obra	Observação direta em visitas à obra Análise de notas fiscais	Contagem de peças em estoque Anotações no caderno de obra	Monitoramento das peças que eram entregues na obra, mas não eram montadas
Estoque em processo de peças montadas fora de seqüência	Observação direta em visitas à obra	Desenho da seqüência de montagem por peça Anotações no caderno de obra Fotos	Comparação entre as peças montadas com a seqüência de montagem planejada
Horas trabalhadas de equipamentos e mão-de-obra	Análise de arquivo	Planilha de controle de horas	Uso de dados regularmente coletados pela empresa no seu sistema de apropriação de custos

Quadro 4.2 Coleta de dados (continuação)

Dados	Fontes de evidência	Técnicas de coleta e registro	Crítérios adotados
Tempo efetivo de montagem	Observação direta do pesquisador	Cronometragem dos tempos	Medição dos tempos de todas as operações de montagem para os vários tipos de peças (pilares, vigas, telhas e lajes), para a carga inteira de uma carreta em cada obra. Considerou-se para cada peça o tempo que o guindaste levava para içar a peça, colocá-la na posição correta e retornar para pegar outra peça. Como as peças eram tiradas diretamente do caminhão e este se posicionava sempre próximo ao local de montagem, os tempos de ciclo variavam pouco.
Avanço físico	Análise de arquivo	Monitoramento do prazo da obra	Uso de dados regularmente coletados pela empresa no seu sistema de controle de obras
Tempo de tomada de decisões em caso de problemas na montagem	Observação direta do pesquisador	Anotações no caderno de obra	Quando ocorriam problemas, media-se o tempo que a gerência levava para resolvê-los
Tempo de viagem de carreta	Registro de tempos pelo motorista	Anotações no caderno de obra	Foi realizado um monitoramento pelo período de uma semana

Além dos dados quantitativos, foi coletada uma ampla gama de dados qualitativos, a partir de entrevistas não estruturadas, observação participante, observação direta, análise de documentos e discussões nas apresentações realizadas pela pesquisadora. Tais dados referiam-se principalmente às dificuldades de identificação, análise e solução de problemas, barreiras à implementação de melhorias e benefícios alcançados.

4.5.3 Estudo Empírico 3 – Obras D e E

4.5.3.1 Descrição das obras

No Quadro 4.3 está apresentado um resumo com as principais características das obras D e E, além de informações acerca dos seus processos de projeto, uma vez que o objeto empírico nesse estudo é o processo de projeto. Observa-se que o escopo de ambas refere-se aos projetos, fabricação e montagem de peças em estrutura em concreto pré-fabricado com tipos de peças semelhantes.

Quadro 4.3 Caracterização das obras D e E (projeto)

Características	Obra D	Obra E
Localização	Mogi das Cruzes/SP	Barueri/SP
Descrição da obra	Ampliação de edifício industrial composto pelos seguintes tipos peças: pilares, vigas, painéis de fechamento, telhas e rufos de concreto.	Construção da estrutura de um centro de distribuição composto pelos seguintes tipos peças: pilares, vigas, lajes, telhas e escada.
Descrição do escopo do contrato	Projeto, fabricação e montagem das peças estruturais.	Projeto, fabricação e montagem das peças estruturais.
Área da obra (m²)	2.842,78	89.846,86
Volume da obra (m³)	365, 86	7.759,8
Nº de peças	223	6.569
Prazo da obra (montagem)	22 dias	225 dias
Prazo de projeto	63 dias	193 dias
Papel da equipe interna de projeto	Verificação dos projetos.	Projetos de Geometria Espacial da Obra (GE), de peças individuais, além da verificação.

Na obra D o projeto estrutural foi realizado por equipes de projeto externas à empresa, enquanto na obra E a maior parte do projeto foi executada por uma equipe interna da empresa, por se tratar de projeto bastante repetitivo e ter sido considerado pouco complexo. Em ambas as obras a verificação dos projetos foi efetuada por equipes internas da empresa. A obra D consistia na ampliação numa edificação já existente, que havia sido executada por uma outra empresa. A obra E

era bastante semelhante à obra C, sendo constituída de um galpão com mezanino.

A seguir, estão listados os profissionais da empresa que participaram mais diretamente do estudo e suas respectivas funções:

- Diretor técnico: era responsável pela escolha do projetista externo para execução dos projetos. Além disso, esse interveniente tinha grande conhecimento sobre todo o processo de execução de obra, desde o projeto até montagem e foi muito importante na definição de formas de integração entre a gestão de projetos com os outros sistemas de gestão da empresa (fabricação, montagem). Da mesma forma que no estudo empírico 2, teve um papel de grande importância no desenvolvimento deste estudo, pelo seu poder de decisão na empresa e por ter incentivado o processo de mudança;
- Coordenador de projetos: tinha a função de coordenar o processo de projeto, de forma a atender ao plano de montagem. Essa coordenação envolvia contatos com o cliente (nesse tipo de obra é comum os clientes definirem suas necessidades no decorrer da elaboração dos projetos), os projetistas externos, os projetistas internos (responsáveis pela verificação), o coordenador de planejamento e os responsáveis pela fabricação das peças;
- Projetistas externos: profissionais externos à empresa responsáveis pela elaboração do projeto, geralmente pertencentes a um escritório que reunia todos os especialistas: projetistas de GE (geometria espacial)²⁶, calculista²⁷, projetista de peças individuais (DI) e desenhistas;

²⁶ O projeto GE, também chamado de projeto geral, apresenta a distribuição de todas as peças da obra, com suas respectivas denominações.

²⁷ O calculista é responsável pelo cálculo das cargas na estrutura.

- Projetistas internos: projetistas da empresa responsáveis pela verificação dos projetos enviados pelos projetistas externos. No decorrer da pesquisa foram contratados profissionais para elaboração de projetos na empresa.

4.5.3.2 Escopo do estudo

Este estudo empírico foi focado no processo de projeto da estrutura pré-fabricada da empresa. Semelhante ao estudo empírico 2, este foi dividido em duas fases distintas. A primeira, denominada de diagnóstico do processo de projeto, foi realizada na obra D. A segunda fase, denominada de implementação de fluxo contínuo, foi realizada na obra E.

As questões específicas propostas para este estudo foram:

- Como introduzir os conceitos, princípios e ferramentas de Mentalidade Enxuta, usados nas obras de montagem, no processo de projeto de estruturas pré-fabricadas, de forma a criar melhores condições para obter fluxo contínuo no sistema projeto-fabricação-montagem?
- Como definir lotes de projeto de estruturas pré-fabricadas a partir das demandas de fabricação e montagem?
- Como adaptar a ferramenta do Mapa de Fluxo de Valor ao processo de projeto?
- Que fatores facilitam ou dificultam o processo de implementação de fluxo no projeto das estruturas pré-fabricadas?

Buscando nortear o desenvolvimento da pesquisa, foram também estabelecidas as seguintes proposições:

- O Mapa do Fluxo de Valor é adequado para modelar o processo de projeto,

deste que sejam feitas adaptações, levando em conta a natureza do processo de projeto neste contexto;

- Os conceitos de redução do tamanho do lote e de produção puxada podem ser utilizados para gerenciar de forma integrada a gestão do projeto, da fabricação e da montagem de estruturas pré-fabricadas; e
- Utilização de equipes multifuncionais para a tomada de decisão conjunta tem um importante papel na redução do *lead time* de projeto e na eliminação de retrabalhos.

4.5.3.3 Fase 1

Essa fase do trabalho foi subdividida em duas etapas. Na etapa inicial foram realizadas reuniões com os intervenientes do processo de desenvolvimento do projeto na empresa, com o intuito de entender o processo. Foram elaborados dois mapas de fluxo de valor, um atual e outro futuro, com os dados obtidos em reuniões ocorridas entre pesquisadora, coordenador de projeto e diretor técnico da empresa. Nessas reuniões buscou-se entender como o projeto era realizado, incluindo o papel de cada interveniente, e elaborar uma proposta de melhoria para este processo. Estes mapas foram realizados conforme o método proposto por Rother e Shook (1999) para processos produtivos, sendo denominados de simplificados para diferenciá-los do mapa mais detalhado que foi realizado na etapa seguinte.

Na segunda etapa, a pesquisadora propôs a elaboração de um mapa mais detalhado do processo de projeto, a partir do acompanhamento de um empreendimento real (obra D) que estava iniciando. Por meio desta modelagem, buscou-se conhecer em maior profundidade a natureza do processo de projeto de estruturas pré-fabricadas, já que a literatura é bastante escassa sobre o tema. Nessa etapa foi realizada uma análise detalhada de todos os sub-processos envolvidos, desde a consulta de preço

feita pelo cliente até a verificação dos projetos de peças individuais, antes da entrega dos mesmos na fábrica. Este mapa detalhado foi elaborado com base em diretrizes sugeridas pelo *Lean Institute* Brasil para a modelagem de processos administrativos, adotadas no estudo de Reis (2004).

O estudo na obra D iniciou apenas após a negociação do setor comercial com o cliente. Assim, os dados referentes aos processos iniciais foram obtidos por meio de documentos internos da empresa e de reuniões com os profissionais envolvidos. Após a comunicação da nova obra para a equipe de projeto da empresa, foram usadas diversas outras fontes de evidência: e-mails trocados entre coordenador de projeto, cliente e projetistas; reuniões com equipes de projeto; entrevistas abertas com o diretor técnico e os profissionais de projeto internos e externos; e participação em reuniões de coordenação de projeto.

Foram também coletados dados relacionados à duração de atividades de projeto dos projetistas externos, principalmente do responsável pelos projetos individuais das peças (projeto de DI). O coordenador de projeto convocou uma reunião com o projetista DI na qual se fez uma exposição dos objetivos da pesquisa, com apresentação dos MFV's simplificados, e foi solicitado que fossem anotados todos os tempos gastos no projeto das peças da obra D.

Cabe salientar que houve muita dificuldade em obter dados dos projetistas externos. A obra D, escolhida para este estudo, foi a terceira tentativa de se obter estes dados. Em duas obras anteriores, não se obteve o envolvimento necessário dos projetistas, tornando inviável a realização dos estudos.

Durante a elaboração do MFV detalhado, existiram vários ciclos de aprendizagem, que permitiram entender o processo de projeto da estrutura em pré-fabricado. Diferente do processo de montagem, no qual seu entendimento se deu mediante visitas sistemáticas ao canteiro e coleta de dados previamente planejadas, a aprendizagem no projeto foi construída por meio das várias reuniões entre os

intervenientes do processo de projeto e pesquisadora. Alguns aspectos dos projetos realizados externamente à empresa eram desconhecidos até pelo coordenador e diretor técnico, como, por exemplo, a seqüência com que os projetistas trabalhavam e o tempo gasto e a complexidade de projeto.

Ao final da fase 1 do estudo foi feita uma avaliação do processo de projeto em reunião na empresa, da qual participaram dois diretores, coordenador de projeto, projetistas internos da empresa, engenheira de planejamento e coordenador de obras. Ao final da apresentação decidiu-se que era prioritário para a empresa ampliar o escopo da implementação do fluxo contínuo, abrangendo, também, o processo de projeto. Além disso, os diretores decidiram pela realização de um estudo piloto de intervenção no processo de projeto e, após esse estudo, a realização de um *workshop* com todos os projetistas para a apresentação dos resultados da pesquisa. A partir destas ações, pretendia-se reformular o processo de projeto, a ser seguido por todos os projetistas externos.

4.5.3.4 Fase 2

Inicialmente, a pesquisadora tinha a intenção de realizar uma intervenção ampla no sistema de gestão da empresa, incluindo o projeto, a fabricação de peças em fábrica e a montagem da estrutura na obra. Porém, devido às dificuldades de envolver os diversos intervenientes de cada processo, optou-se por realizar a intervenção apenas no processo de projeto, por ser esse o foco principal deste estudo empírico.

Após a reunião de avaliação da fase 1, a diretoria da empresa deveria definir o empreendimento no qual seria realizada a intervenção. Fizeram-se algumas tentativas em alguns projetos, mas se encontrou muitas dificuldades de realizar este estudo pela falta de envolvimento dos projetistas externos. Em função destes problemas decidiu-se interromper os estudos, até que houvesse uma mudança mais radical no processo de projeto. Por esta razão, houve um longo intervalo entre a

conclusão da fase 1, em maio de 2007, e o início da fase 2, em dezembro de 2007.

A partir das discussões ocorridas após a fase 1 do estudo, apontando problemas na gestão de projetos que afetavam o andamento de várias obras, a empresa decidiu formar uma equipe interna de projeto.

Em função da dificuldade em se fazer a intervenção no processo de projeto com os projetistas externos, decidiu-se, em reunião entre coordenador de projeto, projetistas internos, diretor técnico e pesquisadora, que a intervenção seria realizada em um projeto que fosse todo²⁸ realizado na empresa. Em novembro de 2007 foi contratada a obra E que, por ser pouco complexa, foi escolhida para ser projetada pela equipe interna (à exceção do calculista). O processo de projeto desta obra foi realizado entre dezembro de 2007 e junho de 2008.

Apesar da obra E ser pouco complexa, foram identificados alguns problemas que poderiam trazer dificuldades à realização do estudo: (a) obra de grande porte (89.846,86 m²), que implica uma grande quantidade de peças a serem projetadas; e (b) o cliente é considerado pela empresa o mais difícil²⁹ com os quais a empresa trabalhava.

Diferentemente do estudo empírico 2, no qual a pesquisadora assumiu um papel bastante ativo no processo de intervenção, nesse estudo a coordenadora de projeto foi a responsável pela implementação das melhorias, cabendo a ela, por exemplo, elaborar planilhas de planejamento e controle do projeto. Na fase 2 do estudo, as reuniões entre a coordenadora de projeto e a pesquisadora ocorreram duas vezes por mês, no decorrer de seis meses, sendo o papel desta última apenas de apoio ao

²⁸ Formar uma equipe de projetistas interna à empresa foi uma tarefa bastante demorada e até junho de 2008 não se tinha ainda esta equipe. Isso ocorreu em função da falta desses profissionais no mercado. Por essa razão, alguns projetos eram realizados parcialmente na empresa, sendo que algumas das etapas eram terceirizadas.

processo de implementação. Nessas ocasiões, a coordenadora relatava à pesquisadora como estava sendo a implementação dos lotes de projeto definidos anteriormente e problemas ocorridos no período.

Nesta fase, foram usadas outras fontes de evidência: participação em reuniões de coordenação de projeto; reuniões com o diretor técnico e os profissionais de projeto internos e externos; entrevistas estruturadas com três projetistas e a coordenadora de projeto (roteiro no Apêndice A). Não foi possível neste estudo, devido às limitações de prazo e recursos, realizar uma avaliação quantitativa do impacto das mudanças no processo de projeto, nem nos processos de fabricação e montagem.

4.5.4 Estudo empírico 4 – Obra F

4.5.4.1 Descrição da obra

A obra F é um condomínio horizontal, localizada na cidade de Campinas, SP. O condomínio é formado por 59 casas, das quais 58 geminadas, de dois pavimentos com 4 dormitórios. Existiam duas opções de casa, uma com 170 m² e outra com 165 m². A área total do terreno é de 23.200 m². É uma construção considerada de alto padrão com ampla infra-estrutura: piscinas, quadra de esportes, *playground*, salão de festas, guarita de segurança, entre outras facilidades. A implantação do condomínio é apresentada na Figura 4.10. A Figura 4.11 ilustra o processo de construção das casas.

²⁹ Esse cliente era considerado difícil pela empresa em função da demora na tomada de decisões importantes de projeto e também pela elevada quantidade de mudanças em projeto (ou até mesmo na obra já montada) que solicitava.

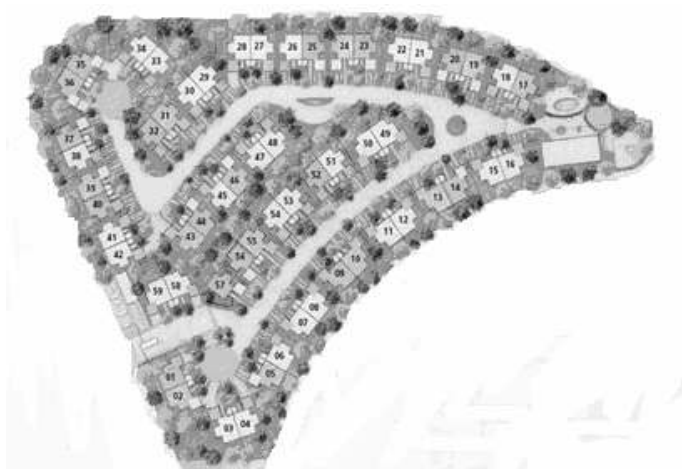


Figura 4.10 Implantação do condomínio - obra F



Figura 4.11 Obra F - Foto

A obra tinha inicialmente o prazo para execução de dezoito meses, de janeiro de 2007 a junho de 2008. Contudo, a obra iniciou-se dois meses antes do previsto (novembro de 2006), sendo o prazo estendido para vinte meses. A mão-de-obra era totalmente subcontratada.

Entre as principais tecnologias construtivas utilizadas, pode-se destacar a estrutura em concreto armado moldado no local, paredes de vedação em alvenaria de

bloco de concreto, revestimento interno em gesso, revestimento externo em argamassa e acabamentos de revestimento cerâmico e pintura nas fachadas.

A seguir, são apresentados os profissionais da empresa que tiveram participação direta neste estudo e suas respectivas funções:

- Engenheiro da obra: coordenava o trabalho na obra, sendo, juntamente com o assistente técnico, responsável pelas tomadas de decisões da obra. Tinha dedicação parcial à obra;
- Assistente técnico: estagiário no último ano de faculdade, responsável pela gestão da obra, juntamente com o engenheiro. Além disso, era o responsável por inserir dados no sistema integrado de gestão empresarial, preparar relatórios técnicos e participar de reunião mensal sobre andamento da obra. Tinha dedicação integral à obra e participava de todas as reuniões de planejamento, juntamente com a pesquisadora e mestre;
- Mestre de obra: responsável por coordenar as equipes de produção. Participava de todas as reuniões de planejamento;
- Responsável administrativo da obra: realizava as compras de materiais e contratação de mão de obra. Participou da reunião de planejamento de médio prazo, juntamente com a pesquisadora e assistente técnico;
- Estagiário: responsável pela elaboração do plano de curto prazo e controle semanal. Também elaborava os gráficos e indicadores de controle no curto prazo.

4.5.4.2 Escopo do estudo

Este estudo foi focado no processo de planejamento e controle de produção. Para

esse estudo foram estabelecidas as seguintes questões de pesquisa:

- Quais os requisitos para se iniciar uma implementação do fluxo contínuo em obras de edificação a partir dos conceitos e ferramentas de Mentalidade Enxuta?
- Qual o papel da estabilidade básica na implementação do fluxo contínuo em obras de edificação?

Buscando nortear o desenvolvimento da pesquisa, foram estabelecidas as seguintes proposições:

- O sistema *Last Planner* (BALLARD; HOWELL, 1998; BALLARD, 2000) pode ser usado para obter a estabilidade básica nos canteiros de obras de edificação, considerando o conceito proposto por Smalley (2005): a previsibilidade geral e disponibilidade constante em relação à mão-de-obra, materiais, máquinas e métodos;
- A diferente complexidade de empreendimentos de edificação, mesmo em obras repetitivas, em relação às obras de estruturas pré-fabricadas de concreto, influencia e diferencia a forma de implementar o fluxo contínuo.

O trabalho foi realizado em duas fases. A primeira fase, denominada de análise e diagnóstico da obra, foi realizada entre em janeiro e março de 2007. A segunda fase, denominada de implementação, foi realizada entre março e julho de 2007, tendo como principal atividade a implementação de um processo de PCP baseado no Sistema *Last Planner*.

4.5.4.3 Fase 1 - Análise e diagnóstico da obra

Esta fase foi realizada entre janeiro e março de 2007. Seu início foi marcado por

uma reunião com os principais envolvidos na gestão da obra: engenheiro da obra, assistente técnico e mestre de obra. Nesta reunião, a pesquisadora buscou ter uma visão geral do sistema de planejamento e controle da produção existente na obra. A obra ainda estava nas suas etapas iniciais, sendo que em algumas casas estavam na fase de execução de *radier*, alvenaria inferior ou primeira laje.

Após esta reunião, foi iniciada a elaboração de um plano de longo prazo por meio da Linha de Balanço, em reuniões semanais envolvendo a pesquisadora, assistente técnico e mestre de obras. Esta atividade durou cerca de um mês. Em parte, a elaboração desta Linha de Balanço teve um caráter de diagnóstico, à medida que evidenciava falhas no plano de longo prazo existente, formalizado por meio de um cronograma físico. Ao mesmo tempo, durante a elaboração da LB, foram introduzidos alguns conceitos de Mentalidade Enxuta, tais como a redução do tempo de ciclo, a identificação de processos que poderiam ocorrer em fluxo contínuo, oportunidades de eliminação de *buffers*.

Para a elaboração desta LB, foram coletados dados referentes às datas de início e fim da execução, por unidade, das seguintes atividades: *radier*, alvenaria inferior, primeira laje, alvenaria superior e segunda laje. Esses dados foram coletados para o período entre novembro de 2006 e março de 2007, a partir de documentos criados para o controle interno da obra.

Após algumas discussões entre pesquisadora e gerência da obra, decidiu-se fazer uma intervenção nos processos de alvenaria inferior e primeira laje, considerados críticos no momento. A exemplo do que ocorreu no estudo empírico 1, pretendia-se implementar fluxo contínuo nestes dois processos.

Foram então preparadas as planilhas para coleta de dados referentes ao estudo destes processos, incluindo a identificação da seqüência de execução, definição dos elementos de trabalho e a medição tempos de cada operação. A coleta destes dados não foi totalmente realizada pela falta de estabilidade básica na obra,

principalmente quanto aos suprimentos de materiais, disponibilidade de equipamentos e falta de treinamento da mão de obra.

Ao final desta etapa, foi realizada uma reunião com o engenheiro da obra, o assistente técnico e o mestre de obras para a apresentação e discussão do diagnóstico realizado. Decidiu-se neste momento focar o trabalho na obtenção da estabilidade básica ao invés de realizar a implementação do fluxo contínuo. Decidiu-se, também, introduzir melhorias no sistema de PCP, com base no Sistema *Last Planner*.

4.5.4.4 Fase 2 – Implementação de melhorias no sistema de PCP

Na segunda fase do estudo, foram introduzidos os níveis de planejamento de médio prazo e curto prazo, adotando-se a Linha de Balanço, gerada na fase anterior, como plano de longo prazo.

A pesquisadora participou diretamente do planejamento semanal de curto prazo entre março e julho de 2007, atuando como facilitadora na implementação do mesmo. Participavam da elaboração deste plano, além da pesquisadora, o assistente técnico, o mestre de obra e os encarregados. A pesquisadora também teve o papel de facilitadora na única reunião de planejamento de médio prazo realizada na obra.

Continuou-se a coletar os dados referentes às datas de início e fim da execução das unidades dos mesmos processos estudados na fase de diagnóstico. Esses dados foram utilizados para avaliar o impacto da implementação das mudanças do PCP. Os dados analisados foram referentes ao período de março a julho de 2007.

Ao final deste estudo foi realizado um seminário de avaliação do estudo, no qual foram apresentados os resultados finais da intervenção na obra F. Nessa reunião, participou todo o corpo técnico de gestão da produção da regional Campinas, cerca

de 35 pessoas: o gerente geral de obras, coordenadores de obras, todos os engenheiros de obra, estagiários, equipe de planejamento, engenheiro de suprimentos e estagiários.

Após a reunião final para a apresentação dos resultados, foi realizada a análise dos resultados, que se focou no papel da estabilidade básica na implementação do fluxo contínuo.

5 RESULTADOS OBTIDOS NO CONTEXTO DE EDIFICAÇÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados dos estudos empíricos 1 e 4, realizados nas obras A e F, respectivamente, ambas no contexto de obras de edificações.

5.1 ESTUDO EMPÍRICO 1 (OBRA A)

5.1.1 Diagnóstico inicial da obra

Com relação ao planejamento da obra, existia um plano informatizado correspondente ao plano de longo prazo do empreendimento, elaborado pela engenheira de planejamento. Não existia hierarquização do planejamento, apenas um plano de longo prazo excessivamente detalhado. Semanalmente este plano era atualizado e apresentado em reunião com gerência da obra e representante do cliente.

A partir da atualização do plano, a engenheira de planejamento fazia uma lista com as atividades que deveriam ser executadas na semana e a passava aos encarregados, mesmo que algumas dessas atividades tivessem restrições e fossem impossíveis de serem executadas. Além disso, por exigência do cliente, a lista deveria ter sempre atividades planejadas com produção acima da capacidade das equipes, para que, segundo o cliente, as equipes fossem puxadas e assim cumprisse com os planos.

Além disso, faltava na obra um planejamento de recursos (materiais, equipamentos e mão de obra) aderente ao planejamento da obra que levasse em conta o tempo necessário para todo o processo de aquisição: cotação, negociação, compra e entrega. Em função disso faltavam recursos no canteiro. Em consequência, na época da etapa de coleta de dados, estava na obra o gerente geral de suprimentos da empresa para auxiliar o processo de aquisição de materiais.

Por falta de um planejamento dos fluxos físicos na obra, existiam problemas de definição do seqüenciamento de execução dos blocos (plano de ataque), sendo que estes foram executados de forma aleatória. Por exemplo, enquanto alguns blocos estavam executando o concreto da sétima laje, outros estavam executando a armação da segunda laje, outro na execução das formas na quinta laje.

Outro problema era a existência de estoque em processo entre diversas atividades na obra, criando na obra um fluxo descontínuo de trabalho. Os blocos foram executados simultaneamente, porém não existiam equipes de trabalho suficientes para executar todos os blocos ao mesmo tempo, as equipes ao concluírem uma atividade num determinado bloco, passavam para outro (deixando o anterior em espera) e depois para outro, etc. e depois retornavam para o anterior. Havia também problemas na formação de equipes de produção, sendo grande a rotatividade de mão-de-obra.

Foram também detectados muitos atrasos na entrega dos projetos executivos, os quais eram elaborados na própria obra por uma equipe de projeto local, gerenciada pelo representante do cliente.

Em função dos problemas observados, optou-se por introduzir algumas melhorias no processo de PCP em nível de curto e médio prazo, com o objetivo de melhorar as condições iniciais para a introdução de melhorias, conforme relatado no item 3.1.7. No item 5.1.2, são apresentados os resultados da aplicação das ferramentas relacionadas à implementação do fluxo contínuo.

5.1.2 Aplicação de ferramentas

A seqüência de aplicação das ferramentas seguiu, em linhas gerais, a recomendação de Rother e Shook (1999) e Rother e Harris (2002) (seção 3.2):

- Inicia-se pela elaboração de um mapa do estado atual do sistema de produção como um todo;
- Identificam-se, a partir deste mapa, os processos que apresentam potencial de implementação de fluxo contínuo;
- Propõe-se um mapa de estado futuro no qual se pode obter fluxo contínuo com base nas oportunidades de melhoria identificadas;
- Faz-se um estudo detalhado do processo, mudando para uma perspectiva mais operacional, por meio de um gráfico de balanceamento do operador; e
- Faz-se a Tabela do Trabalho Padronizado Combinado.

Neste estudo, foi acrescentada uma etapa inicial, antecedendo o MFV do estado atual. Nesta etapa, usou-se a técnica da Linha de Balanço, gerada a partir do

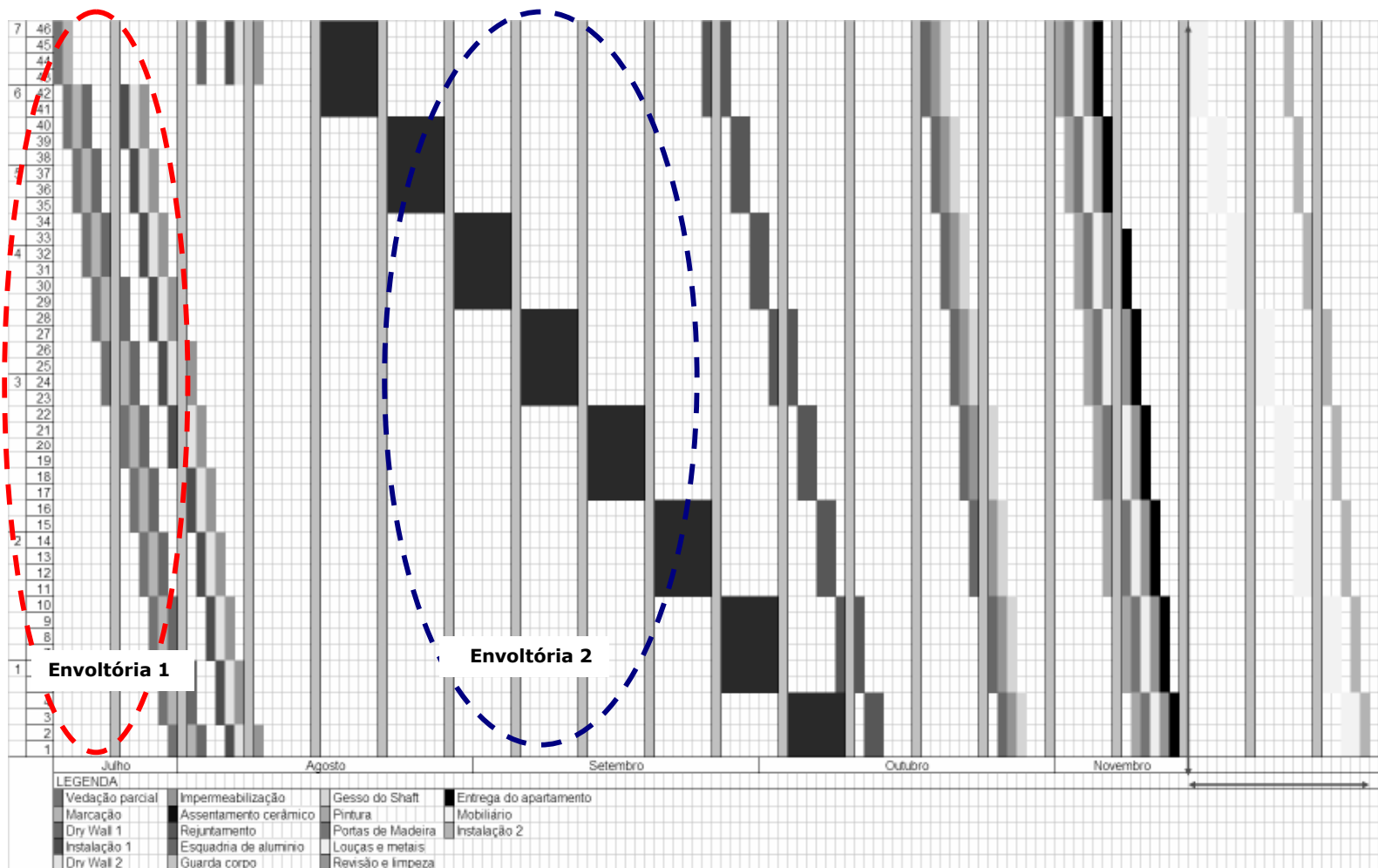
cronograma acordado com o cliente, para definir ritmos de produção dos processos chave. Estes ritmos são utilizados para a definição dos tempos *takt* de um processo ou conjuntos de processos. Ao contrário do Sistema Toyota de Produção, este tempo *takt* não é definido a partir da demanda externa, mas considerando períodos de tempo disponíveis para executar etapas da obra.

Outra adaptação do método proposto por Rother e Shook (1999) e Rother e Harris (2002) foi a elaboração de mapas de fluxo de valor atual e futuro por processo, como um desdobramento dos MFV's para toda a obra (ver item 5.1.2.3). Assim, a proposta de implementação de fluxo contínuo assume um caráter de melhoria incremental. Os processos escolhidos foram aqueles que apresentavam maior potencial de implementação de fluxo contínuo.

5.1.2.1 Linha de Balanço

Na Figura 5.1 é apresentada uma das Linhas de Balanço (LB) elaboradas, correspondente ao bloco C da obra. Nesta LB estão apresentados o seqüenciamento e os ritmos planejados dos principais processos envolvidos na execução do apartamento padrão. As outras LB tiveram uma configuração bastante semelhante à da Figura 5.1, porém, como o bloco C era o que estava mais adiantado na obra, havia mais informações disponíveis para a elaboração desta linha em relação aos outros blocos.

Esta LB representa um plano de longo prazo no qual se buscava cumprir os prazos contratuais, considerando a capacidade potencial da mão de obra disponível. Buscou-se incorporar algumas melhorias na mesma em relação ao plano de longo prazo existente, resultantes de discussões envolvendo a pesquisadora e gestores da obra.



Legenda:

- Vedação parcial: fechamento provisório das aberturas; - Dry wall 1: colocação de montantes (estruturação), colocação de chapas em uma face (chapeamento 1) e furação de lajes;- Instalação 1: tubulações hidro-sanitárias e elétricas;- Dry wall 2: caixas elétricas, colocação de chapas na outra face (chapeamento 2) e acabamentos;- Instalação 2: acabamentos elétricos (tomadas, interruptores, etc.) e hidro-sanitários.

Figura 5.1 Extrato da Linha de Balanço (Bloco C)

No Quadro 5.1 estão apresentadas algumas informações utilizadas para gerar a LB, incluindo o número de equipes, os ritmos de produção (apartamento/dia) e a produtividade estimada (hh/apartamento). Estes dados foram definidos em uma reunião envolvendo a pesquisadora, a engenheira de planejamento e o sub-empregado de *dry wall*, com base na experiência de obras anteriores.

Quadro 5.1 Informações utilizadas para gerar a Linha de Balanço

Seqüenciamento dos processos	Número de equipes	Ritmo (apartamento/dia)	Produtividade estimada (hh/apartamento)
1. Vedação parcial	1	4	2,2
2. Marcação	1	4	2,2
3. <i>Dry wall</i> 1	2	4	4,4
4. Instalação 1	2	4	4,4
5. <i>Dry wall</i> 2	2	4	4,4
6. Impermeabilização	1	4	2,2
7. Assentamento cerâmico	6	1	52,8
8. Rejuntamento	1	3	2,9
9. Esquadria de alumínio	1	6	1,5
10. Guarda corpo	1	6	1,5
11. Gesso do <i>shaft</i>	1	6	1,5
12. Pintura	1	6	1,5
13. Portas de madeira	1	6	1,5
14. Louças e metais	1	6	1,5
15. Revisão e limpeza	1	6	1,5
16. Entrega do apartamento	1	6	1,5
17. Mobiliário	1	3	2,9
18. Instalação 2	1	6	1,5

Houve alterações na estratégia de execução do processo de *dry wall* (envoltória 1 da Figura 5.1), em função da preocupação da gerência da obra em acelerar esta atividade, buscando liberar frentes de serviço para as atividades posteriores. Foram introduzidas as seguintes mudanças no planejamento deste processo:

- Introduziu-se a idéia de pequenos lotes, por meio da divisão das zonas de trabalho por apartamentos, ao invés de pavimentos (adotado anteriormente pela empresa);

- Buscou-se sincronizar os diferentes sub-processos do *dry wall*, ao contrário da prática corrente de se dar um ritmo maior aos sub-processos iniciais (normalmente instalação de montantes) (SANTOS *et al.*, 2002). Esta sincronização foi obtida por meio de um redimensionamento das equipes;
- Foi introduzida uma folga (*buffer* de tempo) planejada entre os sub-processos *dry wall* 1 e instalação 1, em função de problemas de projeto existentes.

Tentou-se também reduzir estoques em processo (perda por super-produção antecipada), eliminando algumas folgas entre os processos. Porém, nota-se na Figura 5.1 a existência períodos em que não ocorrem quaisquer atividades nos apartamentos. Esses problemas ocorreram pelos seguintes motivos:

- Os processos tinham ritmos diferentes, por não haver um adequado dimensionamento das equipes. Esta é uma das principais causas dessas folgas, tal como aquela existente entre os processos de *dry wall* e assentamento cerâmico (Figura 5.1);
- Existiam problemas relacionados à falta de informações de projeto, que acarretava problemas no processo de suprimentos da obra. Um exemplo disto foi a execução da esquadria de alumínio oito semanas após o início do assentamento cerâmico, quando deveria ter iniciado antes da colocação do gesso acartonado (*dry wall*). Este atraso causou dois problemas na obra: a criação de uma nova atividade, vedação parcial³⁰, e a existência de uma grande folga de tempo;
- Observou-se a postura por parte da gerência da obra de utilizar grandes estoques e folgas entre atividades de forma a evitar interrupções e

³⁰ A vedação parcial era feita colocando-se uma estrutura de madeira e plástico nas aberturas (janelas e portas) para promover a proteção do ambiente contra as intempéries.

interferências entre as equipes. Assim, a gerência tinha uma posição antagônica à sincronização entre processos e busca do fluxo contínuo.

Após a elaboração da LB, constatou-se que o processo de assentamento cerâmico (envoltória 2 da Figura 5.1) também representava uma oportunidade de melhoria importante, pela sua longa duração, pelo grande número de equipes necessárias e pelo atraso que já existia. Assim, ambos os processos foram estudados nas etapas seguintes deste estudo empírico.

5.1.2.2 Mapa do Fluxo de Valor (MFV) atual

Na Figura 5.2 está apresentada o MFV atual do apartamento padrão, com a representação dos principais processos envolvidos na execução do apartamento. Diferentemente da aplicação do mapa em outros contextos, no qual se utiliza como lote de produção uma peça, neste estudo o lote considerado foi de um apartamento.

Os fornecedores estão representados pela caixa à esquerda do mapa, na qual existem várias empresas responsáveis pelo suprimento de matéria-prima para os diversos processos na obra. Do outro lado do mapa estão as informações relacionadas ao cliente. Considera-se como cliente uma organização que paga os processos concluídos mediante medições semanais. A definição do volume de produção foi estabelecida a partir do cronograma físico do empreendimento, acordado entre a construtora e o cliente antes do início da obra.

Como fluxo de informação, o MFV representa o processo de PCP, através do qual são planejados os diferentes processos de forma independente. Estes planos são baseados nas metas estabelecidas pelo cronograma físico do empreendimento. Semanalmente é feita uma avaliação *in loco* do que realmente foi executado, sendo normalmente necessária a realização da reprogramação.

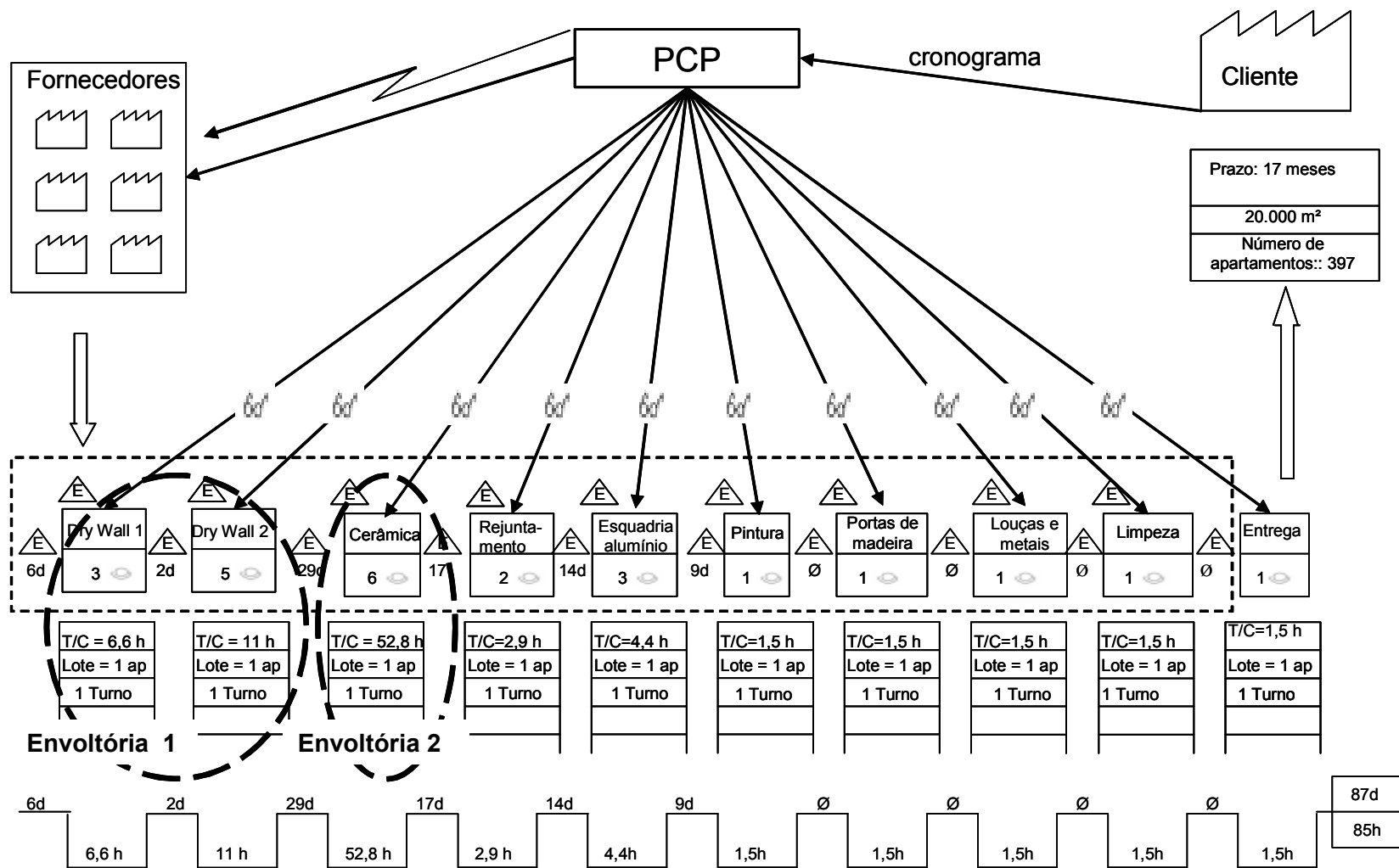


Figura 5.2 MFV atual da execução do apartamento padrão

Os dados de cada processo, inseridos nas caixas, foram obtidos diretamente da LB apresentada na Figura 5.1. Porém, visando reduzir o número de processos considerados na elaboração do mapa, fizeram-se algumas mudanças no agrupamento das atividades em processos, conforme segue:

- Marcação e *dry wall* 1 (redenominado *dry wall* 1);
- Instalação 1, *dry wall* 2 e impermeabilização (redenominado *dry wall* 2);
- Assentamento cerâmico;
- Rejuntamento;
- Esquadria de alumínio, guarda-corpo e gesso do *shaft* (redenominado esquadria de alumínio);
- Pintura;
- Portas de madeira;
- Louças e metais;
- Limpeza; e
- Entrega.

O processo vedação parcial, que constava na Linha de Balanço, não foi incluído no mapa, por ser considerada uma atividade que não agrega valor. Portanto, seu tempo foi considerado no tempo total. Os processos mobiliário e instalação final não faziam parte do contrato da empresa construtora com o cliente e, na época da coleta de dados, estava-se licitando essa parte da obra. Em função disso, esses dois processos também não foram incluídos no mapa.

Os dados referentes aos tempos de ciclo contidos na caixa de dados foram baseados no Quadro 5.1. No caso dos sub-processos que foram agrupados, somou-se os tempos de ciclo de cada um para se chegar ao tempo de ciclo total do processo. Neste caso, considerou-se que os sub-processos estavam perfeitamente sincronizados e sem folgas entre os mesmos, conforme indicado na LB (Figura 5.1).

Os estoques entre processos foram extraídos da LB apresentada na Figura 5.1. Consideraram-se como estoques desta natureza as folgas na execução do apartamento 23, ou seja, a posição média na Linha de Balanço (que tinha 46 apartamentos ao todo). Na Figura 5.3 está apresentada a linha correspondente ao apartamento 23 da LB, com os respectivos tempos, em dias, dos estoques.



Figura 5.3 Linha correspondente ao apartamento 23 da LB apresentada na *Figura 5.1*

A linha de tempo, desenhada abaixo das caixas de dados, registra o *lead time* de produção e o Tempo de Agregação de Valor (TAV), 87 dias e 85 horas, respectivamente. Esse resultado indica que apenas 11% do tempo gasto para se entregar um apartamento agrega valor ao cliente final, sendo que os outros 89% podem ser considerados como desperdícios e deveriam ser eliminados.

5.1.2.3 Mapas do Fluxo de Valor por processo

Conforme mencionado no item 5.1.2.1, dois processos foram escolhidos para analisar a possibilidade de implementação de fluxo contínuo, *dry wall* e assentamento cerâmico, demarcados pelas envoltórias 1 e 2 na Figura 5.1 e na Figura 5.2.

A Figura 5.4 apresenta o MFV atual elaborado para o processo de *dry wall*. Pode-se observar nesta figura que se considerou como produto sendo processado a unidade definida no planejamento de longo prazo (apartamento), ao contrário de outros estudos de MFV (FONTANINI, 2004; PASQUALINI; ZAWISLAK, 2005), que mapearam elementos construtivos específicos.

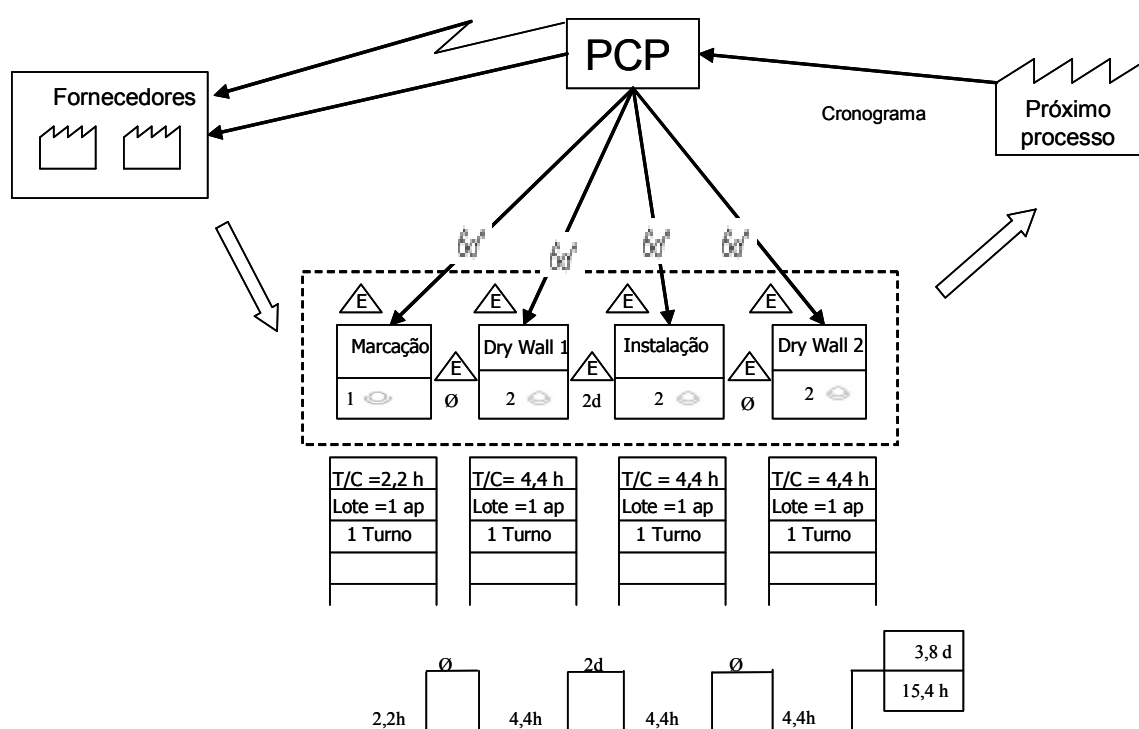


Figura 5.4 MFV atual do sub-processo de *dry wall*

Como o mapa permite uma análise mais detalhada do processo, este foi subdividido novamente em quatro sub-processos (marcação, *dry wall* 1, instalação e *dry wall* 2). Salienta-se que o sub-processo de impermeabilização, que estava na envoltória 1 (Figura 5.1) foi deixado de fora deste mapa por ter uma natureza muito diferente da montagem de divisórias de gesso acartonado.

No MFV da Figura 5.4 observa-se que o T/C da marcação é de 2,2 h e dos demais processos (*dry wall* 1, instalação, e *dry wall* 2) são de 4,4h. A espera que existe é

de 2 dias entre o *dry wall* 1 e as instalações. O Tempo de Agregação de Valor (TAV) é de 15,4 h e o *lead time* de produção (LTP) é de 3,8 dias.

Para a elaboração do MFV futuro, utilizou-se como roteiro as perguntas-chave propostas por Rother e Shook (1999) (Item 3.2.1.1.3), com exceção da pergunta 6, referente ao *mix* de produção, pois esta não se aplica ao contexto estudado, uma vez que o apartamento é padrão. A forma de obtenção dos dados para responder às perguntas está apresentada no 0.

Quadro 5.2 Análise das perguntas-chave

Perguntas	Decisões tomadas
1. Qual o tempo <i>takt</i> ?	Utilizou-se a LB apresentada na Figura 5.1 para definição do tempo <i>takt</i> , na qual se tem um tempo total disponível para o processo de 17 dias (8,8 horas por dia) ou 158,4 h para produzir 46 apartamentos. O tempo <i>takt</i> (TT) é de 3,25 h para cada apartamento.
2. Produzir para um supermercado ou diretamente para a expedição?	Existiam duas opções, a primeira seria manter um número pré-determinado de apartamentos com o <i>dry wall</i> executado, e a segunda opção seria executar o <i>dry wall</i> apenas quando o processo seguinte necessitasse (supermercado). A opção adotada foi a primeira.
3. Onde usar o fluxo de processo contínuo?	Para criação do fluxo contínuo, foram propostas duas células de trabalho ³¹ nos processos de marcação e <i>dry wall</i> 1 e nos de instalações e <i>dry wall</i> 2.
4. Onde introduzir os sistemas puxados?	Um supermercado foi planejado entre os processos de produção e os fornecedores, para realizar o controle entre a quantidade de matéria-prima entregue e a demanda. Foi proposto também um sistema puxado seqüencial (FIFO) entre as células de trabalho (marcação + <i>dry wall</i> 1) e (instalações + <i>dry wall</i> 2).
5. Em que ponto da cadeia de produção (processo puxador) se programará a produção?	As atividades da primeira célula (marcação + <i>dry wall</i> 1) foram escolhidas para serem programadas. Entre as células se trabalhará com um FIFO (<i>first in first out</i>) com, no máximo, 2 apartamentos.

³¹ Por célula de trabalho entende-se o agrupamento de profissionais de diferentes especialidades que passam a trabalhar em equipe, de forma sincronizada. Embora apresente algumas características de uma célula de manufatura, não atende a todos os requisitos propostos na bibliografia (HYER; BROWN, 1999).

Quadro 5.2 Análise das perguntas-chave (continuação)

Perguntas	Decisões tomadas
6. Qual incremento de trabalho será liberado uniformemente do processo puxador?	Optou-se por liberar um apartamento. Esse é também o trabalho a ser transferido para outra equipe.
7. Quais melhorias de processo são necessárias?	É necessário treinar as equipes a serem envolvidas nas células, criação de <i>andon</i> para sinalizar problemas de produção, e definição do tamanho do supermercado que existirá para o fornecimento do <i>dry wall</i> (estruturação e gesso).

Como resultado desta proposta, obteve-se o mapa apresentado na Figura 5.5. Foram propostas duas células de trabalho com dois processos cada. Com a redução do tamanho do lote de transferência para os processos de marcação e instalação, de 1 apartamento para meio apartamento, reduziu-se o TAV de 15,4h para 12,1h.

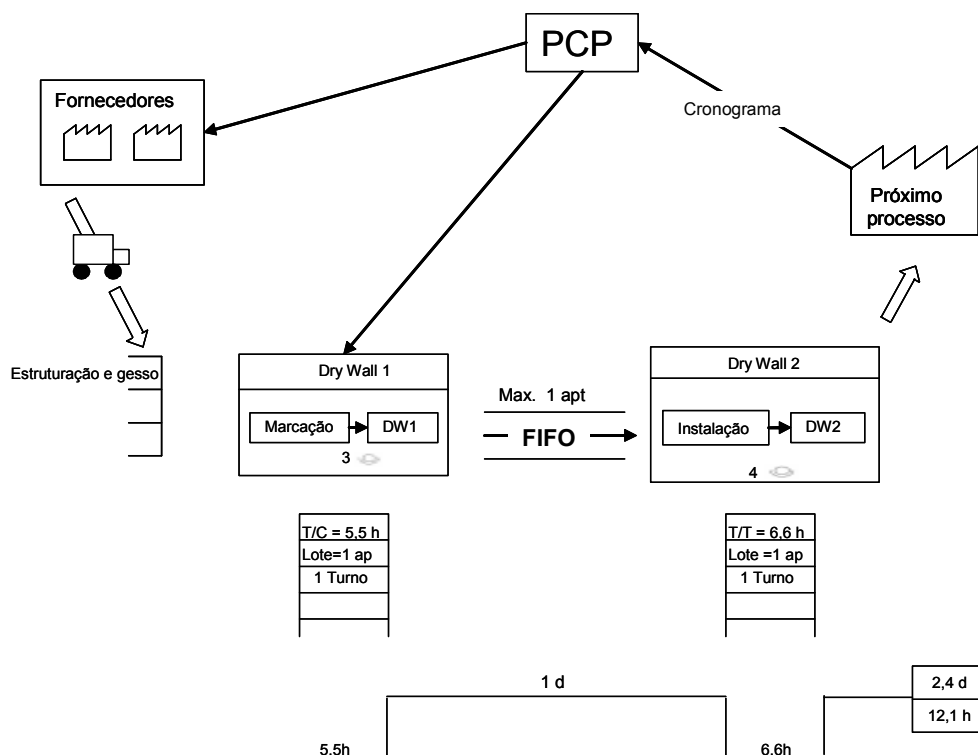


Figura 5.5 Mapa do estado futuro do processo de *dry wall*

Observa-se também que foi proposto um supermercado tipo seqüencial entre as células com um estoque controlado de, no máximo, 1 apartamento. Esse estoque não poderia ser eliminado devido às falhas e atrasos no projeto de instalações hidráulicas, que demandavam diversas modificações do posicionamento das prumadas hidráulicas nos pavimentos, que só poderiam ser detectadas no processo de marcação. Para a execução dessas modificações (novos furos e avaliação dos projetos hidráulicos), conforme a gerência da obra, necessitava-se de um período entre 1 e 2 dias (adotou-se no mapa o período mínimo de 1 dia).

Propôs-se também o uso de um supermercado entre o processo de *dry wall* e o fornecedor, para reduzir o estoque de matérias-primas. Assim, o LT final ficou em 2,4 dias, cerca de 63% do LT no MFV atual (Figura 5.4).

No caso do processo de assentamento cerâmico, foi aplicado também o MFV. Entretanto, este mapa foi bem mais simples porque todo o processo era realizado por uma única equipe formada por profissionais de qualificação semelhante. Assim, o mapa do processo identificou somente as diferentes zonas de trabalho, conforme ilustra a Figura 5.6. Neste caso, a melhoria de processo foi buscada diretamente por meio do Gráfico de Balanceamento do Operador (ver item 3.2.1.3).

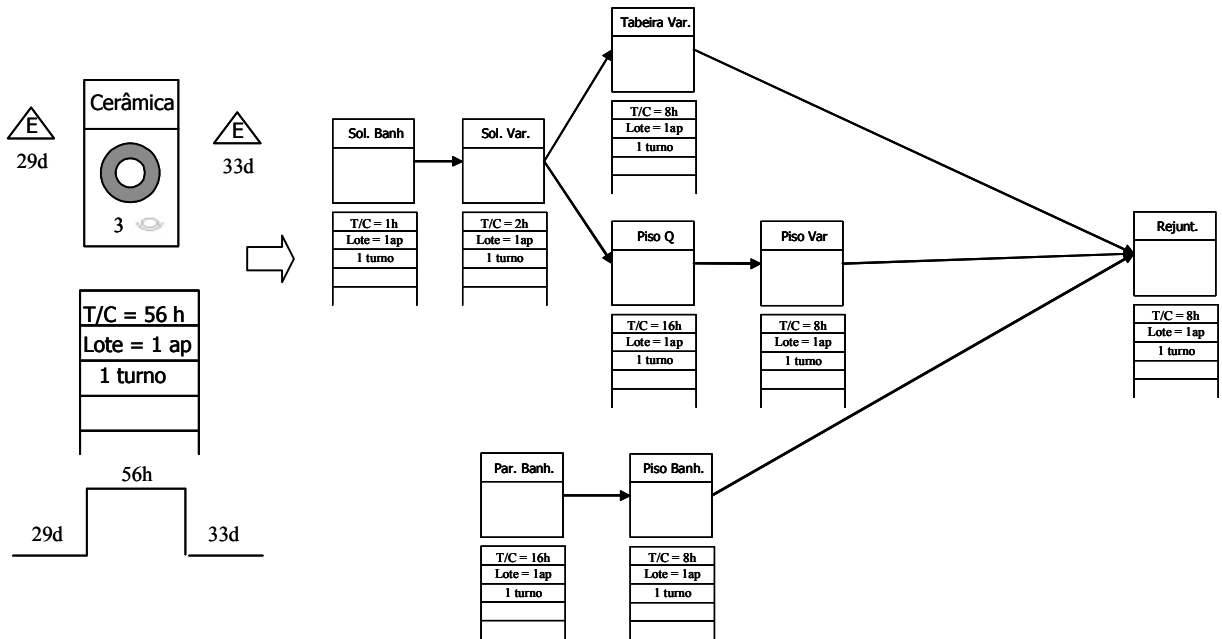


Figura 5.6 Mapa do estado atual do processo de assentamento de cerâmica

5.1.2.4 Gráfico de Balanceamento do Operador (GBO)

A ferramenta do Gráfico de Balanceamento do Operador foi aplicada ao processo de assentamento cerâmico (envoltória 2 da Figura 5.1), uma vez que havia dados disponíveis sobre as durações das operações somente para este processo. A elaboração do GBO iniciou-se pela análise detalhada do processo, a fim de balancear o trabalho da equipe e, se possível, reduzir o tempo de ciclo.

Foi observado na obra que havia uma equipe de execução do assentamento cerâmico, com três profissionais, sendo que um só assentava elementos de granito (bancadas, soleira e piso) e os outros dois executavam revestimento cerâmico nos pisos (banheiro, quarto e varanda) e paredes (banheiro). Os gerentes da obra tinham intenção de acelerar o processo de assentamento cerâmico utilizando seis equipes com este mesmo perfil, trabalhando paralelamente em apartamentos diferentes.

A Figura 5.7 apresenta o conteúdo do trabalho e o GBO do processo de assentamento cerâmico, indicando o tempo *takt* (TT) estabelecido e o tempo de ciclo (T/C) de cada conjunto de operações, com base na divisão do trabalho observada na obra. A ferramenta proposta por Rother e Harris (2002) foi adaptada para o contexto de obras de edificações: ao invés de segmentar as operações em nível de elementos de trabalho (item 3.2.1.3), fez-se uma segmentação por operações mais agregadas.

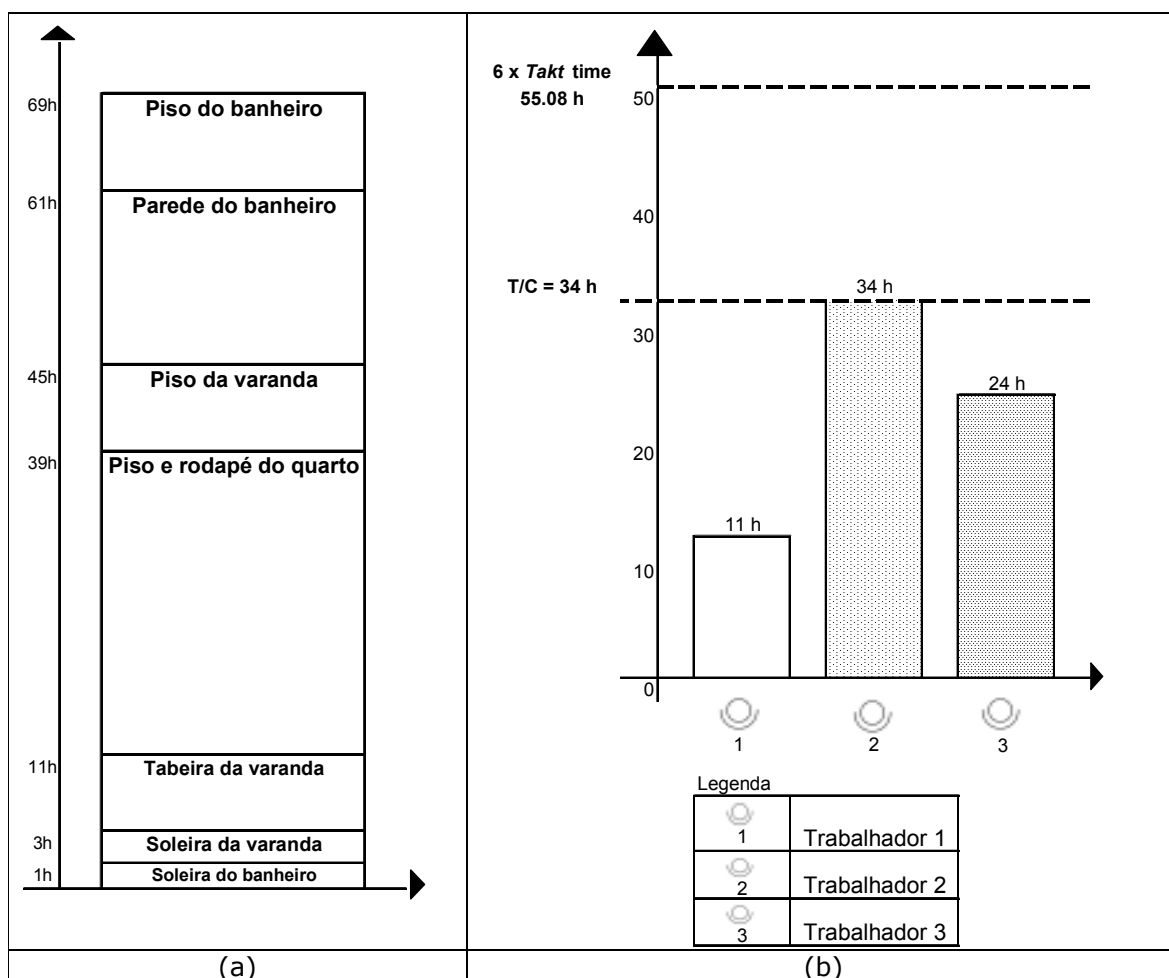


Figura 5.7 Conteúdo do Trabalho (a) e Gráfico do Balanceamento do Operador (b)

O principal papel do GBO foi comparar as durações do conjunto de operações de cada trabalhador e, também, o tempo de ciclo com o tempo *takt*. O TT foi calculado dividindo-se o tempo disponível total (48 dias x 8.8h = 422.4h) pelo número dos

apartamentos (46 unidades), obtendo-se 9,16 h, considerando 6 equipes. Isto significa que o tempo disponível para cada equipe executar a cerâmica de um apartamento é de 55,08 h (6 x 9,18 h).

As informações referentes aos tempos de processamento foram fornecidas pelos encarregados de produção, com base na execução do assentamento cerâmico do apartamento modelo. Estimava-se a realização da tarefa em 69 h (Figura 5.7 (a)), considerando a soma total das durações de operações, como se um apartamento fosse feito por apenas um trabalhador. Um dos objetivos desse gráfico é servir de referência para a realização do primeiro ciclo de melhoria contínua (*kaizen*). Contudo, o elevado grau de agregação das operações, impossibilitou a utilização das durações estimadas como referência.

Com base na Figura 5.7, podem ser apontados os seguintes problemas:

- A divisão do trabalho entre trabalhadores é desequilibrada, uma vez que um trabalhador fica ocupado 34h e outro apenas 11h; e
- O tempo de ciclo real (34h) é muito menor do que o tempo *takt* (55.08h) e menor que o tempo de ciclo planejado inicialmente (6 dias x 8,8h = 52,8h), indicando que o tempo alocado para realizar o trabalho foi superestimado.

No plano original da obra havia se estimado a necessidade de 18 trabalhadores. Entretanto, o número ideal de trabalhadores pode ser calculado pela Fórmula 4, apresentada no item 3.2.1.3. Dividindo-se o conteúdo total de trabalho (69 horas) pelo TT (9,18 h), chega-se ao valor de 7,5, ou seja, para se entregar o apartamento padrão com a cerâmica concluída, necessita-se de 8 funcionários (uma aproximação de 7,5) trabalhando simultaneamente num único apartamento, ou 4 duplas trabalhando em paralelo.

A Figura 5.8 apresenta um novo GBO, considerando uma distribuição balanceada das operações entre os trabalhadores. Considerou-se que qualquer um dos

componentes da equipe poderia assentar tanto placas cerâmicas como peças de granito. Com o trabalho balanceado entre os 3 trabalhadores da equipe, obteve-se um T/C de 24h. Com isso, percebeu-se que apenas três equipes seriam suficientes para atender à demanda definida pela Linha de Balanço, podendo-se reduzir o número de assentadores de 18 para 9 trabalhadores. Considerando três equipes, o tempo disponível para cada uma é de 27,5 h (3 x 9,18h), valor este que é aproximadamente 12% superior ao T/C (dentro da faixa recomendada por Rother e Harris (2002)). Na Figura 5.8 observa-se também que se optou por distribuir o trabalho conforme a abordagem da Mentalidade Enxuta, discutida no item 3.2.1.3.

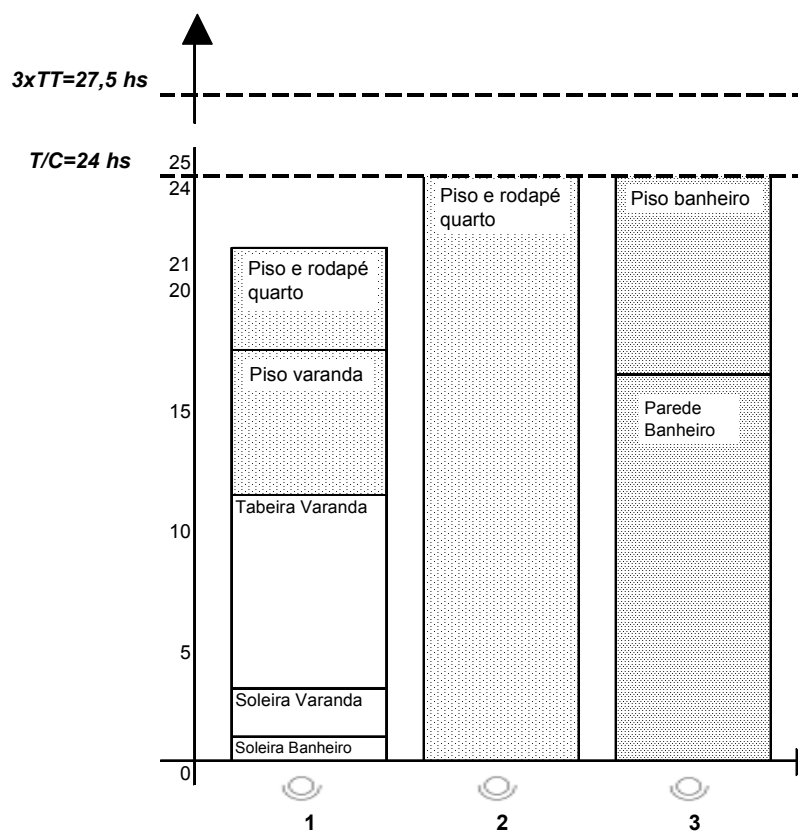


Figura 5.8 Proposta de GBO considerando a necessidade de balanceamento da equipe

Durante a fase 1 deste estudo, a pesquisadora discutiu estes dados com os gerentes da obra, que decidiram manter a equipe de três trabalhadores e tentar reduzir o

informação importante contida na TTPC é a explicitação do tempo *takt*, um dos elementos do trabalho padronizado.

5.1.3 Análise dos resultados

A seguir faz-se a análise dos resultados do estudo em relação às proposições de pesquisas apresentadas no Capítulo 4. Neste estudo as proposições eram basicamente referentes à aplicação das seguintes ferramentas: Linha de Balanço, Mapa de Fluxo de Valor, Gráfico de Balanceamento do Operador e Tabela de Trabalho Padronizado Combinado.

5.1.3.1 Linha de Balanço

A primeira proposição deste estudo refere-se ao uso da Linha de Balanço como técnica de planejamento de longo prazo para o estabelecimento do tempo *takt* a partir da definição do seqüenciamento e dos ritmos dos processos-chave.

Utilizou-se a Linha de Balanço como técnica de planejamento de longo prazo, por enfatizar a determinação dos ritmos de produção, considerados como elementos fundamentais para o estabelecimento de um tempo *takt* para a obra.

Apesar da LB não ser uma técnica proposta especificamente para implementação de fluxo contínuo, a mesma teve uma contribuição importante na proposta de implementação de fluxo contínuo no contexto de obras de edificações. Sua aplicação foi o primeiro passo para entender os principais fluxos das equipes, ritmos dos principais processos, tamanho do lote destes processos e estoques em processo. Esta visão geral permite identificar imediatamente oportunidades de melhoria. De fato, ao se elaborar a Linha de Balanço para a Obra A, algumas melhorias iniciais no

plano de longo prazo foram introduzidas, tais como sincronização de processos, redução de estoque em processo e redução do tamanho do lote.

A LB explicita os ritmos de trabalho dos principais processos repetitivos, assim como os estoques em processo entre os mesmos. A definição destes ritmos é um dos primeiros passos para a implementação do fluxo contínuo, pois a sincronia entre processos deve ser buscada de forma a permitir a criação das células de trabalho e evitar folgas entre processos e, conseqüentemente, um aumento do estoque em processo. Assim, a LB permite identificar grupos de processos numa mesma fase da obra que poderiam ser agrupados para que ocorram em fluxo contínuo.

Por meio da análise da LB da obra, podem-se identificar os processos nos quais se buscará a implementação do fluxo contínuo, visando sua implementação de forma gradual. Esta abordagem corrobora a sugestão de Rother e Shook (1999) e Rother e Harris (2002) de focar a implementação do fluxo contínuo numa família de produtos (ver item 3.2.1.1.1).

Uma das limitações do estudo realizado foi o fato de que a LB foi gerada após o início da obra, o que tornou difícil a realização de modificações em muitos processos, pois estes estavam em andamento. O ideal seria ter usado a Linha de Balanço para fazer o planejamento de longo prazo da obra antes do seu início.

5.1.3.2 Mapa de Fluxo de Valor

O MFV foi inicialmente utilizado para mapear o fluxo de um produto, complementando a análise realizada por meio da LB. Através desta técnica, podem-se estimar algumas perdas, comparando-se o *lead time* e o tempo de agregação de valor e identificando a possibilidade de eliminar pontos de programação.

Foram necessárias algumas adaptações desta ferramenta ao contexto das obras de edificações. Em contraste com a aplicação da mesma no ambiente da manufatura,

na qual se acompanha a geração de valor de um produto desde a matéria-prima até o produto final, neste estudo adotou-se uma unidade de planejamento (o apartamento), definida na LB, como o produto sendo processado. Além disto, o cálculo da quantidade de estoques em processo é feito a partir de uma unidade intermediária da Linha de Balanço, uma vez que pode haver diferenças de ritmo entre processos ou mesmo na direção de execução (de baixo para cima ou de cima para baixo). Finalmente, ao traduzir os dados da LB para o MFV atual, podem-se agrupar os processos que estão sincronizados e não possuem folgas entre eles, de forma a simplificar a análise a ser realizada.

A segunda proposição deste estudo diz respeito à aplicação do mapeamento do fluxo de valor atual e futuro de processos de produção considerados como críticos. Esta aplicação foi eficaz para identificar desperdícios e propor um conjunto de melhorias. Neste sentido, o uso sistemático das perguntas chaves propostas por Rother e Shook (1999) contribuíram para estruturar a tomada de decisão referente à implementação de conceitos e ferramentas da Mentalidade Enxuta, tais como células de trabalho, sistemas puxados com supermercado ou seqüencial (FIFO), dentro de uma visão integrada.

Contudo a aplicação do MFV futuro por processo na construção civil merece ainda ser investigada, uma vez que não se teve oportunidade, neste estudo, de realizar a implementação das melhorias propostas.

5.1.3.3 Gráfico de Balanceamento do Operador

A terceira proposição deste estudo refere-se à necessidade de utilizar grupos mais agregados de operações para elaborar o GBO, ao invés de partir dos elementos de trabalho, conforme definido por Rother e Harris (2002). Por meio do GBO, pôde-se distribuir grupos de operações entre os funcionários envolvidos na produção, visando obter um balanceamento das equipes. Os grupos de operações adotados

tiveram durações variando entre 1 h e 24 h, sendo muito mais agregados que os elementos de trabalho - estes normalmente têm durações de segundos ou minutos.

A análise do GBO despertou bastante interesse por parte da empresa envolvida, pois apontou possibilidades de aumentar a eficiência das equipes e reduzir o número de profissionais necessários, por meio da eliminação de tempos ociosos. Indicou também possíveis mudanças no plano de longo prazo, buscando atender às exigências do contrato em termos de prazo.

No estudo realizado houve dificuldades em obter dados sobre durações dos diferentes grupos de operações, uma vez que os processos estudados ainda não tinham efetivamente iniciado. Por esta razão, as durações foram estimadas com base na percepção de alguns dos profissionais envolvidos.

Na construção civil existe dificuldade de se utilizar dados de obras anteriores, em função da falta de padronização de processos e da alta variabilidade que existe nas durações de atividades. Esta é efetivamente uma dificuldade para se aplicar esta ferramenta nas etapas iniciais de planejamento da obra. Neste contexto, o uso de grupos de atividades mais agregados e o pouco detalhamento das operações parece ser efetivamente uma solução para a aplicação do GBO.

Além disto, em função do elevado grau de agregação adotado para os grupos de operações não foi possível se fazer o primeiro ciclo de melhoria (*kaizen*) e eliminar os desperdícios óbvios, conforme indicado na etapa 2 do método proposto por Rother e Harris (2002).

Esta proposição merece ser investigada em maior profundidade, pois a questão do nível de padronização adequado para a construção civil ainda não está bem resolvida. A elaboração do GBO a partir de elementos de trabalho requer um grau de padronização das operações no mesmo nível que se obtém em muitas indústrias de manufatura, o que parece entrar em conflito com a elevada variabilidade e incerteza e os longos tempos de ciclo do setor da construção.

5.1.3.4 Tabela de Trabalho Padronizado Combinado

Finalmente, a quarta proposição deste estudo refere-se à necessidade de padronizar o fluxo de trabalho³² para que ele possa ocorrer sistematicamente em fluxo contínuo. Foi proposta a utilização da Tabela de Trabalho Padronizado Combinado para planejar o trabalho das equipes de forma transparente e controlar os fluxos de trabalho.

Segundo Rother e Harris (2002), a TTPC formaliza o projeto de processos de forma mais detalhada que o GBO. Os mesmos autores afirmam que a principal diferença entre ambas é que a primeira considera a interação entre os diferentes operadores. A seqüência de montagem para a elaboração da TTPC, sugerida por Rother e Harris (2002) foi seguida, observando-se apenas duas diferenças básicas: (a) conforme comentado anteriormente, não se adotou o conceito tradicional de elementos de trabalho e, em função disto, as caminhadas não foram explicitadas e (b) não existia trabalho automatizado por máquinas. A identificação e eliminação das referidas caminhadas poderiam ser realizadas se a análise tivesse sido feita de maneira mais detalhada, em nível de elementos de trabalho.

Chama-se a atenção para o fato de que, para manutenção de uma equipe cujo trabalho é padronizado e estabelecido na TTPC, é importante se ter algumas ferramentas para monitorar esse trabalho, como é o caso do *andon*, uma ferramenta de controle visual no posto de trabalho que permite sinalizar a ocorrência de anomalias na produção, tais como problemas de qualidade, falta de material, falta de ferramentas e falta de funcionários entre outros. Aliado ao *andon*, é necessário também se ter uma estratégia planejada de apoio de líderes e cadeia de ajuda para a resolução de problemas dentro do próprio ciclo de produção.

³² Refere-se à seqüência de operações repetitivas realizadas por uma equipe.

5.1.3.5 Estabilidade básica

Este estudo apontou para a necessidade de investigar uma proposição adicional, que diz respeito à estabilidade básica. Este conceito é pouco abordado nos manuais de implementação de fluxo contínuo, existindo ainda alguma controvérsia na literatura sobre seu significado.

Na fase 1 deste estudo constatou-se que a falta de estabilidade, ou seja, condições mínimas iniciais, representava um empecilho à implementação do fluxo contínuo. Por esta razão, fez-se uma breve implementação de alguns elementos do sistema *Last Planner*, proposto por Ballard e Howell (1998) e Ballard (2000), antes de se iniciar a aplicação da seqüência de passos proposta para a implementação do fluxo contínuo.

5.2 ESTUDO EMPÍRICO 4 (OBRA F)

Conforme apresentado no item 4.5.4.2, este estudo foi dividido em duas fases, uma de diagnóstico e outra de implementação, as quais estão descritas a seguir. É dada ênfase à aplicação da técnica da Linha de Balanço, pelo seu forte vínculo a conceitos relacionados a fluxo contínuo e também à introdução de melhorias no sistema de PCP, com base no Sistema *Last Planner*, pela sua importância na obtenção da estabilidade básica.

5.2.1 Descrição do sistema de PCP existente

Com relação ao planejamento da obra, o plano de longo prazo correspondia a um cronograma, elaborado pelo engenheiro da obra. Este cronograma continha as colunas referentes à descrição do item, ao valor orçado e aos percentuais do valor orçado e de execução para cada item. Ao final da planilha eram calculados os percentuais totais orçados e realizados, que era utilizado para avaliar o avanço físico do empreendimento.

A partir deste controle, era produzido mensalmente um gráfico comparando a produção prevista em relação à realizada. Como o indicador de avanço físico é calculado em relação aos gastos, muitas vezes, ao perceber que a obra estava atrasada, a gerência da obra fazia compras de materiais, a serem estocados, para aumentar o gasto mensal e reduzir a diferença entre o avanço previsto e realizado.

A empresa utiliza em todas as obras um sistema de informação ERP³³ (*Enterprise Resource Planning*), no qual os dados referentes ao controle de avanço físico são inseridos. Neste sistema, havia uma ferramenta de planejamento de longo prazo de todo o empreendimento e altamente detalhado, semelhante ao que é oferecido em *softwares* específicos para a gestão de empreendimentos, baseados em técnicas de rede (por exemplo, CPM), disponíveis no mercado. A atualização desse plano consumia bastante tempo da gerência da obra, segundo o auxiliar técnico. Mensalmente existia na empresa uma reunião com todos os engenheiros de obra, coordenadores de obra e gerente de produção da regional, na qual eram apresentados os resultados da obra no período. Porém, tanto o cronograma como o plano de longo prazo inserido no ERP estavam desatualizados e não mais refletiam a realidade da obra.

Com relação ao prazo de entrega da obra, este não estava claramente definido no início da pesquisa. Isso ocorreu em função da obra ter-se iniciado em novembro de 2006, quando tinha sido planejada para iniciar em janeiro de 2007, pois o empreendimento tinha sido totalmente vendido e a direção da empresa optou por iniciar a obra com dois meses de antecedência. Porém, não tinha sido definido ainda se a obra deveria ser concluída com dois meses de antecedência ou se iria manter o prazo inicial.

Além do cronograma e do plano de longo prazo elaborado no ERP, não existiam outros níveis formais de planejamento. Com relação à aquisição de recursos, este era um processo considerado como problemático na obra. Era muito freqüente a falta de material para atividades em execução ou com execução próxima. Por esta razão, a gerente de suprimentos da regional de Campinas semanalmente

³³ ERP (*Enterprise Resource Planning*) são sistemas de informações, disponibilizados através de redes de computadores, que integram a gestão de diversos processos de uma organização em um único sistema, tais como suprimentos, orçamento, planejamento, e folha de pagamento. Sua concepção está fortemente baseada em técnicas de MRP (*Material*

comparecia na obra para fazer todos os pedidos de aquisição de materiais e serviços daquele período. Por outro lado, havia na obra estoques de produtos, a serem utilizados em atividades que não tinham ainda iniciado.

Não havia um planejamento formal dos principais fluxos das equipes, porém informalmente existia um seqüenciamento para a execução das casas (plano de ataque), no qual a obra foi dividida em duas partes, entre dois empreiteiros. Também não haviam sido definidos ritmos de produção dos processos já iniciados: cada empreiteiro tinha um ritmo de trabalho diferente, contribuindo para o aumento da variabilidade em relação ao tempo de ciclo da execução desses processos. Na Figura 5.10 estão apresentados os tempos de ciclo dos processos de *radier*, alvenaria inferior e primeira laje.

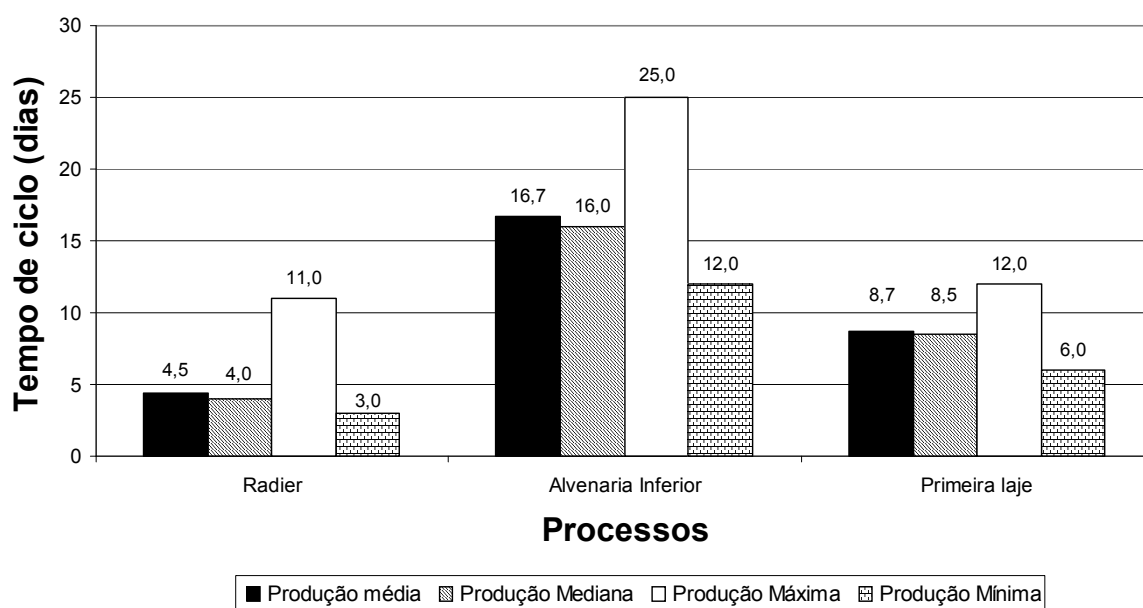


Figura 5.10 Tempos de ciclo antes da implementação (por bloco de duas casas)

Resource Planning). No caso da empresa em questão, o ERP tinha um papel importante no monitoramento dos resultados da obra pelos acionistas.

A variabilidade nos tempos de ciclo dos processos apresentados na Figura 5.10 pode evidenciar a falta de estabilidade básica nesta obra, principalmente relacionada à falta de confiabilidade do sistema de produção. O *radier* foi executado, em média, em 4,5 dias, variando entre 4 e 11 dias. A alvenaria inferior foi executada, em média, em 16,7 dias, sendo que a duração máxima alcançou 25 dias e a mínima 12 dias. O processo primeira laje foi executado, em média, em 8,7 dias, sendo que esta duração variou entre 6,0 e 12 dias.

Na Figura 5.11 está apresentada a evolução dos tempos de ciclo do processo de alvenaria inferior ao longo da execução de sete blocos. A alta variabilidade nesta duração ocorreu pelos seguintes motivos: (a) cada uma das 4 equipes de produção seguia um ritmo de produção diferente, sem considerar um ritmo planejado a partir do cronograma da obra; (b) havia problemas com o fornecimento de blocos devido à quebra de uma máquina nas instalações do fornecedor; e (c) um dos empreiteiros estava encerrando suas atividades na obra, em função de desentendimento com o mestre de obras.

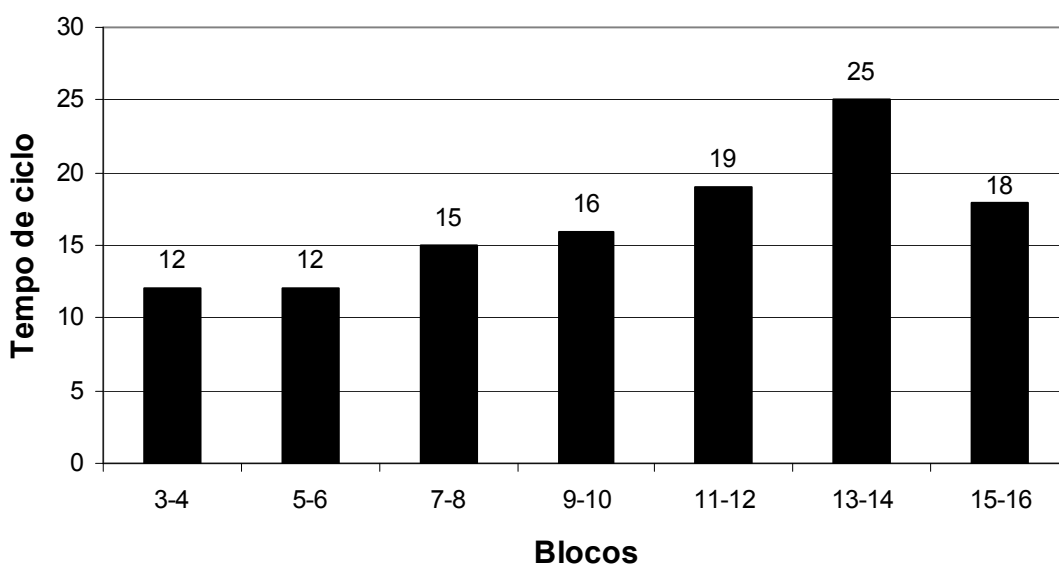


Figura 5.11 Tempos de ciclo do processo de alvenaria inferior por bloco³⁴

³⁴ Cada bloco é constituído por duas casas geminadas.

Um outro problema identificado foi a grande quantidade de folgas que existia entre os processos. O maior *buffer* foi o do *radier*, uma média de 10 dias de esperas até o início da alvenaria inferior, sendo a maior espera observada foi de 17 dias.

5.2.2 Elaboração da Linha de Balanço (LB)

Ainda na fase 1 do estudo, foi gerada a Linha de Balanço, que foi utilizada como plano de longo prazo ao longo da fase de implementação (fase 2). Participaram desta tarefa a pesquisadora, o assistente técnico e o mestre de obra.

A elaboração da LB iniciou pela definição do plano de execução de uma unidade-base da obra, no qual estão representados os principais processos envolvidos na execução de uma casa. Este plano de execução está apresentado na Figura 5.12. Foi considerado que cada unidade-base seria executada continuamente, sem estoques em processos e *buffers* entre os processos.

Na Figura 5.13 está apresentada a versão final da Linha de Balanço. Foi adotado como lote mínimo duas unidades-base, já que algumas atividades eram executadas de uma só vez para cada bloco de casas geminadas, tais como *radier*, alvenaria e cobertura. De fato, os gerentes da obra consideravam essa a unidade de planejamento na gestão da obra antes do início desta pesquisa.

Esta LB foi elaborada usando como fonte principal de informação o cronograma da obra e, também, os dados de duração e produtividade dos processos já iniciados, que vinham sendo coletados pela empresa.

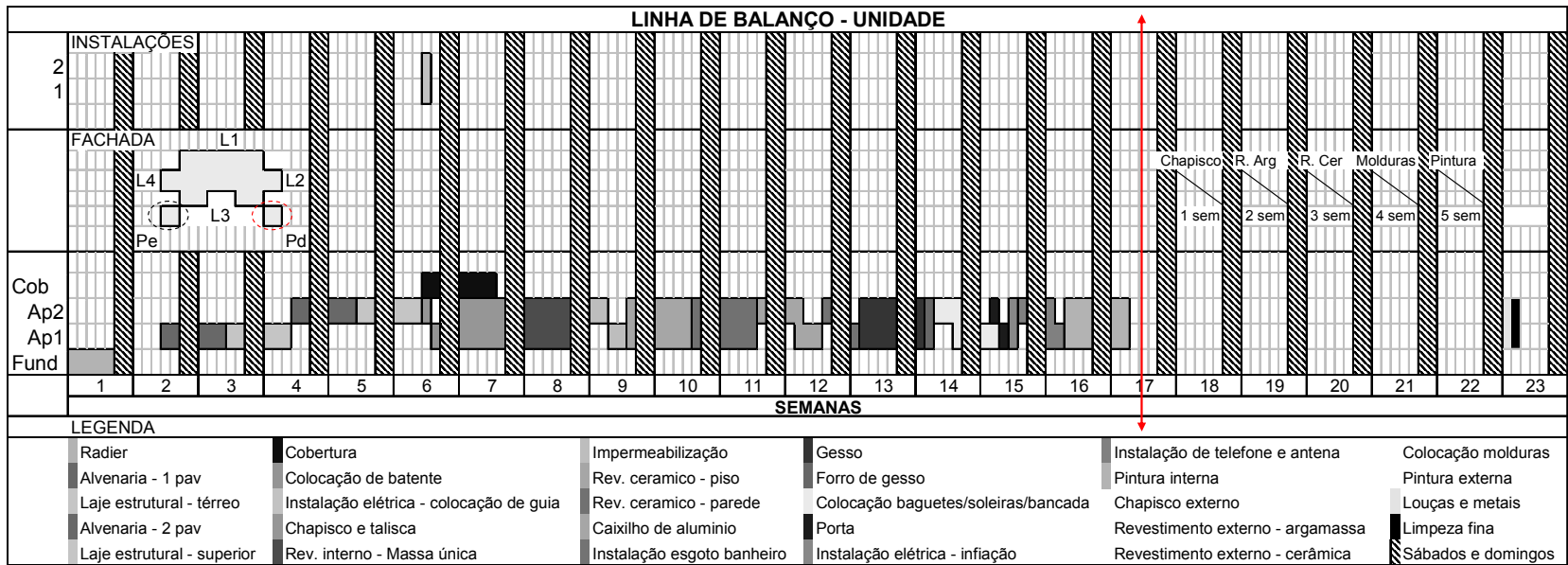


Figura 5.12 Plano de seqüenciamento da unidade-base (casa)

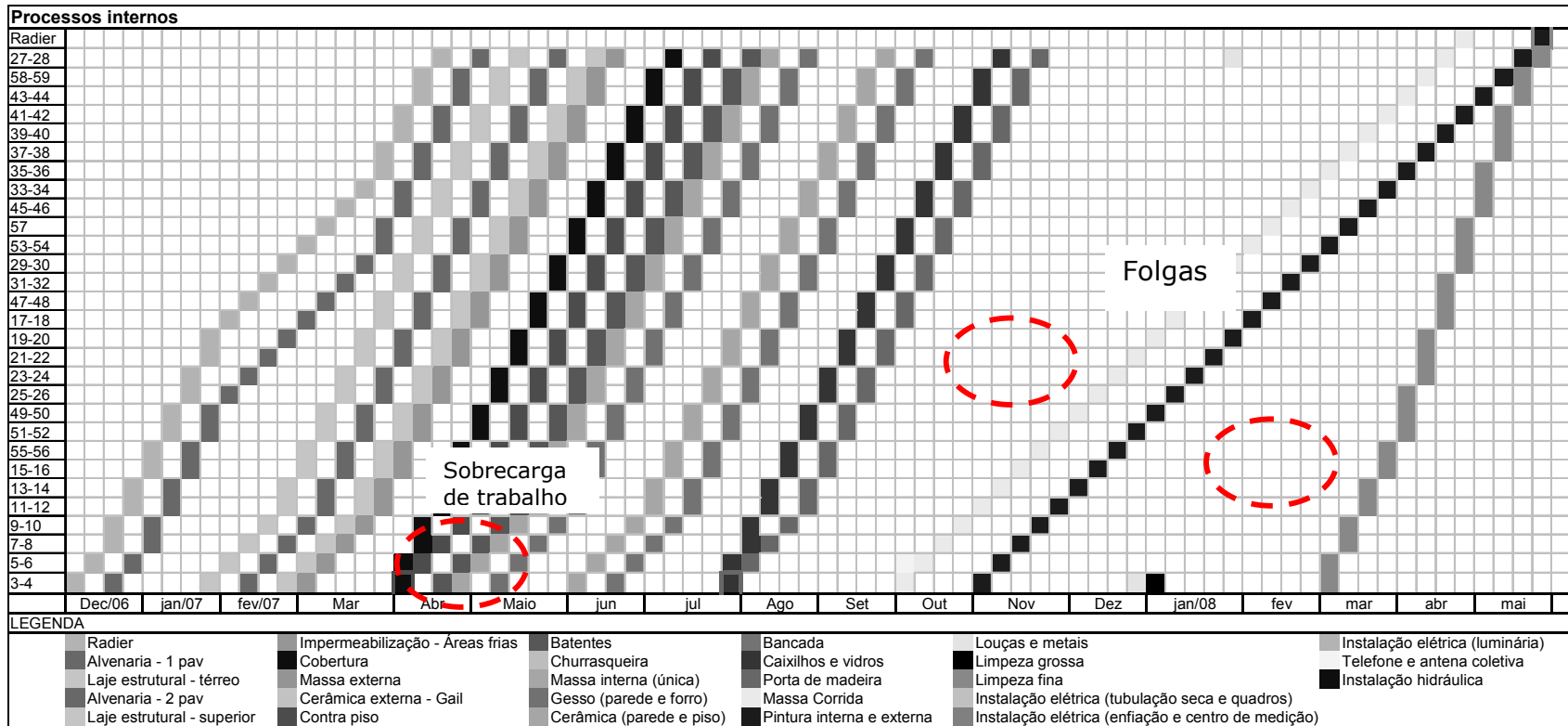


Figura 5.13 Linha de Balanço da obra F

Conforme mencionado no item 4.5.4.3, na elaboração da LB foram também introduzidas algumas melhorias no plano de longo prazo da obra, buscando reduzir os estoques em processo por meio da eliminação de algumas folgas. Porém, nota-se na Figura 5.13 que ainda há folgas de produção entre alguns processos (por exemplo, entre portas de madeira e pintura), enquanto em alguns períodos da obra parece haver sobrecarga de trabalho. As razões para estes problemas foram similares àquelas apontadas no estudo empírico 1:

- Os processos tinham ritmos diferentes, por não haver um adequado dimensionamento das equipes;
- Existiam problemas relacionados à gestão de suprimentos, que provocavam atrasos em alguns processos na obra;

Havia uma postura por parte da gerência da obra de utilizar grandes estoques e folgas entre atividades de forma a evitar interrupções e interferências entre as equipes. Assim, também nesta empresa a gerência tinha uma posição antagônica à sincronização entre processos e busca do fluxo contínuo

Na percepção do gerente geral de obras, um dos principais benefícios da LB foi a definição clara de um seqüenciamento de execução dos blocos a ser seguido por todas as equipes. Este seqüenciamento foi efetivamente seguido na fase de implementação, conforme ilustra a Figura 5.14. Ou seja, a seqüência de execução a ser seguida era a seguinte:

- Iniciar pela casas à direita da obra até o fim da rua;
- Continuar pelas casas à esquerda da obra, do começo da rua até o final.



Figura 5.14 Foto ilustrando o seqüenciamento de execução – obra F

5.2.3 Implementação de melhorias no sistema de PCP

Ao fim do diagnóstico, foram propostas ações para aumentar a estabilidade básica da obra, visando criar condições para iniciar a implementação do fluxo contínuo. Destacam-se como fontes de instabilidade: falta de recursos físicos (mão-de-obra e matérias), falta de confiabilidade nos tempos de execução das atividades e pouco comprometimento e envolvimento das equipes de produção. Foram propostas melhorias no sistema de PCP, usando-se como base o Sistema *Last Planner*, principalmente no sentido de hierarquizar este processo e torná-lo formalizado e sistemático.

No nível de médio prazo, propôs-se a elaboração de um plano com horizonte de tempo de três meses, sendo o ciclo de replanejamento mensal. Neste nível do planejamento são listadas as atividades a serem realizadas nos próximos três meses, devendo ser identificadas e removidas as restrições à execução das mesmas (Apêndice B). Estas restrições foram classificadas em cinco categorias: materiais, mão de obra, equipamentos, projeto e espaço. Para cada restrição, são definidas as datas de início da atividade e limite para remoção das restrições e os responsáveis pela sua remoção.

O planejamento de médio prazo foi realizado somente uma vez ao longo da fase 2 deste estudo pela falta de disponibilidade de tempo dos possíveis envolvidos para a realização da reunião.

No nível de curto prazo, propôs-se a realização de reuniões semanais para a elaboração do plano operacional. Havia uma reunião preparatória, na qual o assistente técnico, a pesquisadora e o mestre de obras elaboravam a primeira versão do plano de curto prazo. Após, havia a reunião de planejamento de curto prazo propriamente dita, com a participação da gerência da obra, empreiteiros, encarregados, alguns líderes de equipe e a pesquisadora, na qual era avaliado o cumprimento do plano da semana anterior e elaborada a versão final do plano para a semana seguinte, levando em conta os pontos de vista das equipes de produção. No Apêndice B está apresentado um exemplo de plano semanal.

As reuniões eram realizadas na terça-feira e tinham a duração média de uma hora. A intervenção realizada foi bem sucedida no sentido de rotinizar e formalizar as reuniões de curto prazo, as quais sempre contavam com a participação dos representantes das equipes de produção. Como consequência, foi criado um bom entrosamento entre eles e alcançou-se um bom nível de comprometimento por parte dos mesmos.

Para avaliar a eficácia do planejamento foram utilizados os indicadores de PPC (percentagem da programação concluída) e as causas do não cumprimento destes pacotes (ver item 3.2.2). Também foi monitorado o tempo de ciclo de alguns processos. O mural do escritório da obra foi utilizado para disponibilizar todos os dados gerados no planejamento, incluindo plantas contendo os principais fluxos das equipes, planos de médio e curto prazo, e indicadores (Figura 5.15). Uma parte destas informações era disponibilizada também no mural do refeitório para visualização de todos na obra.

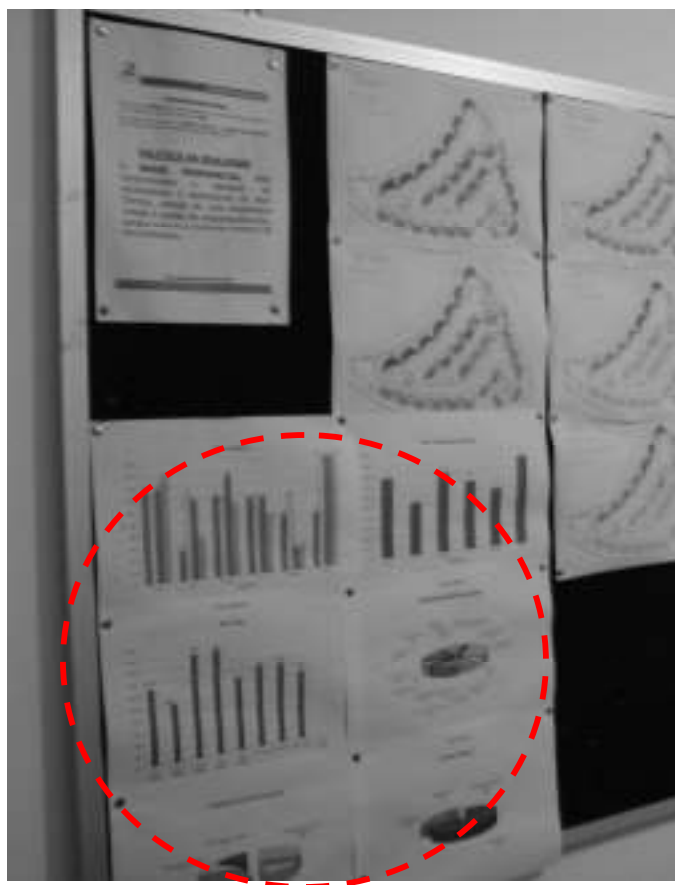


Figura 5.15 Dados disponíveis no mural do escritório da obra

5.2.4 Resultados da implementação

Na Figura 5.16 está apresentado o gráfico contendo o PPC ao longo do estudo. O PPC médio foi de 78% com um coeficiente de variação de 14%. Observa-se uma alta variabilidade deste indicador nas primeiras 9 semanas e, após este período, uma tendência de crescimento do PPC (linha pontilhada na Figura 5.16) e redução da variabilidade do mesmo, com exceção da semana de 17 a 23/7, na qual houve uma grande incidência de chuva. Na semana seguinte (24 a 30/7) não foi realizada a reunião de planejamento de curto prazo, em função dos problemas ocorridos, sendo adotado o mesmo plano da semana anterior.

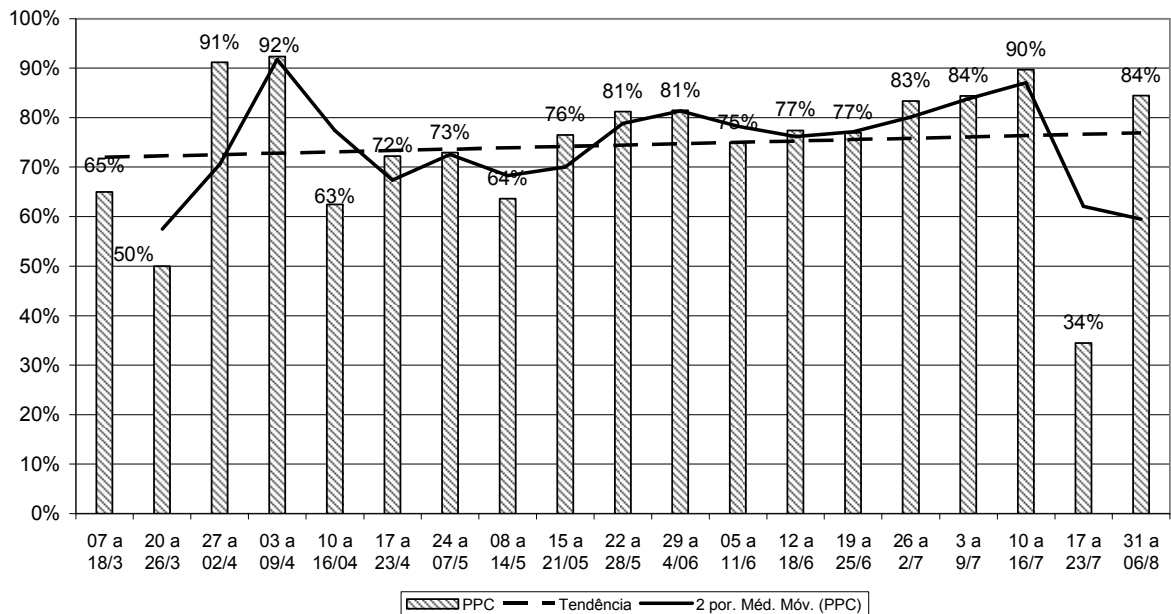


Figura 5.16 PPC da obra

Com relação às causas do não cumprimento de planos e ao seu desdobramento apresentadas nas Figura 5.17 e Figura 5.18, respectivamente, observou-se que uma elevada parcela dos problemas atribuídos à não execução dos pacotes de curto prazo foram falhas nos setores de planejamento e suprimento da empresa.

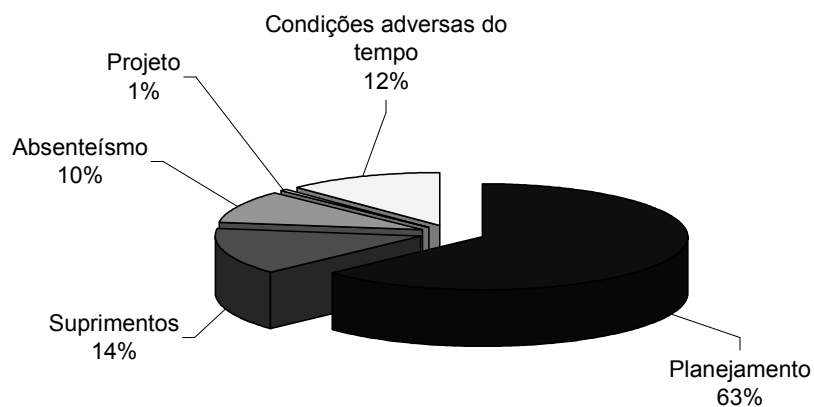


Figura 5.17 Percentual das causas dos não cumprimentos de planos.

Dos problemas relacionados ao planejamento (Figura 5.18) verifica-se que a maior dificuldade desta obra estava relacionada à gestão de pessoas: equipe produzindo

abaixo do planejado (17%), falta de mão de obra do empreiteiro (15%), falha na programação de tarefas (9%) e pacote de trabalho grande demais (7%).

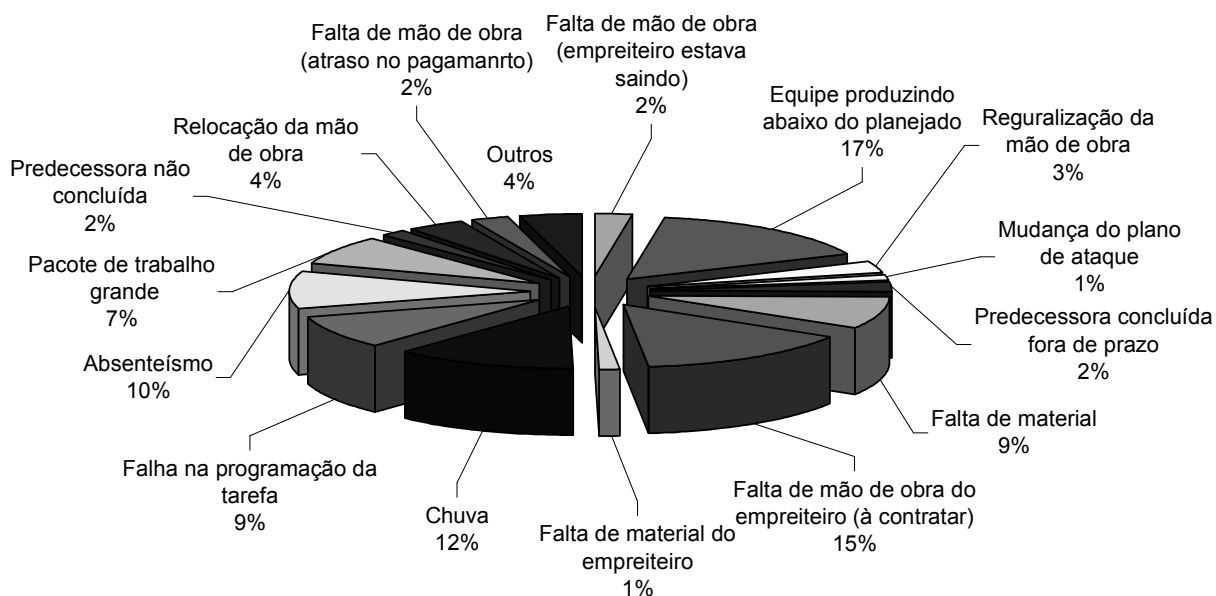


Figura 5.18 Desdobramento das causas

Com relação aos suprimentos, verifica-se que cerca de 10% dos problemas se relacionavam com a falta de material na obra. Os fatores externos, tais como chuva e absentismo, corresponderam a 22% dos problemas. Ou seja, 78% dos problemas eram predominantemente internos e possíveis de serem resolvidos pela própria gerência da obra.

A Figura 5.19 compara a evolução do PPC com o percentual de causas externas e internas, indicando claramente uma tendência de aprendizagem no processo de planejamento.

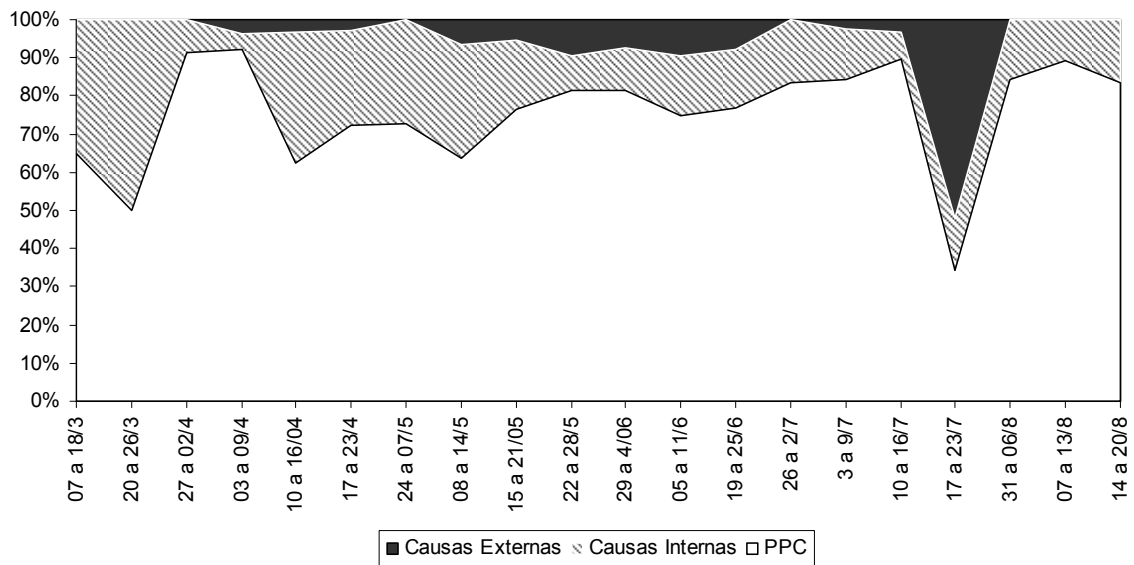


Figura 5.19 Evolução do PPC e dos problemas internos e externos

A Figura 5.20 apresenta os tempos de ciclo dos principais processos após a implementação das melhorias no sistema de PCP. Houve uma redução tênue em alguns tempos de ciclo médios (por exemplo, *radier*, alvenaria inferior e primeira laje), embora ainda se observe uma alta variabilidade em alguns processos. Cabe salientar que com o planejamento de curto prazo o controle destes tempos passou a ser realizado de uma forma mais consistente.

Com base nos resultados apresentados, pode-se concluir que a implementação de mudanças no PCP trouxe alguns benefícios para a obra, tais como aumento da confiabilidade da produção, aderência aos fluxos das equipes propostos na Linha de Balanço e identificação da origem dos problemas. De uma forma geral, pode-se afirmar que houve avanços na direção de se obter as condições mínimas iniciais, ou seja estabilidade básica, para a implementação do fluxo contínuo, embora claramente existissem ainda muitas oportunidades de melhoria no PCP, principalmente no sentido de tornar o planejamento de médio prazo sistemático.

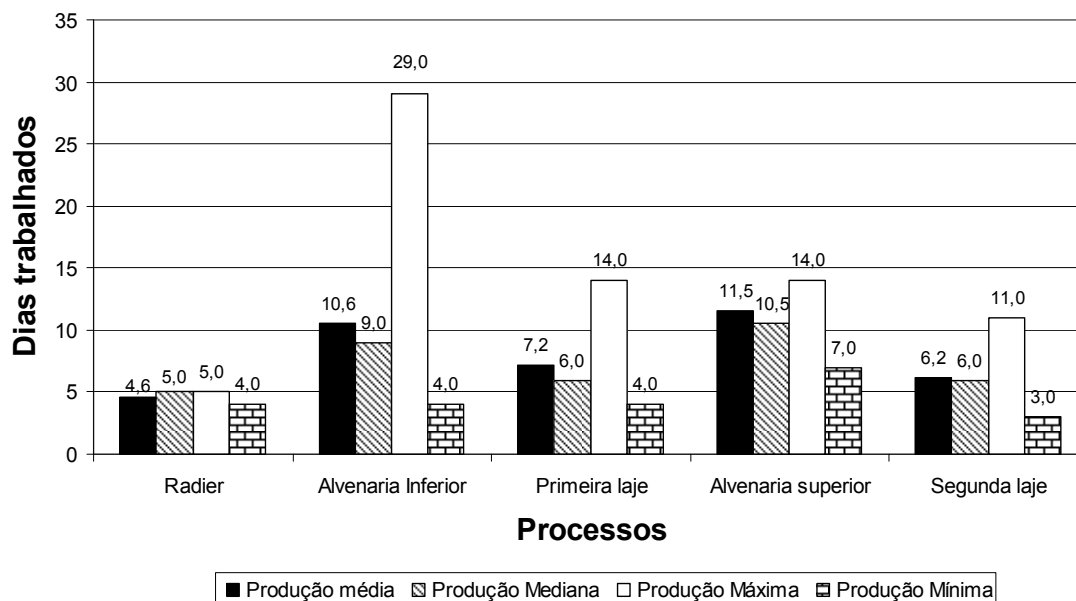


Figura 5.20 Tempos de ciclo dos processos ao longo da implementação

Em função dos benefícios alcançados a empresa decidiu estender o trabalho realizado na obra F para outras obras da regional Campinas e também em outras filiais da empresa.

5.2.5 Análise dos resultados

A seguir faz-se a análise dos resultados do estudo em relação às proposições de pesquisas apresentadas no Capítulo 4. Neste estudo as proposições eram basicamente referentes à estabilidade básica e à diferença entre a complexidade de empreendimentos de edificação em relação às obras de estruturas pré-fabricadas.

5.2.5.1 Obtenção da estabilidade básica por meio do Sistema *Last Planner*

No item 3.1.7 apresentou-se uma revisão bibliográfica sobre estabilidade básica, indicando que a mesma decorre do aumento da confiabilidade na disponibilização de

recursos (SMALLEY, 2005; TAKAHASHI; OSADA, 1993), redução da variabilidade dos processos (SMALLEY, 2005; LIKER; MEIER, 2007; SAMANIEGO *et al.*, 2006) e melhoria contínua (LIKER; MEIER, 2007; SAMANIEGO, *et al.*, 2006).

Em relação ao aumento da confiabilidade na disponibilização de recursos (mão de obra, materiais e máquinas), são propostas algumas abordagens na literatura, tais como 4M (SMALLEY, 2005) ou 5M (TAKAHASHI; OSADA, 1993)³⁵. No *Last Planner*, busca-se aumentar esta confiabilidade a partir do planejamento de médio prazo (*look-ahead*), no qual as restrições são identificadas e removidas por meio de um processo participativo e sistemático.

Por um lado o planejamento *look-ahead* enfatiza a necessidade de gerenciar os fluxos de outros recursos, que são peculiares da construção civil, tais como espaço, projeto, instalações provisórias, entre outros, que não fazem sentido num ambiente de manufatura. Por outro lado, existem muitas dificuldades de implementar o planejamento de médio prazo (COELHO, 2003; STERZI, 2006), pela necessidade de reunir representantes de muitos setores da empresa e por consumir muito tempo na sua realização. Além disto, a literatura sobre o *Last Planner* em geral não enfatiza a forma como os recursos são disponibilizados. Smalley (2005), por exemplo, chama a atenção para a necessidade de disponibilidade de recursos humanos adequadamente treinados nos diversos níveis.

Em relação à redução da variabilidade, Liker e Meier (2007) apontam que a instabilidade é resultado da variabilidade de processos e Smalley (2005) salienta a necessidade de trabalho padronizado para alcançar a estabilidade básica. O principal mecanismo do *Last Planner* para a redução da variabilidade é o mecanismo de proteção da produção (*shielding production*), que cria uma janela de confiabilidade

³⁵ Estas duas ferramentas não são limitadas à confiabilidade na disponibilização dos recursos. O 4M (SMALLEY, 2005) inclui também método, através do trabalho padronizado, e o 5M (TAKAHASHI; OSADA, 1993) inclui também método, entendido como o gerenciamento da fábrica, e moeda, como os recursos financeiros necessários.

no horizonte de curto prazo. Não faz parte do escopo do *Last Planner* a padronização dos processos.

Finalmente, em relação à melhoria contínua, Liker e Meier (2007) sugerem a estabilidade como o primeiro estágio de um ciclo, que envolve também a criação de fluxo contínuo, a padronização e o nivelamento da produção. O *Last Planner*, por sua vez, possui mecanismos eficazes para introduzir a melhoria contínua, por meio de mecanismos de participação, estabelecimento de curtos ciclos de controle e a medição de desempenho, que é realizada de forma simples. Entretanto, com base em diversos estudos realizados na implementação do *Last Planner* (BULHÕES; FORMOSO, 2004), há limitações na obtenção de melhoria contínua pela pouca utilização dos dados de causas das falhas do planejamento na realização de ações corretivas.

No estudo empírico 4, a estabilidade básica não foi totalmente alcançada em parte em função de limitações na implementação do *Last Planner*. Além disto, alguns dos elementos necessários à sua obtenção não são inteiramente contemplados neste sistema de planejamento.

5.2.5.2 Dificuldades em implementar o fluxo contínuo em obras de edificação

Uma das principais conclusões deste estudo empírico foi o grande esforço necessário para alcançar as condições iniciais necessárias (estabilidade básica) para início do processo de implementação do fluxo contínuo propriamente dito, apesar da empresa envolvida ter algumas características favoráveis a esta mudança, tais como empreendimentos com grande repetitividade e necessidade de mudança.

Uma das dificuldades para introduzir as mudanças propostas no PCP foi a parcial incompatibilidade do sistema de gestão integrado, fortemente baseado no MRP, com alguns dos conceitos e ferramentas implementados, como por exemplo, falta de

hierarquização dos planos, existindo apenas um plano de longo prazo detalhado. A própria falta de tempo de implementar algumas melhorias propostas, tais como o planejamento de médio prazo, pode ser atribuída ao tempo gasto pela gerência da obra em atender às demandas de informação do referido sistema.

Observou-se também a necessidade de um grande esforço de capacitação dos envolvidos para poder efetivamente implementar todas as melhorias propostas, já que são introduzidos novos conceitos e novas rotinas. Chamou a atenção neste estudo a dificuldade de lidar com alguns sub-empregados, cuja contratação havia sido realizada sem a devida preparação para as mudanças e sem uma clara negociação sobre as novas condições de trabalho.

6 RESULTADOS OBTIDOS NO CONTEXTO DE PRÉ-FRABRICADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos nos estudos empíricos 2 e 3, realizados, respectivamente, nas obras B e C (processo de montagem) e nas obras D e E (processo de projeto).

6.1 ESTUDO EMPÍRICO 2 - PROCESSO DE MONTAGEM (OBRAS B E C)

6.1.1 Fase 1 - Diagnóstico do processo de montagem na obra B

Conforme apresentado no item 4.5.1.1, essa era uma obra considerada pequena pela empresa. O diretor técnico a indicou para realizar um estudo inicial para entender como funcionava o processo de montagem na empresa. Nessa obra não se buscou a implementação do fluxo contínuo, apenas a investigação do potencial de se aplicar este princípio nas obras da empresa.

6.1.1.1 Práticas correntes de gestão da produção

Era prática corrente da empresa preparar um plano de longo prazo do empreendimento, que era parte do contrato com o cliente. Este plano consistia de uma rede de precedências e era elaborado no software MSProject®, tendo como principal função definir as datas marco para a entrega do projeto, a fabricação das peças e a montagem das mesmas na obra.

No início das obras da empresa era elaborado um plano detalhado de todas as peças a serem montadas, denominado plano de carregamento, definindo o conteúdo de cada uma das cargas, incluindo as peças a serem transportadas, tipo do caminhão, volume e data de execução prevista, conforme ilustra a Figura 6.1. Esse plano era elaborado pelo engenheiro da obra antes do início da montagem para o transporte de todas as peças da obra, sendo também utilizado como roteiro para a montagem das mesmas.

Obra:		Data:		Rev:
CARGA	PEÇAS TRANSPORTADAS	TIPO Com./Ext.	Volume (m ³)	DATA PREVISTA
1	P32, P31			7/3/2005
2	P31, P27			7/3/2005
3	VS17, VS18, VS17A			8/3/2005
4	P28, P20			8/3/2005
5	P33, P9A			8/3/2005
6	P33A, P9			9/3/2005

Figura 6.1 Extrato do plano de curto prazo

No caso da obra B, foi feito o plano de carregamento, mas o setor de expedição da empresa não seguia o mesmo, em função de problemas relacionados à fabricação das peças. Em consequência, o engenheiro da obra parou de atualizar esses planos, fazendo com que o planejamento do processo de transporte e, conseqüentemente, de montagem da obra, passasse a ser informal.

Em relação ao tamanho do lote, nesta empresa tradicionalmente não havia uma preocupação em definir lotes de produção pequenos para a montagem de estruturas pré-fabricadas de concreto. Normalmente, a obra iniciava pela montagem de um grande número de pilares e, somente depois, iniciava a montagem de vigas e telhas. Esta estratégia em geral causava um desbalanceamento no uso da capacidade da fábrica de pré-moldados, sistema de transporte e equipe de montagem. Por exemplo, em determinados momentos, era necessário montar um grande número de telhas, que são peças estruturais leves e de montagem rápida, provocando um pico de demanda no sistema de transporte da fábrica para a obra e dos equipamentos de montagem na obra.

6.1.1.2 Mapa do Fluxo de Valor atual

Para auxiliar no diagnóstico do processo de montagem da obra B, foi elaborado o Mapa do Fluxo de Valor (MFV) atual, apresentado na Figura 6.2. Neste mapa o fornecedor está representado pela caixa à esquerda do mapa que, neste caso, é representado pela fábrica. O cliente, representado pela caixa à direita do mapa, era um investidor, que contratou a obra para futura locação. A definição do ritmo de produção é estabelecida por um cronograma acordado entre a empresa e o cliente na fase de contratação da obra. A duração prevista no contrato para o processo de montagem era de cinco semanas.

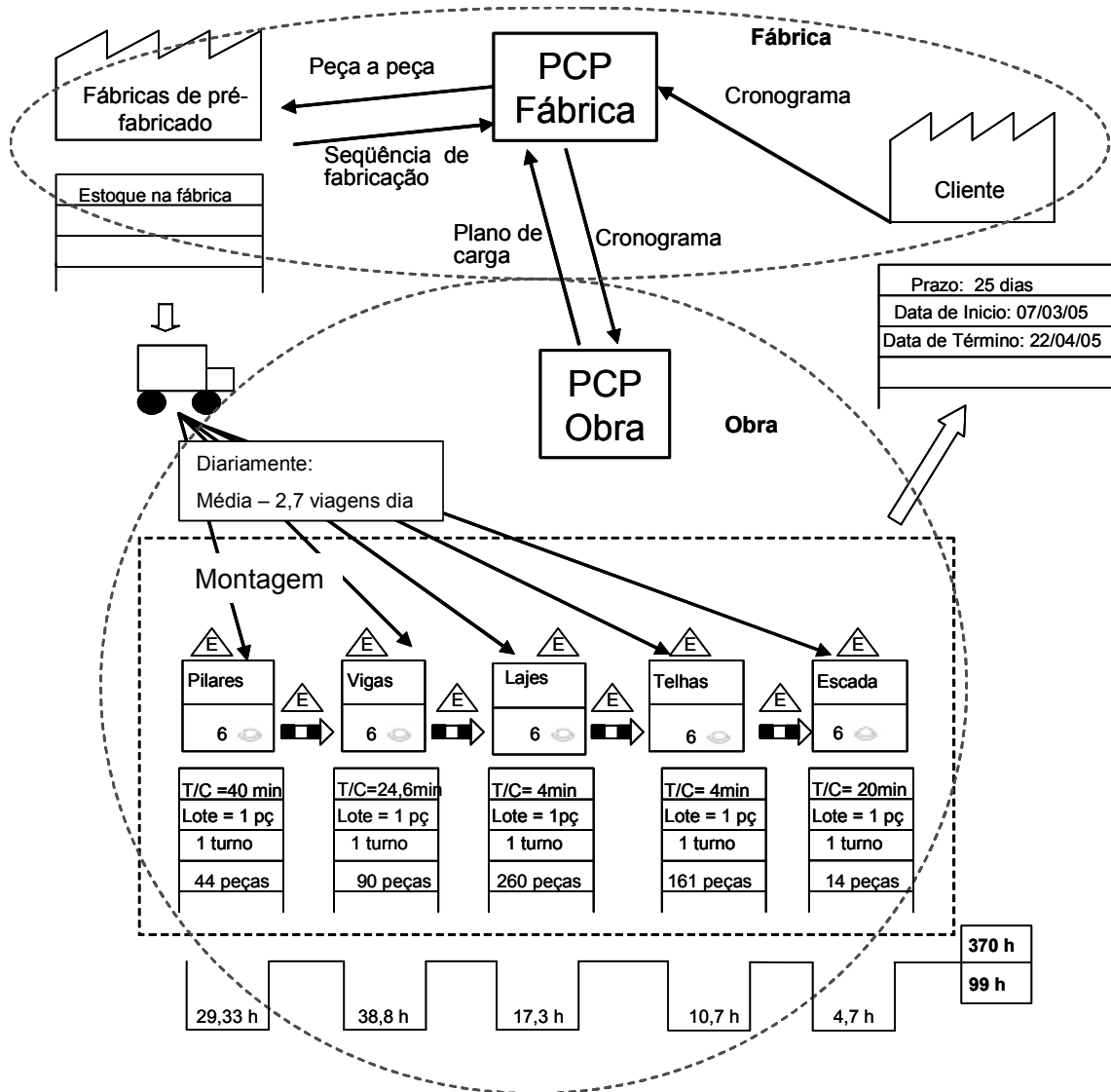


Figura 6.2 MFV do processo de montagem da obra B

Com relação ao fluxo de informação apresentado na Figura 6.2, existem dois setores de Planejamento e Controle da Produção (PCP), um na fábrica (PCP Fábrica) e outro na obra (PCP Obra). O setor de produção da fábrica era responsável pela elaboração do cronograma do empreendimento, que era repassado para o setor de obra. A partir desse cronograma, o PCP Obra elaborava o plano de carregamento (ou carga), que produzia informações peça à peça, conforme ilustra a Figura 6.1.

Cabia ao PCP Fábrica solicitar a fabricação das peças às fábricas F1 e F2, que, por sua vez, reorganizavam a seqüência de fabricação das peças, se necessário, em função da capacidade disponível, que era compartilhada entre várias obras. As fábricas enviavam as peças para a obra com uma freqüência média de 2,7 viagens por dia. Havia um estoque na fábrica principalmente em função das diferenças de *lead time* entre a fabricação e a montagem das peças.

O MFV foi usado de forma diferente daquela proposta por Rother e Shook (1999), em função da falta de definição clara de um lote de produção, diferentemente do que ocorreu no estudo empírico 1, no qual se definiu como lote uma unidade de planejamento (apartamento).

Nesse estudo, não foi mapeado o fluxo unitário (ou de um lote) de material ao longo das etapas do processo. De forma simplificada, foi considerada como produto final a obra totalmente montada, sendo mapeado o fluxo total das peças, considerando primeiro os pilares, depois as vigas, lajes, telhas e, por fim, as escadas, representadas pelos retângulos da Figura 6.2

Para o *lead time* usou-se a duração real da obra (37 dias), descontando fins de semana e feriados, desde o início até o fim da montagem. Multiplicando-se este valor por 10 horas de trabalho por dia resulta em um LT de 370h.

Rother e Shook (1999) sugerem que sejam medidos e representados no mapa os estoques de matéria-prima e os estoques em processo. Entretanto, em função da simplificação acima referida na forma de elaborar o mapa, não faz sentido mensurar os estoques em processo entre as etapas do processo. Com relação ao estoque de matéria-prima, este tende a ser muito pequeno em obras de estrutura pré-fabricada, pois as peças a serem montadas são retiradas diretamente do caminhão que as transporta.

Em função destas simplificações na elaboração do MFV atual, não foi elaborada uma versão futura do mesmo nesta fase do estudo.

Os dados referentes aos tempos de ciclo (T/C) contidos na caixa de dados da (Figura 6.2) foram obtidos por meio das medidas de tempo de montagem das peças (ver item 4.5.2.5), cujos valores estão apresentados no Quadro 6.1. Neste quadro nota-se que existem dois tipos de vigas, com T/C distintos, sendo o valor de T/C para viga, apresentado na Figura 6.2, calculado através da média ponderada dos T/C de 30 min e 20 min. Os Tempos de Agregação de Valor resultam da multiplicação dos tempos de ciclo pelo número total de peças.

Quadro 6.1 Memória de cálculo do Tempo de Agregação de Valor – Obra B

Peças	Pilares	Vigas		Lajes	Telhas	Escada
		VSG	VCU			
Número de peças	44	41	49	260	161	14
Tempo de ciclo (minutos)	40	30	20	4	4	20
Tempo de Agregação de Valor (minutos)	1760	1230	980	1040	644	280
Tempo de Agregação de Valor (horas)	29,33	20,50	16,33	17,33	10,73	4,67
Total (horas)		36,83				
		98,90				

Como resultado, o MFV apontou para uma diferença de 197h (370h – 99h), num percentual de 27%, entre o tempo total de construção e o tempo gasto realmente em processamento. Essa diferença ocorria, principalmente, devido a:

- Estoque de peças de matéria-prima: existiam vários estoques não planejados de peças na obra (Figura 6.3). Apesar de não ser comum a existência deste tipo de estoque em obras de estruturas pré-fabricadas, nesta obra isso ocorreu porque algumas dessas peças não podiam ser montadas devido à interdependência com outras que ainda não tinham sido montadas. Outro problema foi a instalação de algumas peças que impediam a movimentação do guindaste e dificultavam a montagem de outras peças;



Figura 6.3 Estoques não planejados

- Estoque em processo de peças: observou-se que algumas peças montadas (vigas e pilares) tinham que esperar muito tempo pela montagem das lajes e telhas. Isso ocorreu em função da falta de definição de seqüência de

montagem que levasse em conta a interdependência entre as peças, problema este agravado pela definição de grandes lotes de montagem. A Figura 6.4 apresenta um croqui no qual está representada uma seqüência de montagem dos pilares que foi observada na obra;

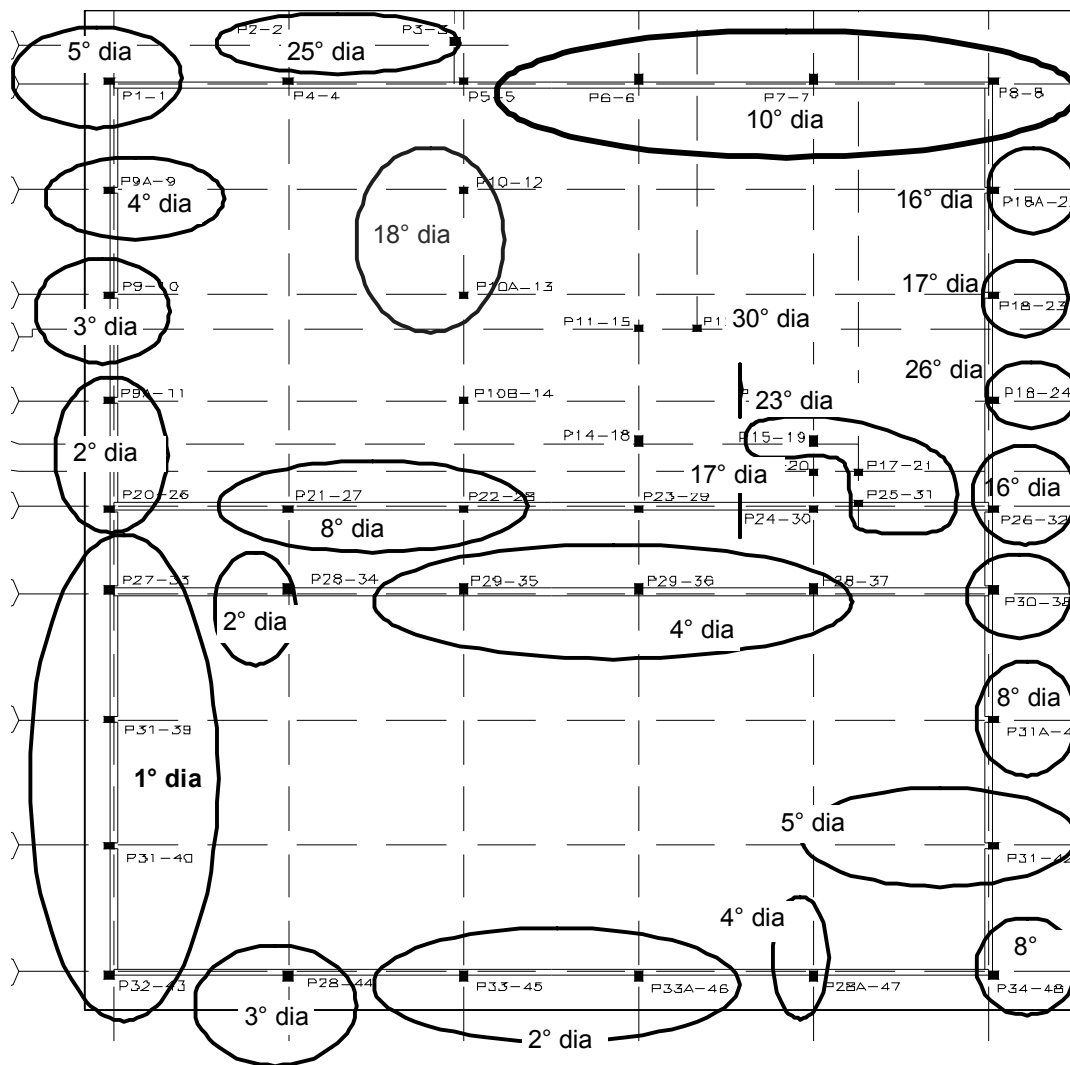


Figura 6.4 Croqui com seqüência de montagem dos pilares

- Atrasos na entrega das peças pela fábrica: isso causou uma sub-utilização dos recursos, tanto do guindaste quanto da equipe de montagem. Nessa obra realizou-se em média 2,7 cargas de transporte por dia, um volume de

transporte bem inferior à capacidade do equipamento de montagem, correspondente a cerca de oito viagens³⁶ por dia. Isso acarretou uma ociosidade no equipamento de cerca de 66%, decorrente da utilização de 802 horas efetivas de equipamento em relação a 370 horas orçadas. Em termos de produção, significa 1,04 m³ de peças montadas em relação a 2,24 m³ estimados, por hora de equipamento. Na Figura 6.5 são apresentadas todas as viagens realizadas por dia no período da obra. Observa-se que existe uma elevada variabilidade no número de viagens;

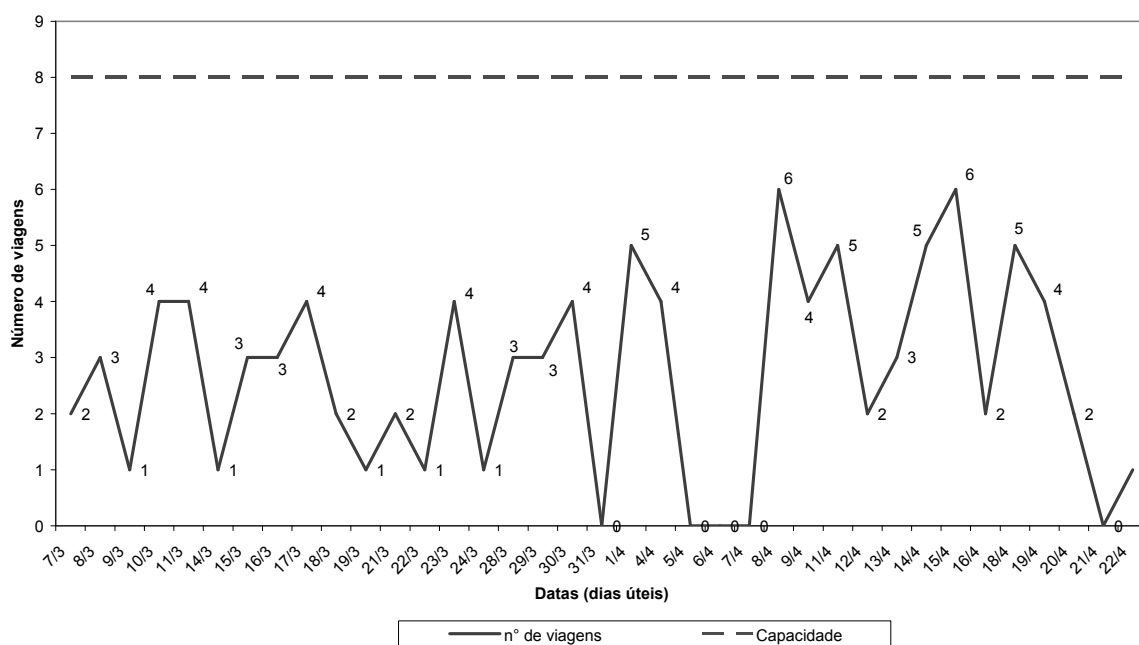


Figura 6.5 Ociosidade do guindaste

- Mudança de projeto: houve necessidade de realizar mudanças de projeto em função de novas demandas por parte do cliente e o setor de projeto da empresa demorou muito para intervir e resolver o problema. Esta foi uma das principais causas do atraso na entrega das peças pela fábrica; e

³⁶ Neste trabalho, o termo viagem refere-se às cargas de peças em carretas de transporte.

- Fragmentação do PCP: os problemas acima relatados eram agravados pelo fato de que o PCP era bastante fragmentado, pouco sistemático e muitas decisões não eram devidamente formalizadas e comunicadas aos demais intervenientes.

6.1.1.3 Proposta de ações para implementar fluxo contínuo em obra

Com base no diagnóstico realizado na obra B, a pesquisadora fez uma proposta para a implementação do fluxo contínuo na empresa, que foi discutida e refinada em um seminário realizado na empresa, que contou com a participação a diretoria da empresa, engenheiros de obra e representantes dos setores de planejamento e projeto. As principais ações propostas foram as seguintes:

- (a) Aumentar a estabilidade básica da obra por meio das melhorias no sistema de planejamento e controle, visando a torna-lo hierarquizado, sistemático e formalizado:
 - Planejamento de longo prazo: foi proposta a manutenção do plano de longo prazo do empreendimento, produzido no MSProject®, no fechamento do contrato com o cliente, pelo setor de planejamento e controle da fábrica. A partir deste plano, a obra deve ser subdividida em grandes etapas, as quais representam uma primeira definição da seqüência de montagem da estrutura. Essa divisão deve ser feita levando em conta as necessidades do cliente em relação a entregas parciais da obra.
 - Planejamento de médio prazo com a análise de restrições: a partir da definição das etapas e com as informações sobre os prazos de cada uma, deve ser realizado um plano de médio prazo com horizonte de tempo de seis semanas cujo ciclo de re-planejamento é quinzenal. Neste plano, devem ser identificadas e removidas as restrições dos processos de fabricação e de montagem na obra, principalmente

aqueles relacionados a projeto. Essa análise deve ser feita por uma equipe formada por representantes dos setores de planejamento, projeto, fábrica e suprimentos da empresa, liderada pelo engenheiro responsável pela obra;

- Planejamento de curto prazo: neste nível, deve ser produzido o plano de carregamento (ou carga), que já fazia parte do sistema de gestão da empresa. Propõe-se que este plano seja realizado e discutido com os intervenientes do processo (obra, representantes pela produção e transporte das fábricas F1 e F2). Além disso, periodicamente devem ser geradas informações de controle, indicando o grau de aderência da montagem na obra em relação ao que foi planejado e as causas dos problemas que impossibilitaram a execução do plano. Sugeriu-se, também, uma nova planilha para a elaboração do plano de carregamento.

- (b) Reduzir o tamanho do lote: a partir da subdivisão realizada no planejamento de longo prazo, cada grande etapa deveria ser dividida em pequenos lotes de trabalho claramente definidos, de preferência repetitivos, e expressos de forma a serem passíveis de controle. Para auxiliar na definição dos lotes de montagem, propôs-se a utilização da técnica da Linha de Balanço, utilizada com sucesso no estudo empírico 1;
- (c) Gerenciar o fluxo de transporte entre fábricas e obra: foram propostas ferramentas para planejar e controlar o fluxo de transporte de peças entre as fábricas e a obra, a partir da definição do lote de montagem. Por meio deste controle, esperava-se que os problemas, quando ocorressem, fossem imediatamente identificados e, se possível, eliminados. Buscou-se, assim, aumentar a confiabilidade do referido fluxo e reduzir a variabilidade no número de viagens por dia, apontada na Figura 6.5;

(d) Implementar o Trabalho Padronizado: além da padronização do ciclo de montagem, pretendia-se realizar um estudo de todos os elementos de trabalho da montagem para elaboração do Gráfico de Balanceamento do Operador (GBO) e, por fim, a proposição da Tabela de Combinação do Trabalho Padronizado (TCTP). Por meio do uso dessas ferramentas, se buscava o estabelecimento do trabalho padronizado nas atividades de montagem. Esta melhoria não foi implementada, por não se ter conseguido obter um nível mínimo de estabilidade necessária no sistema de produção.

6.1.2 Fase 2 – Implementação do fluxo contínuo na obra C

A seguir é descrita a implementação de mudanças no sistema de gestão da produção na Obra C, visando à adaptação dos conceitos e ferramentas relacionados ao fluxo contínuo no contexto de obras de estruturas pré-fabricadas. Tais mudanças foram agrupadas segundo as categorias de ações propostas no item acima.

6.1.2.1 Plano de longo prazo

Como de praxe, o plano de longo prazo do empreendimento havia sido elaborado com o *software* MSProject®, ao longo do processo de negociação do contrato com o cliente. Nesse plano, foi definida a entrega da obra em dois grande lotes, um do Eixo 26 ao 36 (vertical) e do Eixo A ao J (horizontal), com prazo para outubro de 2005, e a outra parte, do Eixo 1 ao 26 (vertical) e do Eixo A ao J (horizontal), com o prazo para março de 2006.

Inicialmente, tentou-se planejar a execução da obra com base nos dois grandes lotes de entrega. Contudo, em função do projeto do mezanino da obra (setor delimitado pelos Eixos A e B e 26 e 34, e pelos Eixos A e J e 34 e 36), não ter sido concluído a tempo para que as peças pudessem estar fabricadas até a data de início

da montagem, o primeiro lote necessitou ser subdividido em dois. Como resultado a obra foi subdividida em três etapas, conforme indica a Figura 6.6.



Figura 6.6 Croquis das etapas da obra

Essa divisão foi definida em uma reunião entre pesquisadora, engenheiro de obra e representantes do planejamento e da diretoria técnica da empresa, sendo representada de forma simples numa planta baixa da obra, (Figura 6.7).

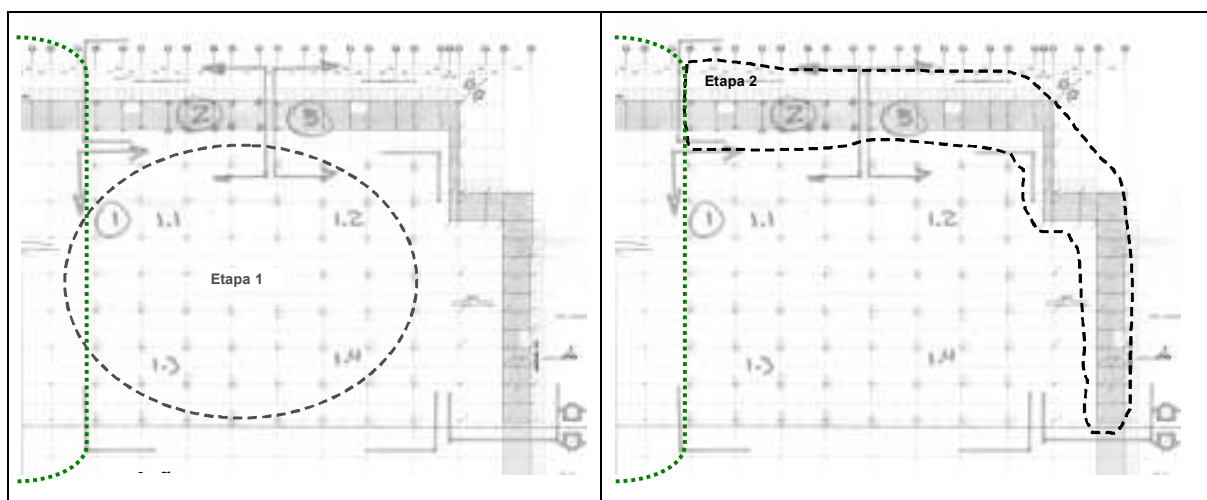


Figura 6.7 Planta baixa de comunicação das etapas da obra

6.1.2.2 Plano de médio prazo

Como a montagem na obra estava prevista para começar em meados de julho, o primeiro planejamento de médio prazo foi elaborado no início de junho de 2005.

Foram elaborados dois planos, um referente à fabricação das peças na fábrica F1 (Figura 6.8) e outro para a montagem das peças (Figura 6.9). Esta reunião durou cerca de 4 horas e contou com a participação do engenheiro da obra, engenheiro de planejamento, coordenador de projetos, representante da área de suprimentos e encarregado da expedição. A pesquisadora atuou como facilitadora da reunião.

Os projetistas externos foram comunicados sobre as datas limites para remoção das restrições de projeto em reunião³⁷ na empresa e se comprometeram a entregar os projetos nos prazos. A partir desse comprometimento, a fábrica planejou a execução das peças conforme plano de montagem e prazos de entrega dos projetos.

O plano para a fábrica F1 foi necessário em função da criação de uma estrutura adicional na mesma, capaz de produzir 15 telhas por dia. Por meio deste planejamento de médio prazo buscou-se identificar e remover restrições referentes à criação dessa estrutura adicional. Uma vez criada esta estrutura, não foi mais realizada a análise de restrições nesta fábrica. Em relação à fábrica F2 considerou-se desnecessário este plano, pois a mesma produzia telhas regularmente e havia sido alocada uma parcela da capacidade desta fábrica para a obra C.

³⁷ No período em que a pesquisa estava sendo realizada, a empresa tinha uma reunião semanal (PGO – Programação geral de obras), na qual se reuniam todos os envolvidos de uma determinada obra: representante comercial, projetistas externos, coordenadores de planejamento e de projeto e diretoria. O objetivo dessa reunião era comunicar a nova obra à empresa e apresentar os principais parâmetros da obra. Quem conduzia a reunião era o coordenador de planejamento da empresa.

Empresa Y		Planejamento de Médio Prazo															
		Obra: C				Engenheiro da obra: JHA		Supervisor de obra: L		Diretor técnico: ATF		Coord. de planejamento: F		Coord. de projeto: MM			
		Cronograma		Data de início	Data limite p/ remoção de restrições	Material		Mão de obra		Restrições Equipamento		Projeto		Espaço		OK	
Jul	Ago	Restrições	Resp			Restrições	Resp	Restrições	Resp	Restrições	Resp	Restrições	Resp				
1	Instalação de canteiro					11/jul	10/jul	Locação dos containers	JHA/An	Mobilização	JHA	ok		ok	Definição da localização	JHA	
2	Verificação topográfica das fundações					12/jul	11/jul	ok		Mobilização do topógrafo	JHA			Projeto de bloco, pilares	MM	ok	
3	Regularização de fundo					14/jul	13/jul	Quadros, Argamassas	JHA	ok		ok		ok	ok		
4	Montagem de pilares (Etapa 1.1 e 1.2)					18/jul	15/jul	Concreto para solidarização	Cliente	Concretagem	Cliente	Mobilização de guindaste	JHA	Projeto de montagem	MM	Acessos a obra	Cliente
								Cunhas e pilares	JHA/Fred	Montagem	JHA						
	Montagem de vigas (Etapa 1.1)					20/jul	21/jul	Concreto de grateamento, neoprene, vigas	JHA/Fred	Montagem	JHA	Mobilização de guindaste	JHA		MM	ok	
5	Montagem de telhas (Etapa 1.1)					21/jul	20/7/2005 (Projeto - 08/7)	Neoprene, calafeto interno, telhas	JHA/Fred	Montagem	JHA	Mobilização de guindaste	JHA	Projeto de montagem e de vedação	MM/ATF	ok	
6	Impermeabilização Cobertura Juntas					25/jul	22/jul	Cumeira de alumínio;Manta Butilica;Mastique	JHA/An	Vedação	JHA;LMC	ok		Detalhes	ATF	ok	
7	Montagem de pilares (Etapa 1.2 e 1.3)					25/jul	24/jul	Concreto para solidarização	Cliente	Concretagem	Cliente	Mobilização de guindaste	JHA	Projeto de montagem	MM	ok	
								Cunhas e pilares	JHA/F	Montagem	JHA						
8	Montagem de vigas (Etapa 1.2)					26/jul	25/jul	Concreto de grateamento, neoprene, vigas	JHA/F	Montagem	JHA	Mobilização de guindaste	JHA	Projeto de montagem	MM	ok	
9	Montagem de telhas (Etapa 1.2)					27/jul	26/jul	Neoprene, calafeto interno, telhas	JHA/F	Montagem	JHA	Mobilização de guindaste	JHA	Projeto de montagem e de vedação	MM/ATF	ok	
10	Montagem de pilares (Etapa 1.3 e 1.4)					30/jul	29/jul	Concreto para solidarização	Cliente	Concretagem	Cliente	Mobilização de guindaste	JHA	Projeto de montagem	MM	ok	
								Cunhas e pilares	JHA/F	Montagem	JHA						
11	Montagem de vigas (Etapa 1.3 e 1.4)					2/ago	1/ago	Concreto de grateamento, neoprene, vigas	JHA/F	Montagem	JHA	Mobilização de guindaste	JHA	Projeto de montagem	MM	ok	
12	Montagem de telhas (Etapa 1.3)					3/ago	2/ago	Neoprene, calafeto interno, telhas	JHA/F	Montagem	JHA	Mobilização de guindaste	JHA	Projeto de montagem e de vedação	MM/ATF	ok	
13	Montagem de pilares (Etapa 1.4)					5/ago	4/ago	Concreto para solidarização	Cliente	Concretagem	Cliente	Mobilização de guindaste	JHA	Projeto de montagem	MM	ok	
								Cunhas e pilares	JHA/F	Montagem	JHA						
14	Montagem de vigas (Etapa 1.3)					8/ago	7/ago	Concreto de grateamento, neoprene, vigas	JHA/F	Montagem	JHA	Mobilização de guindaste	JHA	Projeto de montagem	MM	ok	
15	Montagem de telhas (Etapa 1.3)					9/ago	8/ago	Neoprene, calafeto interno, telhas	JHA/F	Montagem	JHA	Mobilização de guindaste	JHA	Projeto de montagem e de vedação	MM/ATF	ok	
16	Montagem de pilares (Etapa 2)					12/ago	11/ago	Concreto para solidarização	Cliente	Concretagem	Cliente	Mobilização de guindaste	JHA	Projeto de montagem	MM	ok	
								Cunhas e pilares	JHA/F	Montagem	JHA						

Figura 6.8 Plano de médio prazo - montagem

Empresa Y		Planejamento de médio prazo										
		Obra: C	Engenheiro de fábrica: Ch	Gerente de suprimentos: Na	Coord. de projeto: MM	Encargado de fábrica: La	Restrições					OK
Descrição da atividade	Data de início	Data limite p/ remoção de restrições	Material		Mão de obra		Projeto		Espaço			
			Restrições	Resp	Restrições	Resp	Restrições	Resp	Restrições	Resp		
1	Fabricação Pilares	Imediato	Imediato	Aço; forma; infável	An; Ch	Armação	Chao	Projeto Individual Pilares	MM			
2	Fabricação Vigas Sup Cobertura	Imediato	Imediato	Aço; forma; protensão				Projeto Individual Vigas	MM			
3	Fabricação Telhas	8/jul	7/jul						MM			
3.1	Programar produção	4/jul	1/jul	ok		ok		Projeto Individual Telha	MM	ok		
3.3	Forma	6/jul	5/jul					ok				
3.4	Armação	8/jul	7/jul	Aço; tela dobrada	An; Ch			ok				
3.5	Protensão	8/jul	7/jul	Cordoalha	An; Ch			ok				
3.6	Concreto	8/jul	7/jul	Cimento; agregados	An; Ch			ok				
3.7	Desforma e Armazenamento			Cepos metálicos	La ;Ch	ok		ok		Estoque		

Figura 6.9 Plano de médio prazo - fabricação

Com relação ao planejamento de médio prazo da montagem, este também foi realizado apenas uma vez. Isso ocorreu por quatro motivos:

- Havia um grande número de restrições relacionadas à mobilização inicial de instalações provisórias, mão de obra, materiais complementares (concreto de grauteamento, neoprene, calafeto interno, entre outros.) e equipamentos para o processo de montagem, mas todas elas deveriam ser removidas dentro do horizonte de seis semanas do primeiro plano;
- Após o início do processo de montagem, restavam restrições relacionadas a projeto, fabricação e transporte, as quais se repetiam todas as semanas. Na percepção da equipe de engenharia, a identificação e remoção destas restrições deveriam ser gerenciadas pelos setores de projeto, fábrica e expedição, respectivamente, já que havia responsáveis por realizar estas atividades de forma permanente na empresa;
- Na percepção de alguns engenheiros, como as obras de montagem de estruturas pré-fabricadas tendem a ser muito rápidas, as restrições poderiam ser identificadas e removidas a partir do plano de longo prazo; e
- A empresa considerou que era difícil envolver o coordenador de projeto, gerente da fábrica, coordenador de obras e encarregado de expedição em reuniões quinzenais de médio prazo para todas as obras.

6.1.2.3 Plano de curto prazo

Em relação ao plano de curto prazo (denominado na empresa de plano de carregamento), esse continuou sendo utilizado pela empresa, conforme a proposta apresentada no item 6.1.1. Entretanto, passou a ter uma frequência e horizonte semanal, sofrendo também modificações no seu conteúdo. Acrescentaram-se na planilha original as seguintes colunas: data realizada, problema, causa, solução e

responsável (Figura 6.10). A nova planilha foi definida a partir de reuniões com diversos envolvidos no processo, sendo a sua versão final aprovada também em uma reunião. A introdução deste nível de planejamento ocorreu não apenas para a obra C, mas também para as demais obras que estavam sendo executadas na empresa. Segundo a diretoria da empresa, essa nova forma de realizar o planejamento de curto prazo era uma melhoria importante, sendo que já existiam propostas anteriores a essa pesquisa para que fosse implementada.

Carga	PEÇAS TRANSPORTADAS	TIPO Com./Ext.	Volume (m ³)	DATA PREVISTA	DATA REALIZADA	PROBLEMA	CAUSA	SOLUÇÃO	Resp.
1	P38A, P39A	Extensível	8,36	28/11/05	28/11/05				
2	P38A, P9A	Extensível	8,29	28/11/05	28/11/05				
3	P42A, P10C, P10C, P10C	Extensível	8,76	28/11/05	28/11/05				
4	P41A, P11A	Extensível	8,29	28/11/05	30/11/05 01/12/05	pilar 11A Saiu da forma no dia 29/11/05			
5	P38A, P39A	Extensível	8,36	28/11/05	29/11/05				
6	P38A, P9A	Extensível	8,29	29/11/05	29/11/05				

Figura 6.10 Extrato do *plano* de curto prazo

Nas reuniões, decidiu-se que cabia aos engenheiros de cada uma das obras gerarem semanalmente, na segunda-feira, o plano referente ao período entre quarta-feira e terça-feira da semana seguinte. Este plano devia ser enviado para o setor de planejamento da empresa para verificar se o plano proposto era exeqüível em termos de fabricação das peças, e para o setor de expedição para verificar a disponibilidade de transporte. Até a quarta-feira, esses setores enviavam uma posição para o engenheiro de obra, que produzia o plano final, o qual era disponibilizado na rede para os principais envolvidos, incluindo o encarregado da expedição e o engenheiro de planejamento. Cabia à pesquisadora monitorar a realização destes planos, gerando indicadores, e fazer algumas recomendações à diretoria técnica para melhorar a implementação deste nível de planejamento.

Foram sugeridos os seguintes indicadores para avaliar a eficácia do plano de carregamento: (a) Percentual de viagens executadas conforme plano (PVECP); (b) Relação entre número de viagens realizadas e planejadas; e (c) Problemas ocorridos no período. O monitoramento da eficácia destes planos por meio de gráficos com os

referidos indicadores foi realizado para todas as obras (inclusive na obra C) no período de novembro de 2005 a março de 2006. Após esse período continuou-se utilizando a planilha apresentada na Figura 6.10, mas sem preenchê-la completamente.

A implementação da nova forma de planejamento de curto prazo foi a mais demorada dentre as ações relativas ao planejamento e controle da produção, tendo alcançado sucesso apenas no mês de novembro de 2005, na terceira etapa da obra. Esta dificuldade ocorreu em função da grande quantidade de pessoas envolvidas nesse processo, incluindo todos os engenheiros de obra da empresa, além dos setores de planejamento da fábrica e expedição.

6.1.2.4 Redução do tamanho do lote

Em função dos problemas decorrentes da falta de definição de lotes, cada uma das três etapas da obra foi subdividida em pequenos lotes, buscando obter um sistema nivelado em termos de demanda, de forma a obter uma adequada utilização da capacidade da fábrica, do sistema de transporte e dos equipamentos de montagem na obra. Também se buscava facilitar o próprio processo montagem, reduzindo a necessidade de movimentação do equipamento e tornar o próprio processo de planejamento e controle mais simples. Para a implementação de pequenos lotes foram elaborados um plano de seqüenciamento, um quadro de montagem e uma Linha de Balanço.

Nas Figura 6.11, Figura 6.12 e Figura 6.13 estão apresentados os planos de seqüenciamento das montagens dos pilares, das vigas e das telhas da etapa 1 da obra, respectivamente.

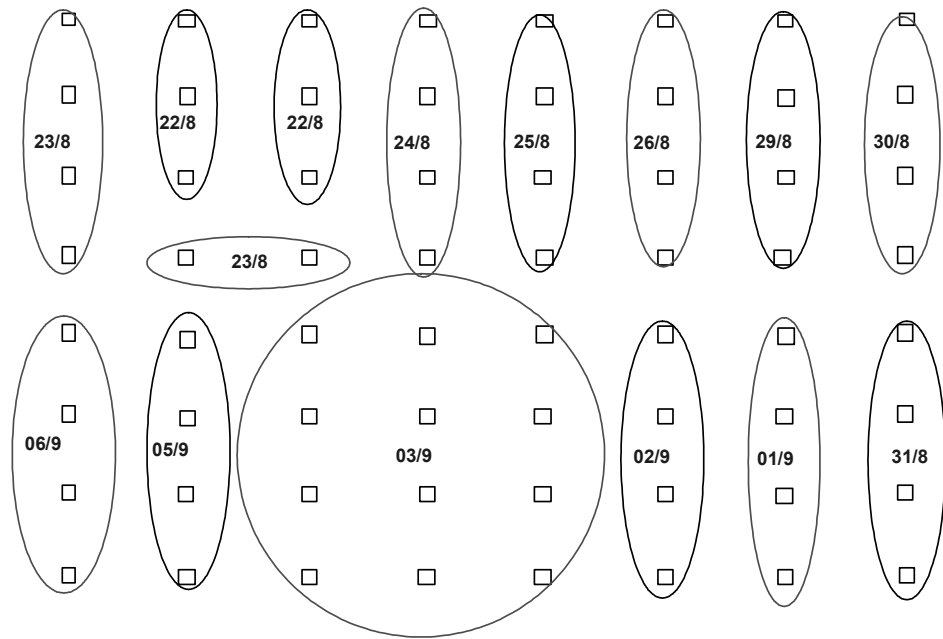


Figura 6.11 Plano de seqüenciamento da montagem dos pilares – Etapa 1

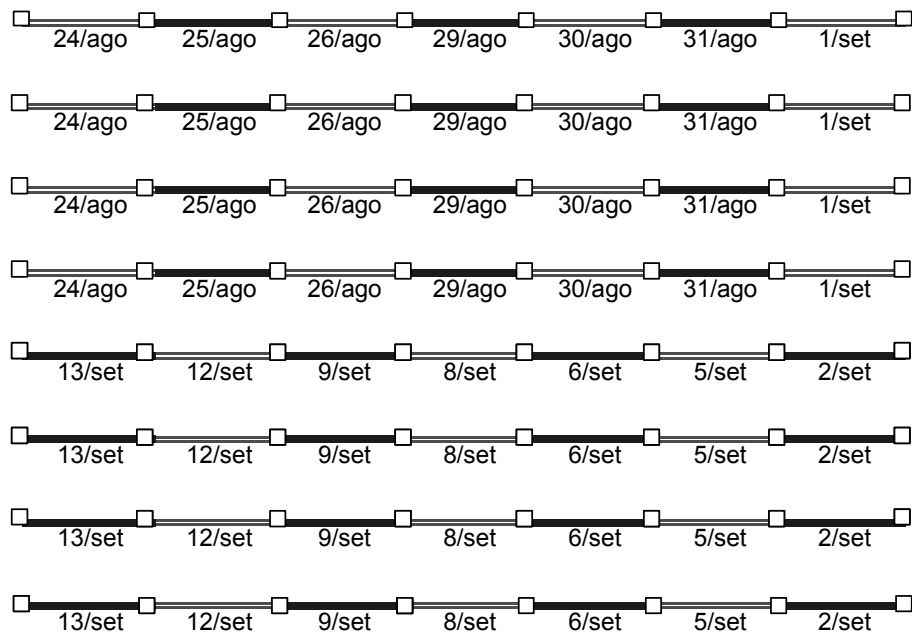


Figura 6.12 Plano de seqüenciamento da montagem das vigas – Etapa 1

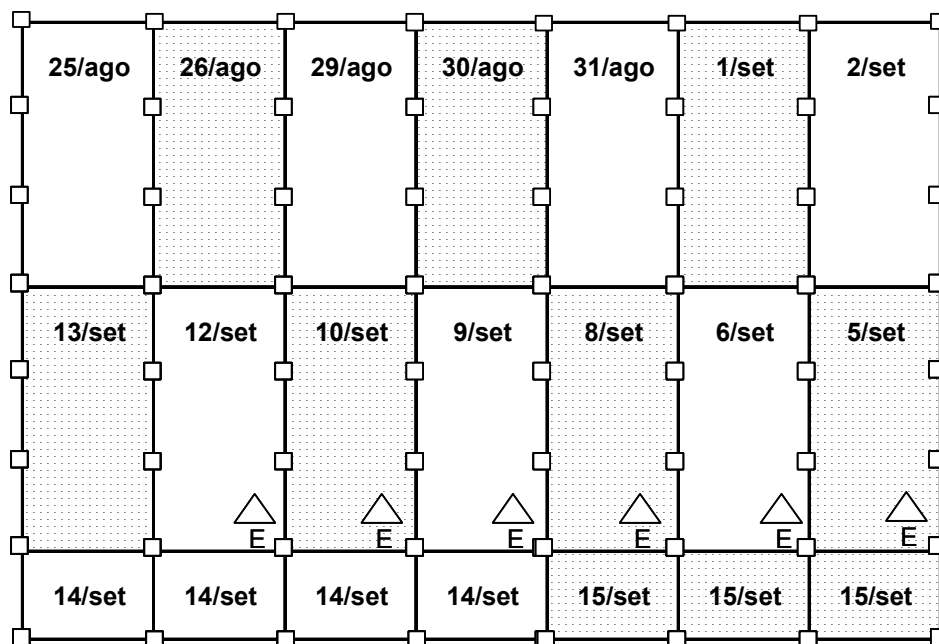


Figura 6.13 Plano de seqüenciamento da montagem das telhas – Etapa 1

Os pilares encontram-se agrupados pelo dia em que seriam montados (Figura 6.11), enquanto as vigas estão representadas pelas linhas horizontais entre os pilares (Figura 6.13), sendo que abaixo de cada uma dessas linhas tem-se a data prevista para a montagem. Por fim, o seqüenciamento das telhas (Figura 6.14), recurso considerado crítico pelo volume, está representado pelas regiões entre os eixos com as respectivas datas de montagem. Além disso, nesta última figura estão representados, também, os locais previstos para estoque de telhas (representados pelos triângulos).

Este plano de seqüenciamento foi elaborado somente para as etapas 1 e 3 da obra. Na etapa 2, correspondente ao mezanino, era necessária a montagem de uma grande variedade de peças com pequena repetitividade (cerca de 6 vezes para cada peça). Em função disso não foi elaborado um croqui, detalhando a posição de cada

lote para essa etapa. Na Figura 6.14 e na Figura 6.15 estão apresentados croquis contendo os planos de seqüenciamento da montagem, da etapa 3.

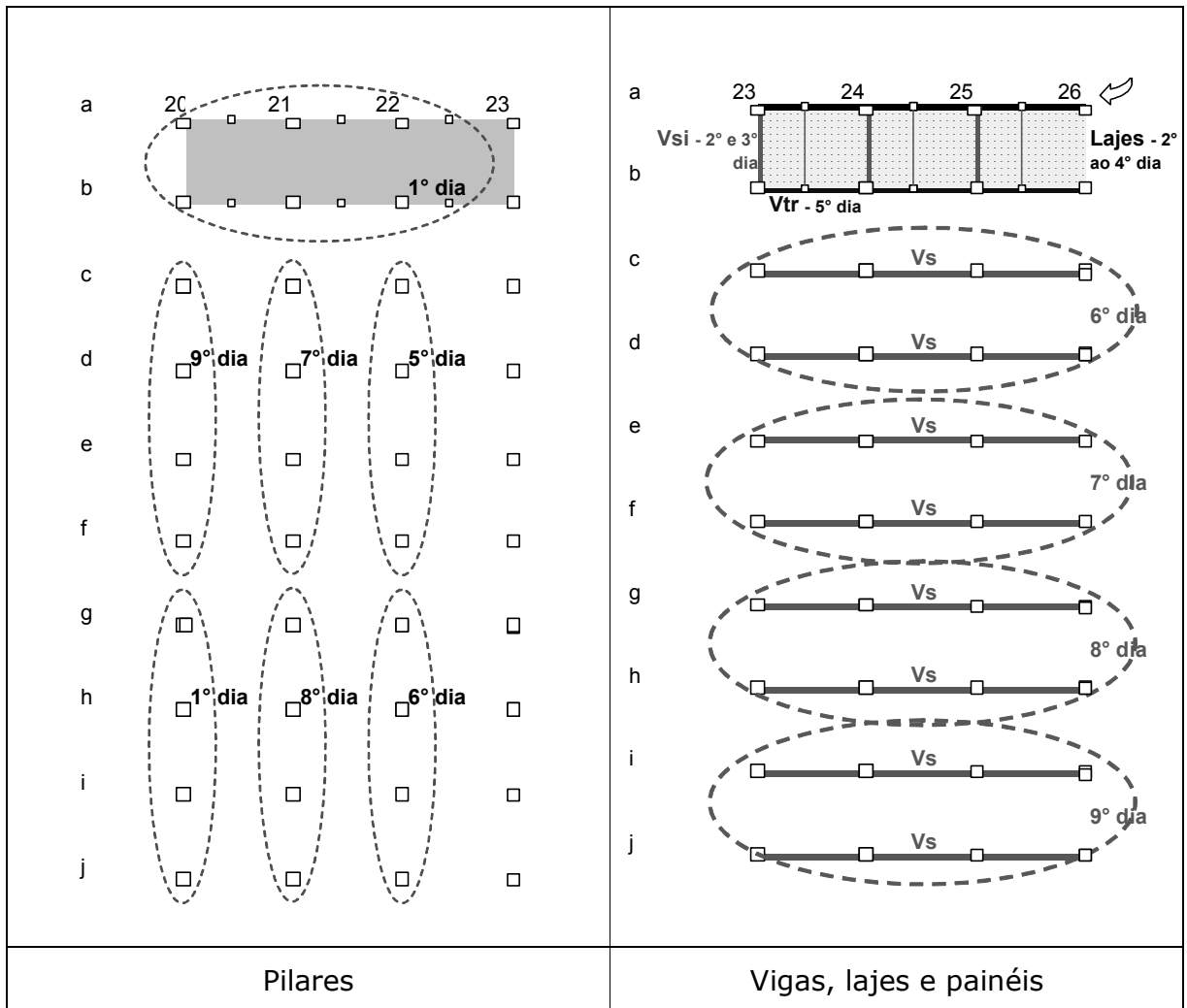


Figura 6.14 Plano de seqüenciamento dos pilares, vigas e painéis – Etapa 3

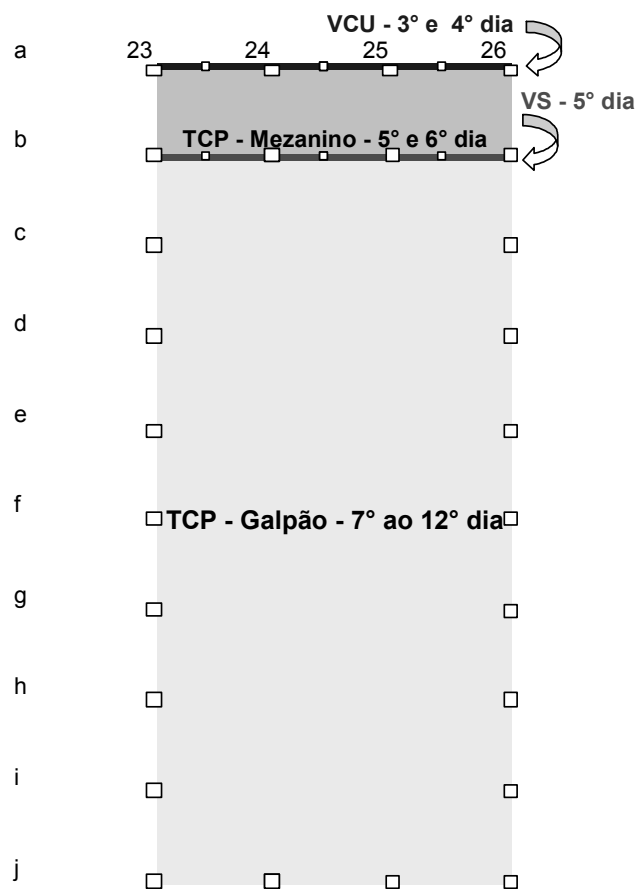


Figura 6.15 Plano de seqüenciamento da cobertura (vigas e telhas) – Etapa 3

Para a definição da quantidade de peças a serem montadas por lote, usou-se os dados dos tempos de montagem por peças cronometrados na obra B (ver Quadro 6.1), pois nessa obra foi usado o mesmo tipo de equipamento. Tinha-se como objetivo reduzir a ociosidade do equipamento de montagem.

Na Figura 6.16, observa-se os lotes de produção planejados para a etapa 1. O lote repetitivo é composto por quatro pilares, quatro vigas e quarenta telhas. Em alguns dias, é necessário produzir lotes diferenciados, em função de elementos construtivos não repetitivos ou da própria seqüência de montagem. Foi também criado um estoque controlado de doze pilares para absorver problemas que poderiam ocorrer no período, tais como, por exemplo, chuvas, falhas no sistema de

transporte e atrasos na fábrica. Segundo o engenheiro coordenador das obras, antes da implantação deste estoque, a montagem das vigas estava com defasagem de apenas um dia em relação aos pilares e, caso ocorresse algum problema e a montagem dos pilares fosse interrompida, isso impossibilitaria a montagem das outras peças, resultando em parada total na obra. Em função disso, foi criado o um estoque controlado de pilares.

Dias	Montagem			Estoque
	P	V	TPC	
22/ago	6			Lotes de produção
23/ago	6			
24/ago	4	4		
25/ago	4	4	40	
26/ago	4	4	40	
27/ago				
28/ago				
29/ago	4	4	40	
30/ago	4	4	40	
31/ago	4	4	40	
1/set	4	4	40	
2/set	4	4	40	
3/set	12			
4/set				
5/set	4	4	44	16
6/set	4	4	44	16
7/set				
8/set		4	44	16
9/set		4	44	16
10/set				
11/set				
12/set		4	44	16
13/set		4	44	18
14/set			65	
15/set			77	
16/set				
17/set				
Total	64	56	686	

P: Pilares V: Vigas TPC: Telhas

Figura 6.16 Quadro resumo de montagem em pequeno lote – Etapa 1

Na Figura 6.16 percebe-se a existência de estoque de telhas na obra, motivado por dois fatores:

- A produção de telhas nas fábricas iniciou com bastante antecedência, em função de limitações de capacidade e da elevada quantidade de peças a produzir (686 só na etapa 1). Assim, uma parte deste estoque deveria ser transferida para a obra; e
- Não sobrecarregar os equipamentos de transporte na fábrica (pontes-rolantes) com a movimentação de telhas do estoque para as carretas.

Na Figura 6.17 observa-se os lotes de produção planejados nas etapas 2 e 3. Conforme citado anteriormente, na etapa 2 não foi possível definir lotes pequenos e repetitivos. Enquanto na etapa 1 a montagem envolvia três tipos de peças (pilares, vigas e telhas), na etapa 2, por ter um mezanino, havia oito tipos diferentes de peças. Nesse caso, o lote de trabalho repetitivo correspondia a um ciclo de três dias, compostos por:

- Primeiro dia: dois pilares, seis lajes de fechamento (painéis), duas vigas calhas, duas vigas suportes e vinte telhas;
- Segundo dia: doze lajes de fechamento (painéis), duas vigas calhas, duas vigas suportes e vinte telhas; e
- Terceiro dia: seis pilares, seis vigas suporte (mezanino), cinco vigas de travamento e trinta e oito lajes (mezanino).

Dias	Montagem							
	P	Vsm	Vtm	L	PA	Vsc	Vsi	TPC
16/set	12							
17/set	6	6	5	47				
18/set								
19/set	2				6	2	2	20
20/set					12	2	2	20
21/set	6	6	5	38				
22/set	2				6	2	2	20
23/set					12	2	2	20
24/set	6	6	5	38				
25/set								
26/set	2				6	2	2	20
27/set					12	2	2	20
28/set	6	6	5	38				
29/set	2				6	2	2	20
30/set					12	2	2	20
1/out	6	6	5	38				
2/out								
3/out	2				6	2	2	20
4/out					12	2	2	20
5/out	6	6	5	38				
6/out	2				6	2	2	20
7/out					12	2	2	20
8/out	6	6	5	42				
9/out								
10/out	6				6	2	2	20
11/out	1				12	2	2	20
12/out								
13/out								75
14/out								75
Total	73	42	35	279	126	28	28	430
Peças	P	VSM	Vtm	L	PA	Vsc	Vsi	TPC

P: Pilares VSM, Vtm, Vsc, Vsi: Vigas L: lajes
PA: Painéis TPC: Telhas

Etapa 2

Dias	Galpão			Mezzanino							
	P	VS	TCP	P	VS	VCU	VSI	VTR	LM	TPC	PA
1						3	3		20		12
2						3	3		20		12
3					3				20		12
4	4							6		21	
5	4	6								21	
6	4	6	50								
7	4	6	50								
8	4	6	50								
9	4		62								
10			62	6							
11			62	6							
Total	24	24	336	12	3	6	6	6	60	42	36

P: Pilares Vs, Vcu, Vtr, Vsi: Vigas LM: lajes
PA: Painéis TPC: Telhas
Dos 3 módulos posteriores

Etapa 3

Figura 6.17 Quadros resumos de montagem em pequeno lote – Etapas 2 e 3

Na etapa 3 definiu-se um lote de trabalho repetitivo para um ciclo de onze dias, nos quais seriam montados módulos de trabalhos compostos por três Eixos (Figura 6.17). A opção de se trabalhar com três Eixos foi devido à necessidade de otimizar o transporte das peças pequenas, necessária para a execução do mezanino. Foi necessário também gerenciar o ritmo de montagem em três eixos, de forma a atender o prazo da obra acordado com o cliente. Usou-se a Linha de Balanço para planejar essa etapa da obra (Figura 6.18).

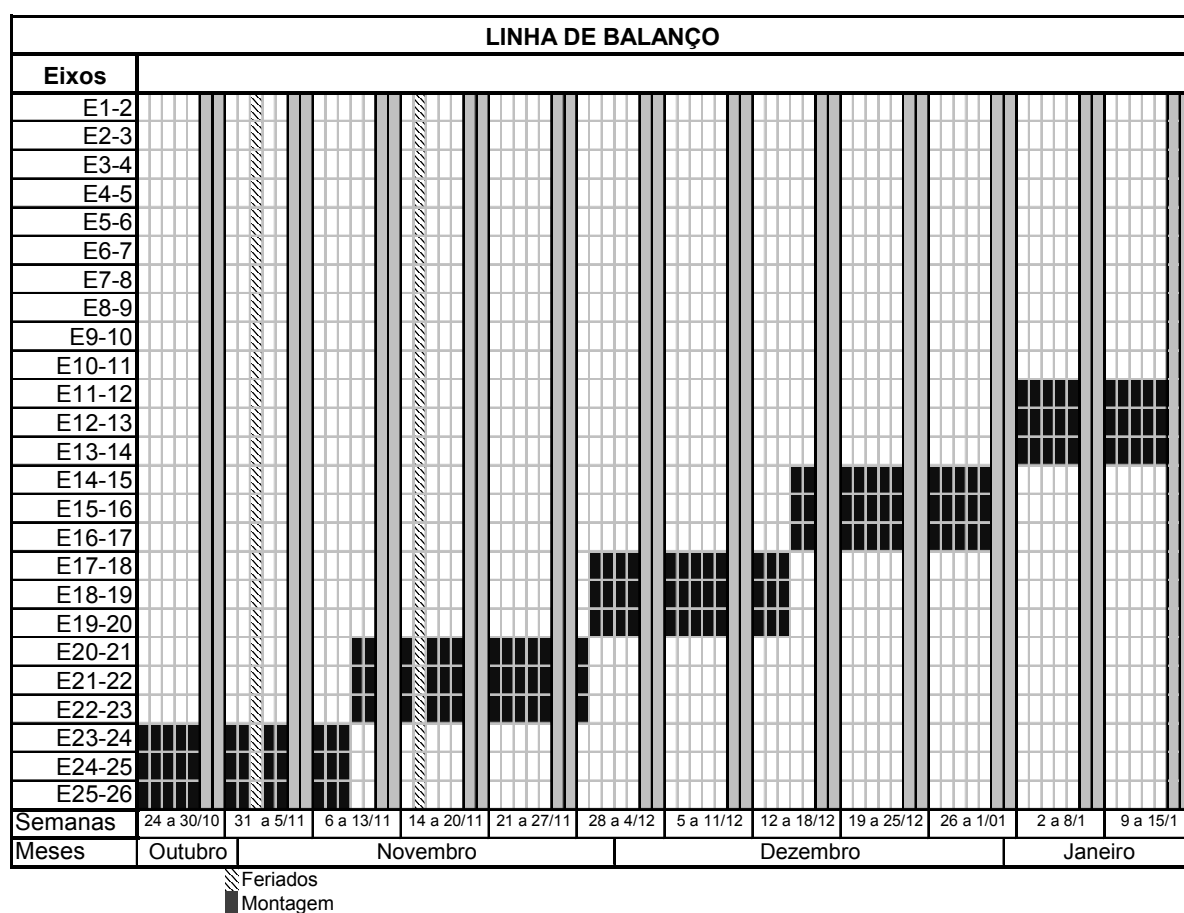


Figura 6.18 Linha de Balanço da Etapa 3

Simultaneamente à elaboração do quadro resumo de montagem elaborou-se o quadro de tempos de montagem, no qual se verifica a adequação da capacidade instalada dos equipamentos em relação ao plano de montagem (Figura 6.19).

Dias	Montagem			Tempos		Tempos totais		Ociosidade
	Pilar	Vigas	Telhas	Processamento	Setup	Minutos	Horas	Horas (10)
29/ago	4	4	40	480	40	520	8,67	1,33
30/ago	4	4	40	480	40	520	8,67	1,33
31/ago	4	4	40	480	40	520	8,67	1,33
1/set	4	4	40	480	40	520	8,67	1,33
2/set	4	4	40	480	40	520	8,67	1,33
3/set	12			480		480	8,00	2,00
4/set								
5/set	4	4	44	496	40	536	8,93	1,07

Figura 6.19 Quadro de tempos de montagem

No quadro apresentado na Figura 6.19 tem-se, além das quantidades de peças a serem montadas por dia (Quadro Resumo de Montagem), os tempos totais necessários para montagem do lote (Proc) e os tempos de *setup*³⁸ e os tempos totais (soma dos tempos totais de montagem por lote e os tempos de *setup*).

Por fim, fez-se uma análise da ociosidade de equipamentos de montagem para o tempo disponível de dez horas trabalhadas por dia. De uma forma geral, constatou-se a falta de conhecimento sobre os tempos reais de montagem de peças pelos equipamentos alocados para as obras, sendo que o plano de carga era feito com base na intuição dos engenheiros e também na capacidade de atendimento da fábrica, sem uma análise detalhada sobre a capacidade dos equipamentos disponibilizados à obra. Em reunião com engenheiros da empresa, estes consideraram 30% como o tempo normal de ociosidade. Segundo os engenheiros, esta ociosidade era necessária em função de problemas de entrega de peças pela fábrica. Contudo, após os estudos dos tempos necessários para montagem das peças na obra, reduziu-se a ociosidade planejada para um nível de 13%.

³⁸ Representa o tempo de preparação necessária para executar a montagem, existente em função da mudança do tipo de peça a ser montada.

Após a definição dos lotes de trabalho e do seu seqüenciamento e das prováveis datas de montagem para a etapa 1, foi realizada a reunião de planejamento de médio prazo para identificação de restrições (ver item 6.1.2.2).

6.1.2.5 Gerenciamento do transporte entre fábricas e obra

Paralelamente à implementação do novo sistema de planejamento e controle e da redução do tamanho do lote, fez-se um esforço para aumentar o grau de padronização das operações do ciclo de montagem na etapa 1 da obra, através da realização de estudos do fluxo de peças das fábricas para a obra. Neste estudo tentou-se sincronizar e reduzir a variabilidade dos fluxos, envolvendo principalmente o setor de expedição das fábricas e o pessoal de transporte. Na Figura 6.20 está apresentado o quadro que contém as informações relativas aos fluxos de descarga e montagem na etapa 1.

Caminhões	Motorista	Origem	Peças	Início	Fim	Duração	Descarga Montagem
Carr 1	José Carlos	F1	Pilares (2)	07:00	07:20	00:20	Descarga
				07:20	07:40	00:20	Set up
Carr 2	João	F2	Telhas (10)	07:40	08:20	00:40	Montagem
Dolly 1	Walderez	F2	Telhas (10)	08:20	09:00	00:40	Montagem
Dolly 2	Donizete	F1	Telhas (10)	09:00	09:40	00:40	Montagem
				09:40	10:00	00:20	Set up
Carr 3	Terc	F1	Vigas (2)	10:00	10:20	00:20	Descarga
			Set up	10:20	10:40	00:20	
Carr 1	José Carlos	F1	Pilares (2)	10:40	12:00	01:20	Montagem
			Almoço	12:00	13:00	01:00	
				13:00	13:20	00:20	Set up
Dolly 2	Donizete	F1	Telhas (10)	13:20	14:00	00:40	Montagem
				14:00	14:20	00:20	Set up
Carr 3	Terceirizado	F1	Vigas (2)	14:20	15:40	01:20	Montagem
			Vigas (2)	15:40	16:40	01:00	Montagem
				16:40	17:00	00:20	Set up
			Pilares (2)	17:00	18:00	01:00	Montagem

Figura 6.20 Quadro de fluxo de descarga e montagem na obra – Etapa 1

Na Figura 6.20 nota-se que foram planejadas diariamente oito viagens de peças para a obra. Para isso, são necessários cinco caminhões para o transporte das peças, sendo que alguns destes devem retornar à fábrica e depois voltam à obra. Além disso, definiu-se uma equipe de transportadores (denominados carreteiros) a serem envolvidos no transporte de peças para a obra, buscando desenvolver um clima de equipe e aumentar o comprometimento das pessoas com o trabalho.

Outros aspectos importantes introduzidos no planejamento dos fluxos, que estão também apresentados na Figura 6.20, foram: a definição da origem das peças (fábrica F1 ou F2); a definição clara das peças a serem transportadas em cada lote e a sua ordem; informações relativas ao horário de início e fim de cada atividade; a natureza da atividade (descarga (D) ou montagem (M)); e a duração das atividades, estimada conjuntamente pelo engenheiro e encarregado da obra. Para a montagem do quadro foram realizadas duas reuniões envolvendo a pesquisadora, o engenheiro de planejamento, o engenheiro de obra e um motorista.

Na Figura 6.21 está apresentado um extrato do quadro que contém as informações relativas ao ciclo de transporte das peças da etapa 1, incluindo, por exemplo, tempo de viagem entre fábrica e obra. Esse quadro serviu de base para discussão com os encarregados pelos transportes e motoristas de carreta.

Caminhões	Peças	Saída Usina	Trajetos Ida	Chegada Obra	Descarga Montagem	Trajetos Volta	Chegada Usina	Carga Usina	Final Carga
Carr 1	Pilares (2)	6:00	1:00	07:00	07:20	1:00	08:20	1:00	09:20
Carr 2	Telhas (10)	5:40	2:00	07:40	08:20	2:00	10:20	1:00	11:20
Dolly 1	Telhas (10)	8:20		08:20	09:00	2:00	11:00	1:00	12:00
Dolly 2	Telhas (10)	8:00	1:00	09:00	09:40	1:00	10:40	1:00	11:40
Carr 3	Vigas (2)	9:00	1:00	10:00	10:20	1:00	11:20	1:00	12:20
Carr 1	Pilares (2)	9:40	1:00	10:40	12:00	1:00	13:00	1:00	14:00
Dolly 2	Telhas (10)	12:20	1:00	13:20	14:00	1:00	15:00	1:00	16:00
Carr 3	Vigas (2)	13:20	1:00	14:20	15:40	1:00	16:40	1:00	17:40

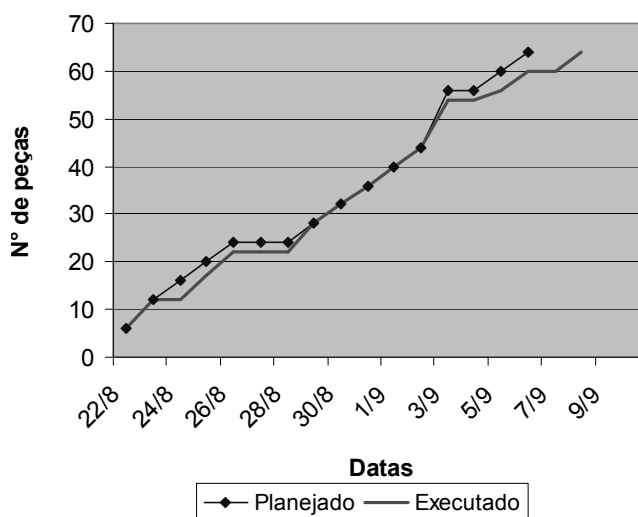
Figura 6.21 Quadro do ciclo de transporte – Etapa 1

6.1.3 Resultado da implementação na obra C

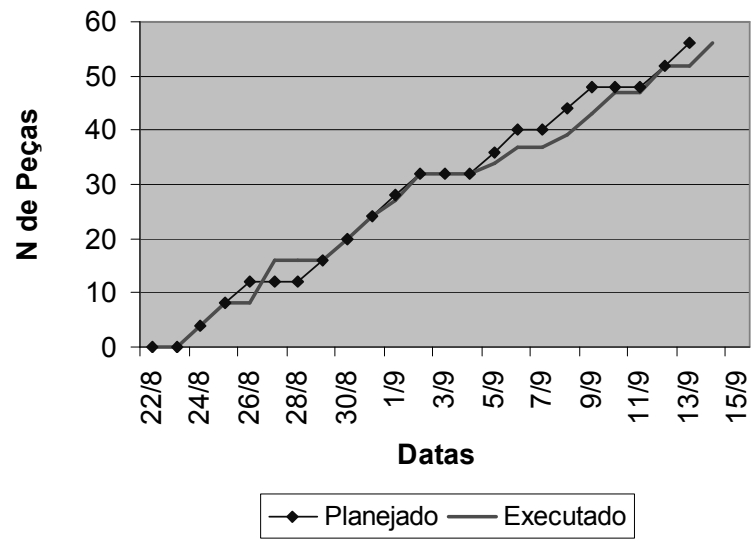
6.1.3.1 Avanço físico

Na etapa 1 da obra, houve uma grande aderência em termos de avanço físico tanto para pilares, como vigas e lajes (Figura 6.22). Por exemplo, na montagem de pilares e vigas foi constatado um atraso de 1 dia em relação ao prazo planejado, que foi recuperado na montagem de lajes.

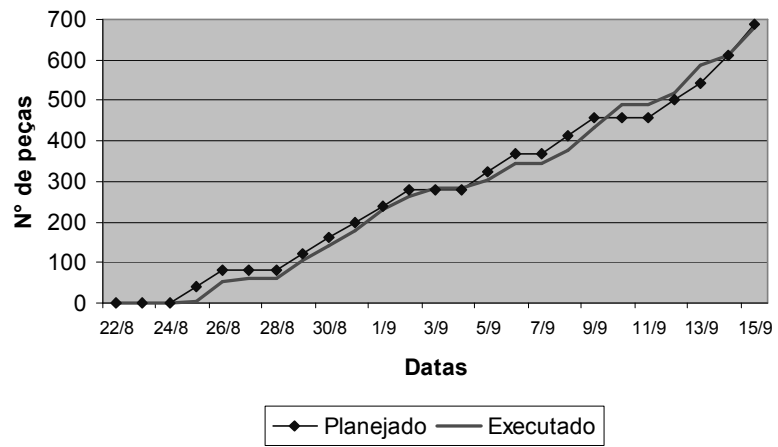
Nas demais etapas a aderência ao avanço físico foi menor – a Figura 6.23, por exemplo, apresenta a comparação entre o número de pilares planejado e realizado na etapa 2. Nesta etapa, houve um atraso de dezoito dias em relação à data de entrega planejada. Em compensação, houve a antecipação da montagem de algumas peças referentes à etapa 3. Ao final, a obra foi entregue dentro dos prazos contratuais estabelecidos com o cliente.



(a) pilares



(b) Vigas



(c) Telhas

Figura 6.22 Avanço físico da montagem dos pilares, vigas e telhas na Etapa 1

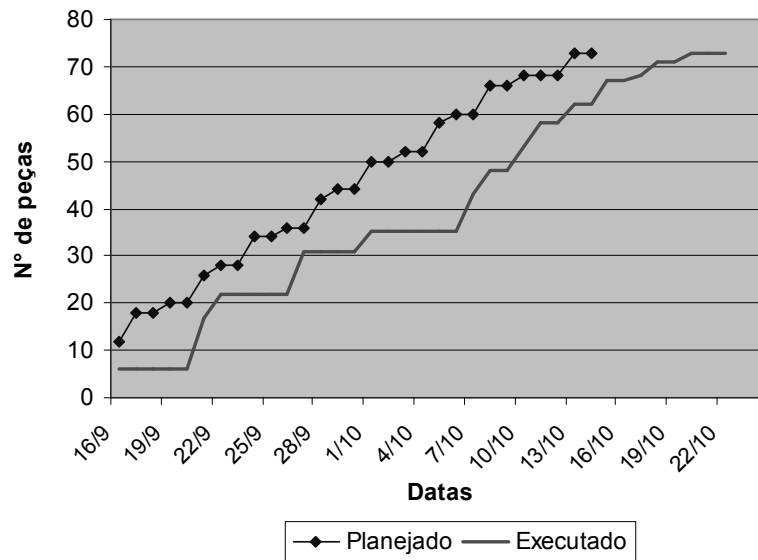


Figura 6.23 Avanço físico da montagem dos pilares na Etapa 2

6.1.3.2 Implementação do pequeno lote

Para a análise de aderência do processo de montagem ao lote planejado, foram gerados gráficos, a partir dos quais pode ser calculado um indicador de aderência por peça e por lote.

6.1.3.2.1 Etapa 1

A Figura 6.24 apresenta o gráfico de aderência dos pilares em relação ao lote planejado para a etapa 1, enquanto a Figura 6.25 apresenta este mesmo gráfico para vigas na mesma etapa.

Em relação aos pilares, cerca de 70% (44 de um total de 64) foram montados exatamente na data planejada. Considerando os lotes de pilares, o índice de aderência foi de 54%, ou seja, dos 13 lotes planejados somente 7 foram exatamente montados como previsto. Porém, ao se observar a Figura 6.24

constata-se que houve efetivamente uma redução no tamanho do lote, em relação à obra B, e que a seqüência de execução seguiu o plano proposto.

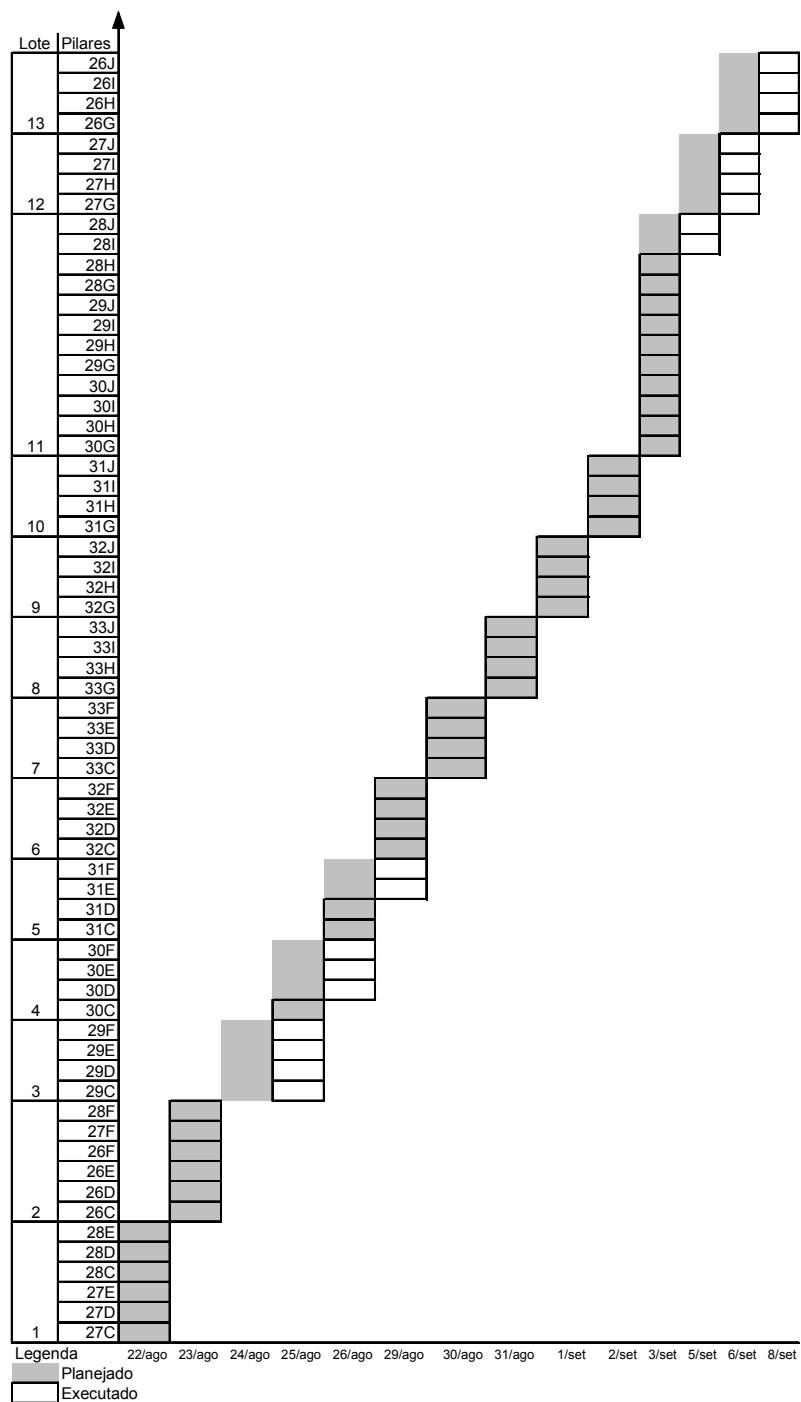


Figura 6.24 Aderência da montagem dos pilares em relação ao lote planejado na etapa 1

Ainda em relação à Figura 6.24, pode-se observar que no dia 24/08 nenhum pilar foi montado. Isso ocorreu por problemas com o guindaste, que ficou metade do dia sem operar em função de um problema pessoal com um dos motoristas de carreta, que causou um atraso na chegada das peças à obra. Porém esse atraso foi compensado e em três dias retomou-se ao plano original.

A aderência da montagem das vigas ao plano proposto foi bem mais baixa, conforme indica a Figura 6.25. Das 56 vigas, 28 (50%) foram montadas exatamente nas datas previstas. Em relação aos lotes, dos 14 planejados, apenas 4 foram executados conforme o plano, resultando num índice de aderência de 29%. Além do mais, observa-se uma tendência a alterar a seqüência de execução e aumentar o tamanho do lote a partir da semana 10 (5 de setembro). A principal razão para estes problemas foi falta de compreensão por parte da equipe de montagem e do encarregado da expedição sobre a importância da aderência ao lote. Em função disto, foram realizadas reuniões com os envolvidos para esclarecimentos.

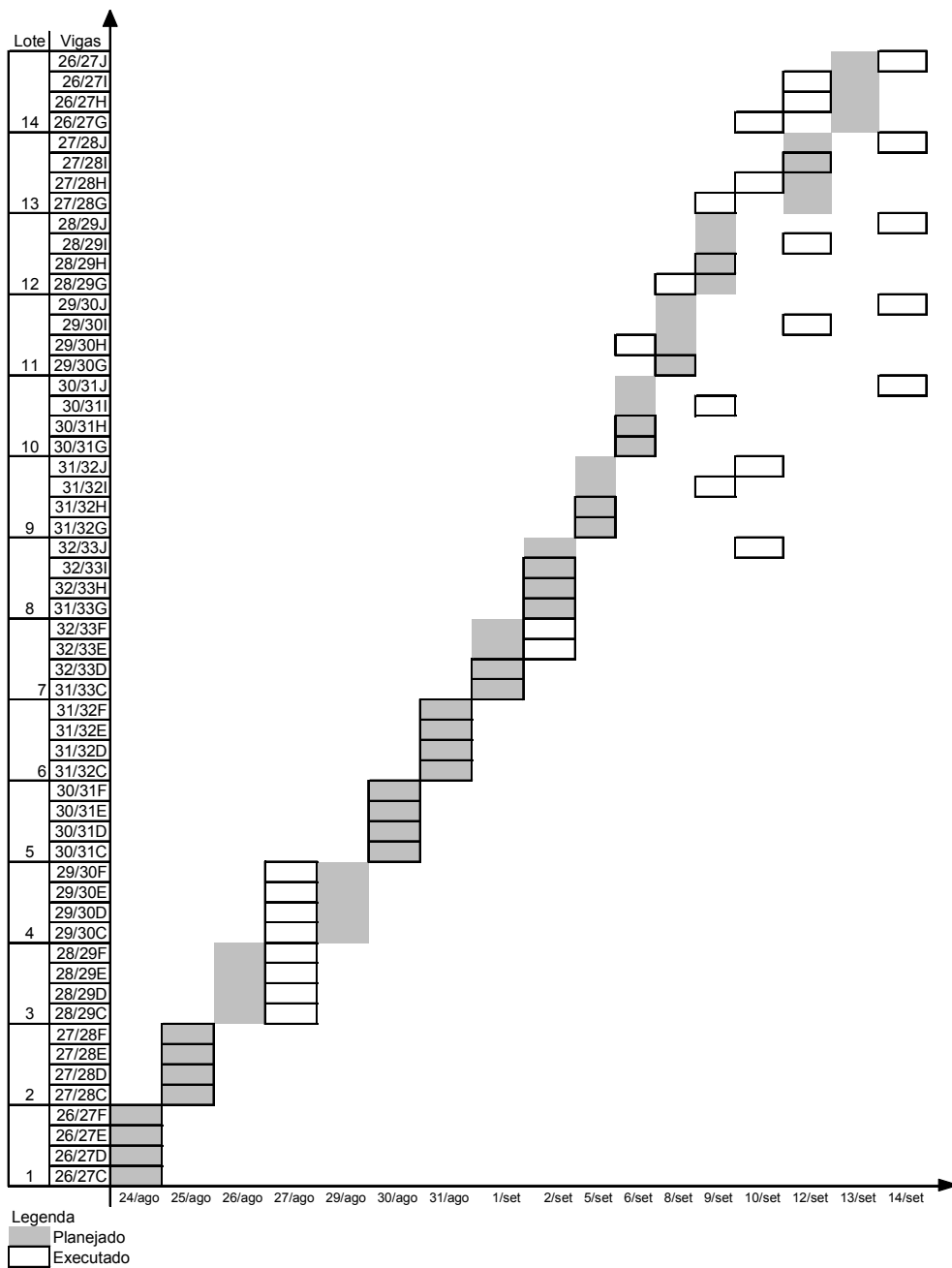


Figura 6.25 Aderência da montagem das vigas em relação ao lote planejado na etapa 1

Com relação à montagem das telhas na etapa 1, não houve um acompanhamento diário das peças montadas, mas somente em termos de quantidades totais. Isso

aconteceu por dois motivos: (a) as peças são todas iguais, não sendo numeradas; (b) é difícil monitorar a sua montagem pelo elevado número de peças (686). Além disto, como a telha é o último elemento a ser montado na estrutura, eventuais mudanças na composição do lote não interferem na montagem de outros elementos. Porém, no caso das telhas, era importante se ter pouca variabilidade na quantidade de peças montadas diariamente para evitar sobrecarga nos equipamentos da fábrica. A Figura 6.26 apresenta uma comparação entre o número de telhas efetivamente montadas e o que havia sido planejado. Em que pese a existência de alguma variabilidade no número de peças montadas diariamente, esta impactou pouco a produção na fábrica, uma vez que havia uma boa aderência em termos de avanço físico acumulado (Figura 6.22(c)).

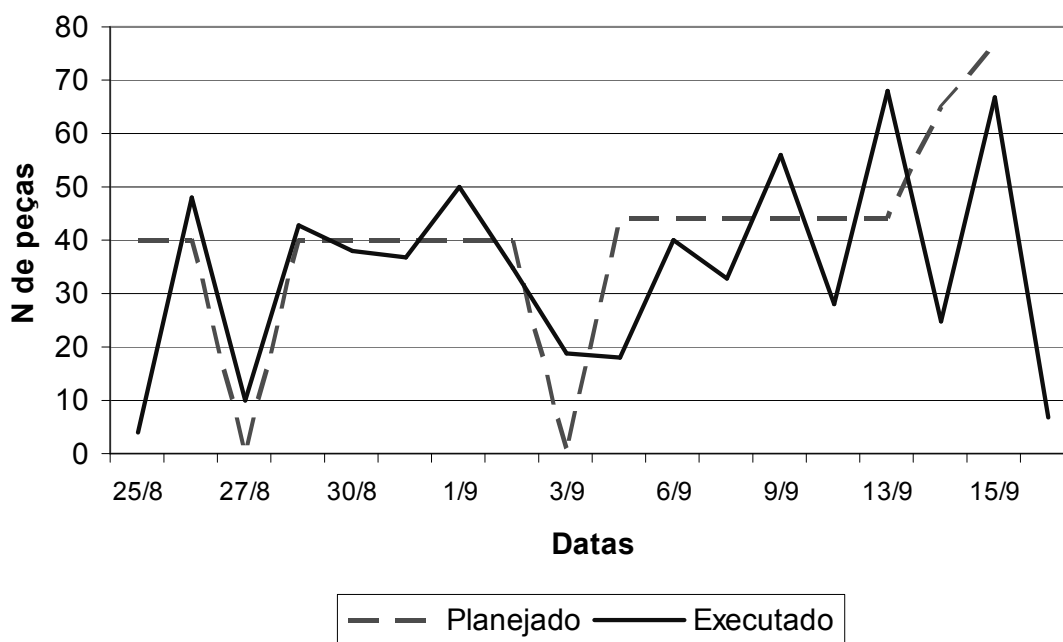


Figura 6.26 Número de telhas montadas por dia na etapa 1

A Figura 6.27 ilustra o sucesso na implementação do lote pequeno na etapa 1, chamando a atenção para a diferença entre as estratégias adotadas para a montagem da estrutura pela empresa B e pela outra empresa, responsável pelo

contrato 2 da mesma obra – nesta última havia um número muito grande de pilares montados esperando pela montagem de vigas e lajes.



(a) Pequeno lote de montagem da estrutura



(b) Comparação da estratégia de montagem entre os contratos 1 e 2 da Obra C

Figura 6.27 Evidências da redução do tamanho do lote na montagem da estrutura na etapa 1

6.1.3.2.2 Etapa 2

Na etapa 2 da obra, de uma forma geral, observou-se uma redução muito grande da aderência aos lotes de montagem planejados. Além do mais, houve uma grande sobreposição entre as etapas 2 e 3: nesse período foram montados antecipadamente 28 pilares da etapa 3 e foi criado um estoque não planejado de telhas na obra.

O problema mais significativo que ocorreu nessa etapa da obra foi a falta de peças pré-fabricadas em função de atrasos no projeto. No fim da segunda etapa, foi realizada uma reunião com o coordenador de projetos da empresa para discutir este problema, na qual se utilizou a técnica dos 5 Porquês para melhor identificar as suas causas. Ao fim dos ciclos de perguntas, concluiu-se que a principal causa raiz foi o não envolvimento do projetista na definição da seqüência de peças a serem montadas, apesar de ter sido comunicado formalmente sobre as necessidades da montagem. Além disto, constatou-se que o escritório de projeto externo estava sobrecarregado de trabalho em função de vários projetos contratados, inclusive pela própria Empresa B. Houve também alguns atrasos em função da falta de informações para concluir o projeto referente a peças que se localizavam no limite entre o contrato 1, executado pela Empresa B, e o contrato 2, realizado por outra empresa.

Foram também detectados problemas relacionados à ocorrência de chuva em treze dias. A chuva não acarretou a parada total da montagem, mas reduziu o índice de peças montadas por dia. Em caso de chuva forte o processo de montagem de pilares era totalmente interrompido, pois os blocos da fundação ficam cheios de água.

Finalmente, o andamento da obra foi afetado pela quebra do guindaste, que ficou parado por 14 dias. Foi necessário locar outros equipamentos para substituí-lo. Como a capacidade de carga dos equipamentos disponíveis no mercado era menor,

foram inicialmente locados dois equipamentos, que, em conjunto, tinham capacidade para montar as peças maiores e mais pesadas. Depois de algumas semanas, o setor de planejamento de empresa, temendo atraso na montagem, decidiu locar o terceiro equipamento para a colocação das peças leves. Tais eventos resultaram na necessidade de mudanças no seqüenciamento e no ritmo da montagem.

6.1.3.2.3 Etapa 3

Para a etapa 3, planejaram-se lotes de três módulos da estrutura, com tempo de ciclo planejado de 11 dias. Ao contrário da etapa 2, foram reduzidos os problemas de projeto, pois os lotes eram bastante repetitivos e a produção de peças nas fábricas também havia entrado num ritmo mais estável, tendo melhores condições para atender as necessidades da obra.

Entretanto, em que pese haver uma boa aderência em relação ao lote como um todo, a aderência em relação à seqüência planejada de peças foi ainda mais baixa que na etapa 2. Em geral, a seqüência interna de cada lote era definida pelo engenheiro de obra no momento de fazer o plano de carregamento. Diversas razões podem ser apontadas para estas mudanças:

- Decidiu-se locar um guindaste adicional para a montagem de peças menores, sempre que o guindaste principal precisasse montar os painéis de vedação, que eram peças pesadas e cuja posição demandava um longo tempo de *set up* do equipamento. Apesar de não ser necessário alterar o tamanho do lote, esta mudança provocou uma mudança no seqüenciamento da montagem de peças. Este equipamento adicional ficou cerca de vinte dias na obra, tendo aumentado o nível de ociosidade dos equipamentos em relação ao sistema projetado;
- O cliente solicitou a redução do pé-direito do mezanino da etapa 3, tornando necessária a inclusão de uma rampa, que necessitou ser projetada;

- O cliente solicitou um aumento do tamanho do lote de três para cinco módulos, em reunião com o diretor geral empresa e o engenheiro da obra. Segundo o engenheiro da obra, não houve um motivo claro para essa solicitação, mas apenas uma preferência por parte do cliente em relação ao lote de cinco módulos. Este fato foi bastante discutido na empresa pela pesquisadora com o engenheiro de obra, coordenador de planejamento e diretor técnico da empresa, pois essa solicitação não foi devidamente questionada pela empresa, indicando que o engenheiro da obra ainda não havia sido convencido dos benefícios da redução do tamanho do lote. Em função desta mudança os lotes foram re-planejados pela pesquisadora, mas a definição da seqüência das peças dentro de cada lote continuava a ser definida pelo engenheiro;
- Alguns problemas eventuais com chuva e quebra de equipamento também ocorreram durante esta etapa.

6.1.3.3 Monitoramento do plano de carregamento

O cumprimento do plano de carregamento foi monitorado durante um período de quinze semanas na etapa 3, entre 28/11/2005 a 12/03/ 2006. Alguns dos diagramas e indicadores utilizados neste item podem indiretamente medir a eficácia da fábrica, incluindo o setor de expedição em relação às demandas da obra.

A Figura 6.28 apresenta uma comparação entre o número de viagens solicitadas pelo engenheiro de obra e realizadas semanalmente. Nota-se que em algumas semanas não se planejou viagens. Isto ocorreu em função da existência de muitos pedidos em atraso, sendo que, nesses casos, o engenheiro da obra apenas solicitava que fossem apenas enviadas as cargas atrasadas à obra.

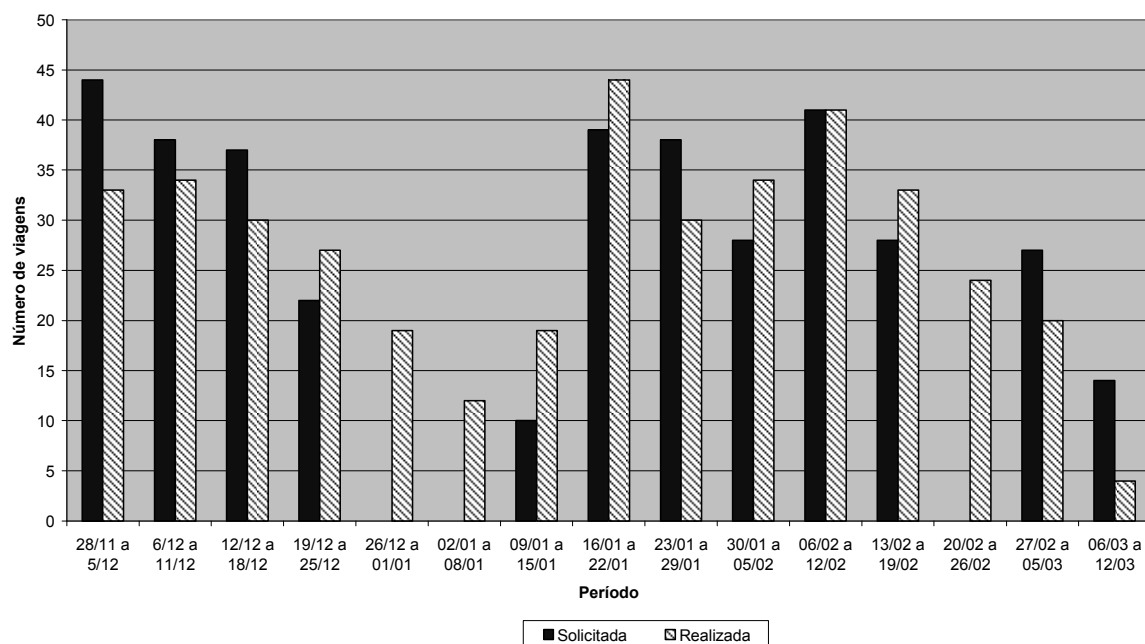


Figura 6.28 Relação entre viagens solicitadas e realizadas (em quantidade)

A Figura 6.29 apresenta, em mais detalhe, a relação entre o número de viagens demandadas pela obra e aquelas efetivamente realizadas, sendo que as viagens realizadas foram classificadas em realizadas conforme o plano, atrasadas e adiantadas. No período observado foram planejadas 366 viagens e realizadas 404, sendo que apenas 59 viagens ocorreram conforme o plano, 251 foram viagens atrasadas e 94 adiantadas. Assim, foram realizadas 38 viagens a mais que o planejado. Essa diferença é uma consequência do esforço adicional realizado pela empresa para recuperar o atraso ocorrido na etapa 2.

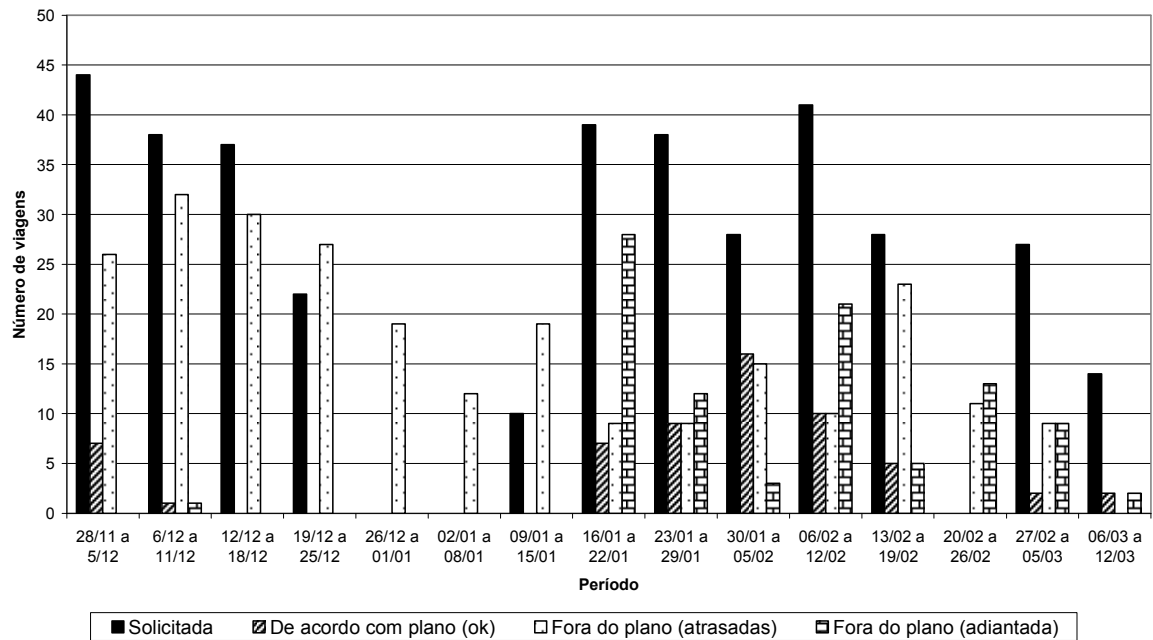


Figura 6.29 Relação entre viagens solicitadas e realizadas (de acordo com o plano, atrasadas e adiantadas)

No período observado mediu-se também o Percentual de Viagens Executadas Conforme Plano (PVECP), apresentado na Figura 6.30. Obteve-se o indicador geral de 16% (59 viagens em relação a 366 previstas). Apesar da elevada variabilidade deste indicador, observa-se uma leve tendência de crescimento do PVECP, que pode ser observada pela inclinação positiva da média acumulada.

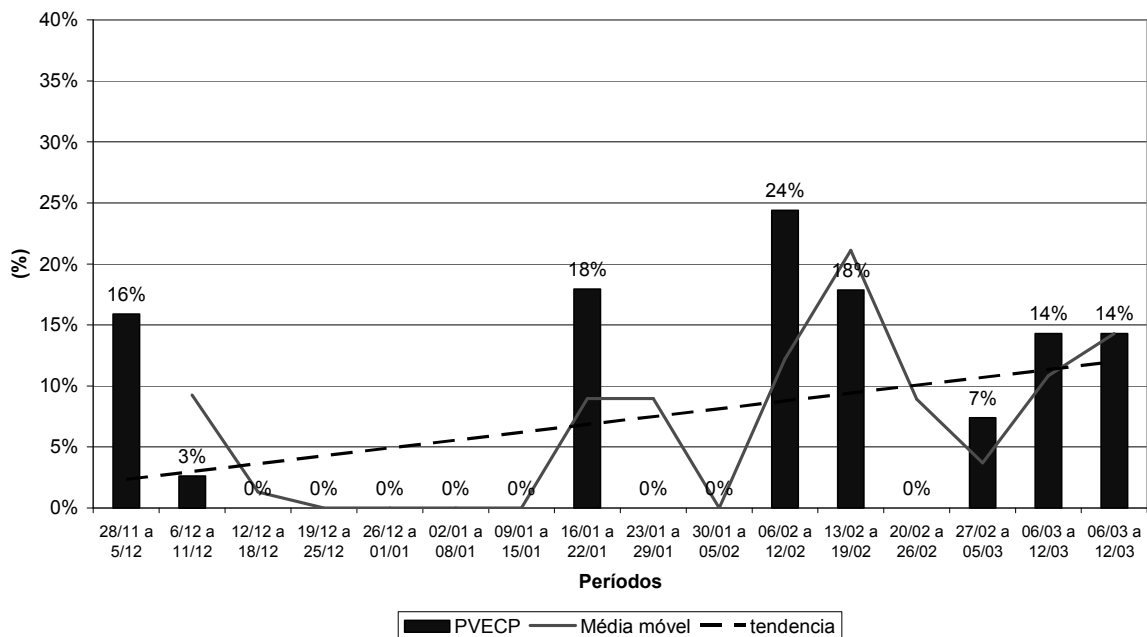


Figura 6.30 Percentual de Viagens Executadas Conforme Plano (PVECP)

O PVECP é um indicador de aderência do setor de expedição ao plano de carregamento semanal enviado pela obra, podendo ser usado para medir a eficácia do planejamento. Entretanto, ao contrário do PPC, não avalia a eficácia do planejamento de curto prazo na obra, mas a eficácia da fábrica, incluindo o setor de expedição, em atender às demandas da obra. Indiretamente o PVECP mede a eficácia do planejamento de curto prazo, já que as peças enviadas à obra normalmente são montadas no mesmo dia.

Nos casos de não aderência à demanda, caberia ao encarregado de expedição identificar e registrar os problemas que acarretaram a não realização de uma viagem conforme solicitada. Entretanto, nesse período foram registradas apenas dezenove ocorrências de problemas: seis relativos à falta de peças na F2, sete relativos à mudança na programação, três relativos à falta de peças na F1, dois relativos à falta de caminhão para transporte e um relativo a peça danificada em

acidente. Segundo o próprio encarregado da expedição, ele não tinha tempo nem disponibilidade para realizar esta análise de causas.

Após o período de coleta destes dados por parte da pesquisadora, a nova versão da planilha para elaboração do plano de carregamento deixou de ser integralmente preenchida pela obra, indicando que a empresa apresentava dificuldades para a implementação integral das melhorias propostas. Chama-se a atenção também para o fato de que nenhum profissional foi designado para realizar o processamento e análise dos dados gerados a partir do plano de carga, que era realizado pela pesquisadora para todas as obras da empresa.

6.1.3.4 Gestão dos fluxos de transporte entre as fábricas e a obra

O esforço de gestão dos fluxos de peças entre as fábricas e a obra, por meio da planilha apresentada na Figura 6.21, foi implementado parcialmente apenas na etapa 1 da obra, devido à baixa aderência do processo de montagem aos lotes planejados, principalmente nas etapas 2 e 3.

6.1.4 Comparação entre as fases 1 e 2 do estudo empírico

Foram realizadas duas comparações entre as obras B e C, visando avaliar os benefícios alcançados com o processo de implementação na fase 2 deste estudo empírico: (a) diferença entre o tempo total de montagem e o tempo de agregação de valor, com base no Mapa de Fluxo de Valor; e (b) índice de produtividade.

6.1.4.1 Mapa do Fluxo de Valor

A Figura 6.31 apresenta o Mapa do Fluxo de Valor (MFV) real da obra C, cuja estrutura é semelhante à utilizada para a obra B (Figura 6.2).

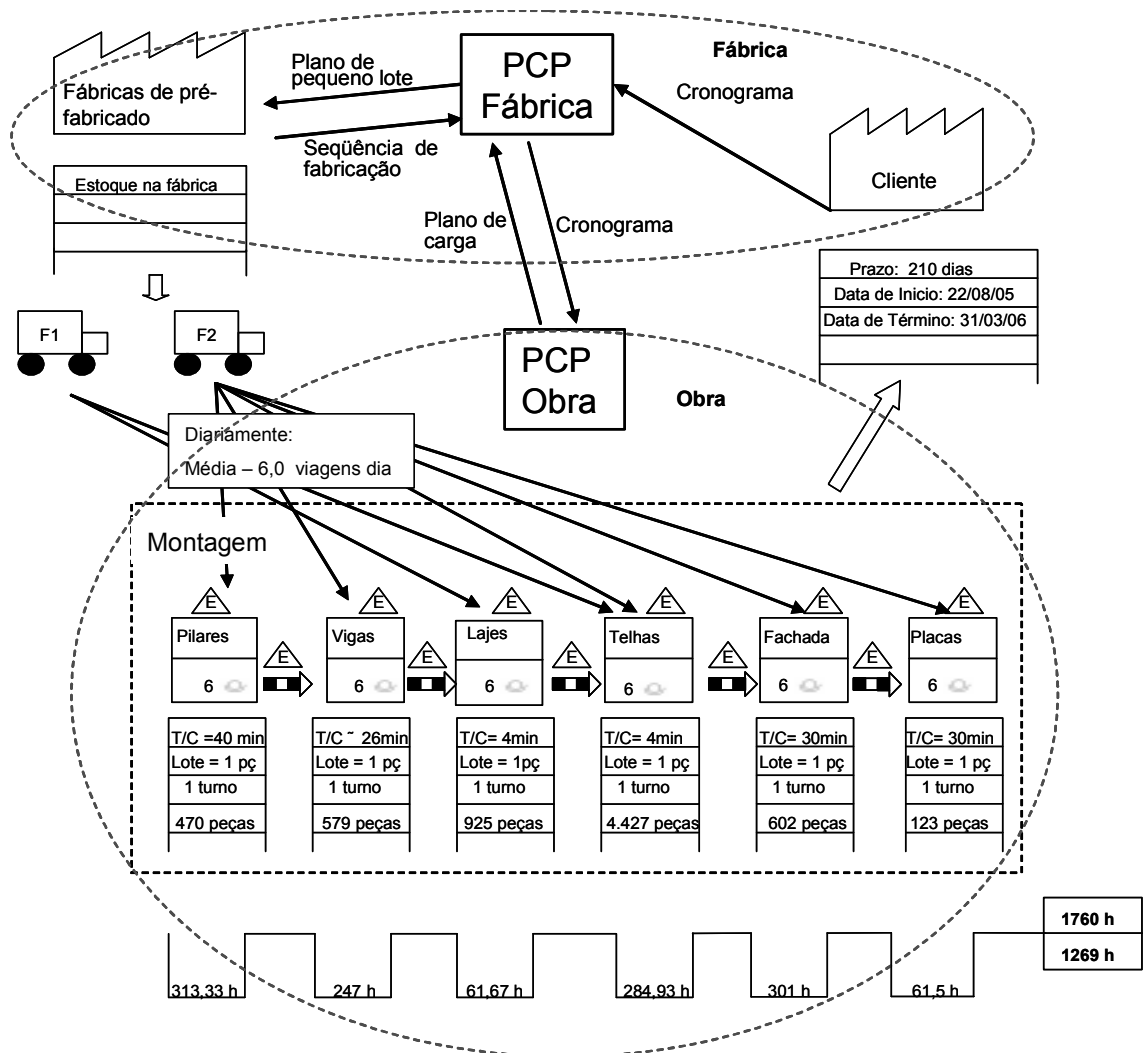


Figura 6.31 MVF do processo de montagem da obra C

Na obra C, foram considerados como subprocessos as montagens das diferentes peças: pilares, vigas, lajes, telhas, painéis de fachada e placas (Figura 6.31). Para os dados referentes aos tempos de ciclo (T/C), contidos na caixa de dados, foram usados os mesmos valores obtidos na obra B para as peças semelhantes e medidos novos T/C para as peças que não existiam na outra obra. O processo de medida do T/C na obra C foi semelhante à realizada na obra B. Da mesma forma que na obra B, também não puderam ser obtidos os dados referentes aos estoques em processo na obra C. Assim, usou-se a data real de entrega da obra como o *lead time* (LT), ou

seja, 176 dias trabalhados (descontando fins de semana e feriados) multiplicado por 10 horas de trabalho por dia, resultando em um LT de 1760h.

A linha de tempo, desenhada abaixo das caixas de dados, registra apenas o Tempo de Agregação de Valor (TAV), cujos valores estão apresentados no Quadro 6.2. Neste quadro, nota-se que existem quatro tipos de vigas, com dois T/C distintos, sendo que o valor de T/C adotado na Figura 6.31 é a média ponderada dos T/C de 30 min e 20 min.

Quadro 6.2 Memória de cálculo do Tempo de Agregação de Valor – Obra C

Peças	Pilares	Vigas		Lajes	Telhas	Fachada - LF	Placa - Lp
		VSG	VSM, VCU, VSI				
Número de peças	470	324	255	925	4274	602	123
Tempo de ciclo (minutos)	40	30	20	4	4	30	30
Tempo de Agregação de Valor (minutos)	18800	9720	5100	3700	17096	18060	3690
Tempo de Agregação de Valor (horas)	313,33	162,00	85,00	61,67	284,93	301,00	61,50
Total (horas)	1269,43						

A diferença entre o tempo total de construção e o tempo gasto em processamento foi de 491 h (72%) na obra C. Esses valores representam um aumento de 45% em relação ao percentual obtido no MFV da obra B (27%). Essa melhoria ocorreu, principalmente, devido a:

(a) Redução do estoque de peças: enquanto na obra B havia grandes quantidades de peças estocadas no canteiro, na obra C os estoques de peças foram dimensionados para proteger a produção quanto a incertezas que existiam no envio de peças pelas fábricas. Foi planejado em cada etapa um estoque controlado – por exemplo, na etapa 1 havia um estoque controlado de dozes pilares;

(b) Redução do estoque em processo: na obra C foi possível reduzir o tamanho dos lotes de produção, contribuindo para reduzir o estoque em processo. Na etapa 3 da obra o lote, que correspondia a 11 dias, foi maior que o planejado inicialmente, mas isto havia sido previsto antes do início da montagem da etapa.

6.1.4.2 Aumento da produtividade

Na obra C foi utilizado um equipamento semelhante àquele disponível na obra B. Entretanto, na primeira foram necessárias 2.120 horas de equipamento, valor bastante inferior às 4.480 horas de equipamento estimadas no orçamento. Em termos de produção, alcançou-se 4,81 m³ de peças montadas por hora de equipamento, muito superior ao valor orçado de 2,27 m³/h e também ao valor de 1,04 m³/h alcançado na obra B. Isso representou um aumento de produtividade de cerca de 112% em relação ao orçamento e 363% em relação à obra B (Figura 6.32).

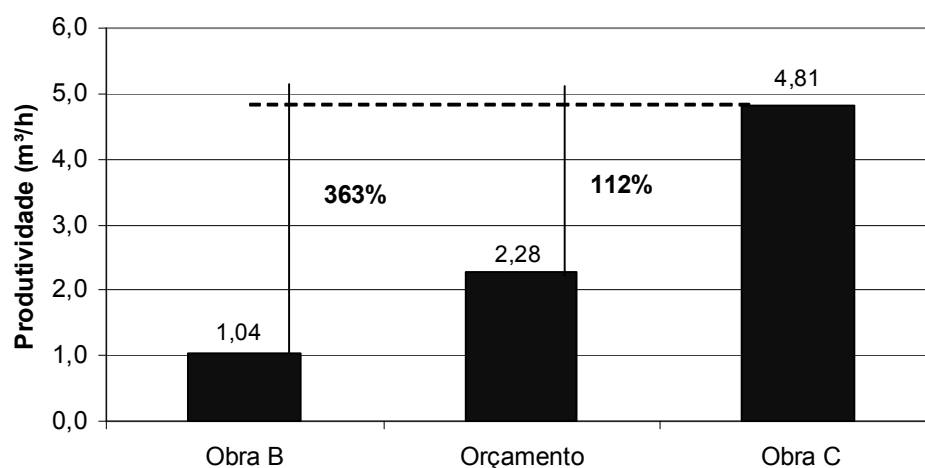


Figura 6.32 Aumento da produtividade na obra C

Em função deste aumento de produtividade foi possível executar a obra C com apenas um equipamento, à exceção de alguns períodos breves nos quais foi necessário alugar alguns equipamentos adicionais. Isto representou uma grande economia de custos em relação ao orçamento, já que estavam previstos dois equipamentos. Esta redução de custos também contrasta com o contrato 2 da obra C, no qual normalmente eram utilizados 3 equipamentos de montagem de grande porte simultaneamente.

Pode ser salientada a contribuição dos seguintes fatores para este aumento de eficiência, em relação à obra B: (a) redução da necessidade de movimento do guindaste em função dos lotes menores e da definição da seqüência de montagem

detalhada; (b) menor espera das equipes de montagem por peças da fábrica (quando essa atrasava) devido ao estoque controlado de peças planejado; (c) efeito aprendizagem em relação ao processo de montagem devido à maior repetitividade do trabalho, em função do lote pequeno; e (d) mais facilidade para identificação e solução de problemas, apesar das limitações decorrentes da falta de análise sistemática das causas.

6.1.5 Análise dos resultados

A seguir faz-se a análise dos resultados do estudo em relação às proposições de pesquisas apresentadas no Capítulo 4. Neste estudo as proposições eram referentes à implementação de melhorias no projeto, na fábrica, no transporte e na montagem; ao uso do processo de planejamento e controle da produção para criar estabilidade básica; e à redução do lote.

6.1.5.1 Implementação de melhorias considerando o sistema fábrica-transporte-montagem

Na fase 2 deste estudo empírico foi proposto um conjunto de ações para a implementação do fluxo contínuo, por meio das quais se buscou introduzir, de uma forma sistêmica, melhorias na gestão da produção de peças pré-moldadas na fábrica, dos fluxos de transporte entre as fábricas e a obra e da montagem da estrutura na obra (sistema fábrica-transporte-obra).

O planejamento de longo prazo envolveu a elaboração de um plano que integra atividades relacionadas ao projeto estrutural, produção em fábrica e a montagem da estrutura na obra. Neste nível de planejamento, a obra é dividida em grandes etapas, que definem um primeiro seqüenciamento de produção de peças.

Para cada uma das grandes etapas da obra, foram definidos lotes pequenos e repetitivos, que consideram a necessidade de utilizar a capacidade da fábrica e da equipe de montagem de forma balanceada. Desta forma, evitam-se problemas como, por exemplo, a necessidade de montar um grande número de telhas em um mesmo dia, já que a movimentação deste tipo de peça na fábrica requer muita capacidade dos equipamentos de transporte.

A partir da definição dos lotes de produção, pode-se iniciar o planejamento de médio prazo, através do qual pode se identificar e remover restrições tanto da fábrica como da obra. Na obra C este nível de planejamento foi muito importante para aumentar a eficácia das ações de mobilização de recursos na obra e na montagem da infra-estrutura adicional na fábrica, necessária para atender à demanda da obra.

Também a partir da definição do tamanho do lote, utilizou-se uma ferramenta (quadro) para padronizar os fluxos de transporte, descarga e montagem de peças na obra, que pode ser utilizado para orientar e comprometer a equipe de transportadores com os ciclos definidos. Estas ferramentas foram consideradas importantes como referência para a discussão sobre a exeqüibilidade dos fluxos propostos com os envolvidos no processo: engenheiro de obra, encarregado de expedição, motoristas de carretas e encarregado de montagem. Porém, sua implementação foi limitada por mudanças freqüentes no seqüenciamento de montagem dentro dos lotes, principalmente nas etapas 2 e 3 da obra C.

No planejamento de curto prazo, as demandas efetivas da obra são semanalmente enviadas para a fábrica e setor de expedição, sendo que a versão final do plano deve levar em conta a disponibilidade de capacidade da fábrica e dos equipamentos de transporte (carretas) e movimentação de peças (guindastes e pontes rolantes).

Cabe fazer a ressalva de que a segunda fase do estudo empírico 2 teve o caráter de implantação piloto do ponto de vista da empresa, embora algumas das melhorias

implementadas na obra C tenham sido estendidas para as outras obras. Entretanto, a introdução de mudanças no sistema de gestão da produção de pré-moldados foi bastante limitada, já que o foco principal deste estudo era o processo de montagem³⁹.

6.1.5.2 Obtenção da estabilidade básica por meio do PCP

Usou-se como ponto de partida para buscar a estabilidade básica no sistema de produção alguns elementos do Sistema *Last Planner* de Controle da Produção (BALLARD e HOWELL, 1998; BALLARD, 2000). A partir deste sistema, foram implementadas algumas melhorias no sistema de PCP existente, no sentido de hierarquizar este processo em três níveis (longo, médio e curto prazo) e torná-lo sistemático e formalizado.

No nível de longo prazo foram mantidos alguns procedimentos já usados pela empresa, tendo como principal mudança a explicitação da subdivisão e seqüenciamento da obra em grandes etapas. Atribuiu-se ao engenheiro da obra a responsabilidade sobre esta segmentação do processo de montagem, sendo necessário envolver o cliente nestas decisões.

Com relação ao planejamento de médio prazo, propôs-se à empresa a adoção de um horizonte de seis semanas e ciclo de controle quinzenal. O primeiro plano de médio prazo foi elaborado de forma participativa, buscando identificar as restrições tanto na fábrica quanto na obra para o início do processo de montagem. Entretanto, não se conseguiu implementar o planejamento de médio prazo de forma sistemática na obra C, principalmente em função da percepção por parte dos gerentes da empresa de que os fluxos de recursos (projetos, peças pré-moldadas e

³⁹ Paralelamente a este estudo foi desenvolvido a dissertação de Samaniego (2007), que teve como foco a implementação de conceitos e ferramentas de Mentalidade Enxuta na fábrica F1.

suprimentos) deveriam ser gerenciados de outra forma, tendo responsáveis específicos em outros setores da empresa, não vinculados diretamente à gerência da obra. Para estes gerentes, após o início da obra o trabalho tornava-se repetitivo, não havendo necessidade de reuniões de planejamento de médio prazo para identificar restrições de forma sistemática.

O plano de curto prazo (plano de carregamento) permite controlar o processo e avaliar o grau de estabilidade do sistema de produção. Ao contrário do planejamento operacional do *Last Planner*, este plano é produzido individualmente pelo engenheiro da obra e submetido à avaliação do gerente da fábrica e do encarregado da expedição, sem haver reuniões de negociação e comprometimento.

Em termos de controle da produção, foram propostos diversos indicadores, devendo ser destacado o PVECP (percentagem de viagens executadas conforme o plano), que é um indicador de eficácia do subsistema fábrica-expedição em atender à demanda da obra. Pretendeu-se também neste nível criar uma sistemática para identificar os principais problemas relacionados ao não cumprimento do plano de carregamento proposto.

Em que pese alguns benefícios alcançados com a implementação de melhorias no PCP, não se conseguiu alcançar um elevado grau de estabilidade básica. Muitas restrições ao processo de montagem não foram adequadamente removidas, tendo ocorrido muitos problemas de caráter preponderantemente interno ao controle da empresa. No nível operacional observou-se ainda a ocorrência de muitos problemas de projeto, fabricação, transporte e execução. O PVECP foi de apenas 16% na etapa C da obra, um percentual bastante baixo em comparação com os valores sugeridos por outros autores para indicar a existência de estabilidade básica (ver item 3.1.7). A identificação e análise de problemas não ocorreram sistematicamente: em 15 semanas apenas 19 problemas foram registrados.

Por um lado, as deficiências detectadas indicam que há necessidade de melhorar o processo de implementação, incluindo investimentos em capacitação de pessoal, mudanças organizacionais que possibilitem a introdução de instâncias de participação e negociação nos diferentes níveis do PCP. É também necessária a remoção de barreiras comportamentais ao processo de mudança. Por outro lado, constatou-se a necessidade de realizar esforços de melhoria em outros processos da empresa, principalmente no projeto das estruturas pré-fabricadas. Embora a sistemática de aplicação do planejamento de médio prazo, com a identificação de restrições, pudesse eliminar alguns dos problemas de projeto, chegou-se à conclusão, ao final deste estudo que havia a necessidade de realizar um trabalho mais aprofundado na melhoria do processo de projeto, estendendo ao mesmo os conceitos de Mentalidade Enxuta.

6.1.5.3 Redução do tamanho do lote

Com relação à redução do lote de montagem, propôs-se inicialmente adotar como lote a menor unidade possível de estrutura coberta, formada por pilares, vigas e telhas. Desta forma, busca-se criar ciclos de produção repetitivos. A Figura 6.33, indica um possível lote de montagem, que é formado pelas peças compreendidas entre dois eixos verticais (a partir do 2 até o 33).

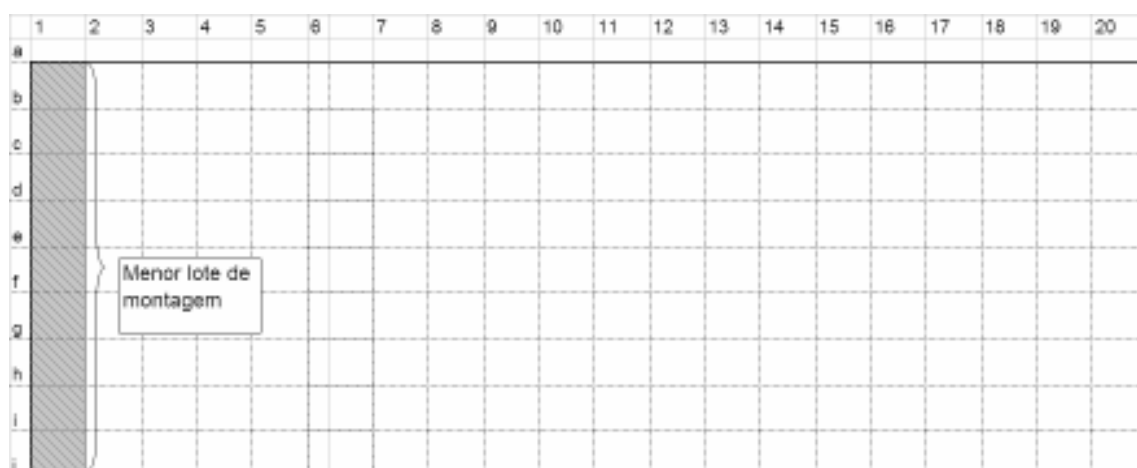


Figura 6.33 Exemplo de definição do lote unitário para obras tipo galpão

Entretanto, as obras de estruturas pré-fabricadas não são totalmente homogêneas, existindo setores com diferentes graus de complexidade ou com determinadas restrições. No caso da obra C, por exemplo, havia um setor com mezanino e outro no qual havia uma interligação com a estrutura que estava sendo construída por outra empresa.

Na segunda fase do estudo empírico 2, optou-se por dividir a obra em três etapas e definir um lote diferente para cada etapa. Na etapa 1, como a estrutura a ser montada era bastante simples, adotou-se um lote bastante pequeno, que se repetia diariamente. Nas etapas 2 e 3, como a estrutura era mais complexa, adotou-se um lote de produção maior, correspondendo a 3 e 11 dias, respectivamente.

Os resultados da intervenção na obra C indicaram que a redução do tamanho do lote foi bem mais eficaz na etapa 1, em relação às demais. Uma das razões para isso pode ser atribuída ao fato de que o menor lote de trabalho reduz os estoques em processo que são utilizados para absorver problemas de produção (WOMACK e JONES, 1996; ROTHER e SHOOK, 1999; LIKER, 2004). Uma obra de montagem de pré-fabricados em que se trabalha com pequenos lotes, é interrompida se ocorre algum problema, tais como peças enviadas fora de seqüência ou atrasos no envio de peças. Ou seja, a redução do estoque em processo é fundamental para que os problemas de produção sejam explicitados e resolvidos.

Uma outra possibilidade de dividir a obra seria criar um fluxo principal de montagem, para a estrutura principal do galpão, adotando um pequeno lote (por exemplo, com ciclo de um dia), e outro, possivelmente intermitente, para a montagem dos elementos menores, nos setores mais complexos da obra, tais como o mezanino, nos quais há necessidade de considerar a otimização do transporte entre fábrica e obra. Esta estratégia de execução merece ser investigada em estudos futuros.

Foram desenvolvidas algumas ferramentas para a definição dos lotes de montagem:

- Plano de seqüenciamento dos lotes: deve ser um desenho bastante simples, que permita visualizar a seqüência diária de montagem, os deslocamentos necessários e a necessidade e localização de estoques;
- Quadro resumo de montagem em pequeno lote: define-se o número de peças a serem montadas por dia;
- Quadro de tempos de montagem: analisam-se as quantidades de peças a serem montadas em relação à capacidade instalada dos equipamentos na obra, a fim de reduzir a ociosidade na obra;
- Quadro do fluxo de transporte, montagem e descarga da obra e quadro do ciclo completo de transporte entre fábrica e obra: explicita as operações de transporte, descarregamento e montagem e seus respectivos tempos, podendo ser utilizado como base para discussão e comprometimento dos principais intervenientes, tais como motoristas de carretas, encarregado de expedição e encarregado de montagem.

Contrastando com o estudo empírico 1, a Linha de Balanço teve um papel bastante limitado na gestão da produção da obra C. Embora todas as etapas da obra tivessem um caráter repetitivo, pela divisão em lotes pequenos, a técnica da Linha de Balanço não foi utilizada nas etapas 1 e 2, devido aos prazos relativamente pequenos (27 e 28 dias, respectivamente). A mesma foi utilizada apenas na etapa 3, para explicitar as decisões tomadas ao longo do tempo em nível de planejamento de longo prazo.

O principal indicador utilizado para avaliar a implementação do pequeno lote foi o índice de aderência do processo de montagem às datas previstas de montagem das peças e do lote.

Para avaliar os benefícios da redução do tamanho do lote, foram utilizados dois indicadores: (a) a relação entre o tempo de agregação de valor total em relação ao

lead time da obra, obtido a partir de uma simplificação do MFV; e (b) a produtividade dos equipamentos de montagem. Ambos os indicadores evidenciaram ganhos substanciais obtidos na obra C em relação à obra B da mesma empresa.

6.2 ESTUDO EMPÍRICO 3 - PROCESSO DE PROJETO (OBRAS D E E)

Conforme apresentado no item 6.1.5.2, tomou-se a decisão de desenvolver um estudo relacionado ao processo de projeto de estruturas pré-fabricadas, estendendo as melhorias implementadas na produção da fábrica, fluxos de transporte entre fábrica e obra e montagem na obra ao processo de projeto. Salienta-se que neste estudo buscou-se apenas a extensão dos conceitos, princípios e ferramentas usados na montagem de obras (estudo empírico 2) para o projeto, inclusive o foco do estudo foi a implementação do pequeno lote em projeto. Esta decisão foi tomada pelo grande impacto que as restrições de projeto tinham na confiabilidade do sistema de produção. O estudo empírico 3 foi desenvolvido em duas etapas. Na primeira foi realizado um diagnóstico do processo de projeto e no segundo foram propostas melhorias com a utilização de conceitos e ferramentas da Mentalidade Enxuta

6.2.1 Fase 1 - Diagnóstico do processo de projeto na Obra D

6.2.1.1 Mapa de Fluxo de Valor simplificado

Esta fase da pesquisa iniciou pela elaboração de um Mapa de Fluxo de Valor (MFV) simplificado do processo de projeto. A Figura 6.34 apresenta a versão final do MFV. O cliente está representado pela caixa à direita, contendo o prazo do empreendimento e as datas de início e fim do mesmo. Estas datas são estabelecidas pelo cronograma acordado entre a construtora e o cliente antes do início do processo. Com relação ao fluxo de informação, está representado o sistema de planejamento e controle da produção (PCP) da empresa, que se focava nos processos fabricação e montagem de peças. As decisões de projeto eram principalmente baseadas nas metas estabelecidas pelo cronograma físico do empreendimento, tendo pouca vinculação do o PCP de fabricação e montagem.

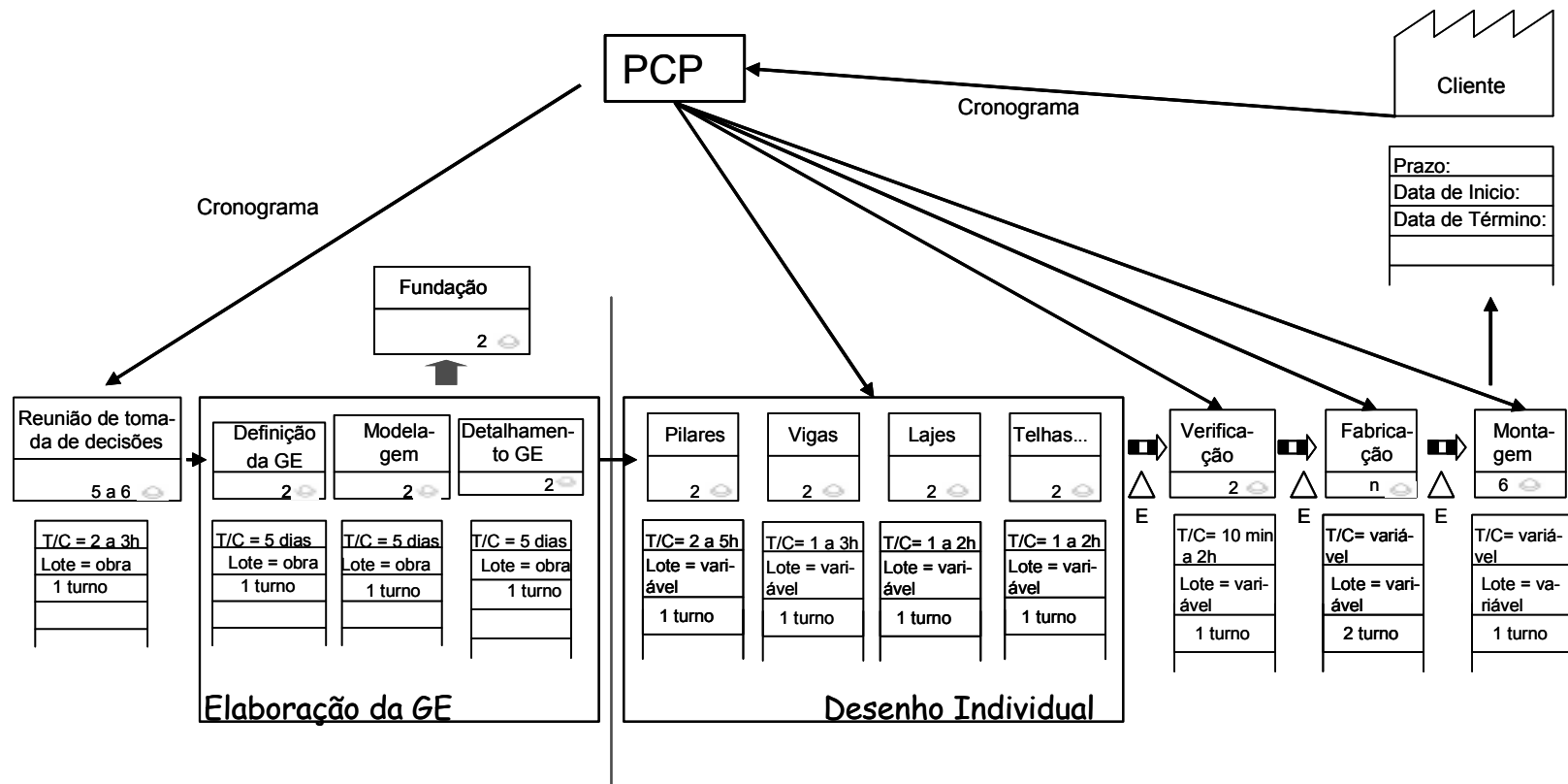


Figura 6.34 MFV simplificado atual do processo projeto na empresa

Na parte inferior do mapa estão as caixas de processo que representam as principais atividades envolvidas na elaboração do projeto e também os processos de fabricação e montagem. Cabe ao coordenador de projetos gerenciar todo o processo de projeto.

O projeto inicia por uma reunião de tomada de decisões, realizada após a assinatura do contrato. Nesta reunião são esclarecidos alguns detalhes da obra, com base num *check list*, incluindo a confirmação de algumas medidas, localização de alguns elementos estruturais e a definição do seqüenciamento geral de execução. Normalmente participam desta reunião o coordenador de projetos da empresa, um representante do cliente, o projetista de GE (geometria espacial da obra), o calculista e o representante comercial da empresa.

O projeto é finalizado pela atividade de verificação de cada peça isoladamente, que é realizada por uma equipe interna de projetistas da empresa, antes da liberação dos projetos das peças individuais para fabricação.

O projeto de estruturas pré-fabricadas propriamente dito divide-se em duas grandes etapas: (a) elaboração do projeto de GE; e (b) elaboração do projeto individual de peças (DI). Essas etapas são geralmente executadas por empresas de projeto terceirizadas, envolvendo os seguintes profissionais: projetistas de GE, calculistas, projetistas de peças individuais, desenhistas e projetista de fundação. Os quatro primeiros em geral fazem parte de um mesmo escritório de projeto, enquanto o projetista de fundações normalmente é de uma outra empresa.

A caixa de dados localizada na Figura 6.34 contém informações sobre tempo de ciclo, tamanho do lote e número de turnos de trabalho. Observa-se que o T/C da reunião de tomada de decisões é de 2 a 3 horas, sendo que o lote é a obra. Na atividade de verificação, por sua vez, o lote é variável, conforme a entrega de projetos de DI, sendo o T/C de 10 min a 2 h.

Na etapa de elaboração da GE, o lote do processo é a obra. A empresa considera que os projetistas levam 15 dias (T/C) para elaborar o projeto de GE, sendo, em média, 5 dias para cada um dos três sub-processos. Na etapa de desenho individual o lote é variável e o tempo de projeto por peça individual é de 1 a 5 horas. Muitas peças em obras de estrutura pré-fabricada são repetidas ao longo do empreendimento, necessitando de um projeto único.

O processo de fabricação tem também um lote variável, com o T/C variando muito em função ao tipo de peça. A montagem tem também um T/C variável, de 4 a 40 min, e o tamanho do lote depende da definição do engenheiro⁴⁰.

Com base no mapa da Figura 6.34, foram identificados os seguintes problemas:

- O prazo para realização do projeto de GE é fixo, independente do tamanho e complexidade da obra. Segundo o coordenador de projeto, muitas vezes esse prazo não era atendido;
- Os lotes de projeto de DI são variáveis sua seqüência não considera sistematicamente as demandas dos processos de fabricação e montagem.

6.2.1.2 Mapa de Fluxo de Valor futuro simplificado

O MFV futuro simplificado está apresentado na Figura 6.35. Em relação ao sistema de PCP, foi estabelecido um vínculo entre o PCP da fábrica e da obra com a coordenação de projetos. Neste mapa a elaboração do projeto de GE continua tendo como lote a obra, já que tecnicamente é impossível projetar em pequenos lotes

⁴⁰ A partir dos resultados do estudo empírico 2, a empresa decidiu que todas as obras passariam a trabalhar com um lote pequeno e repetitivo de trabalho. Porém ficou a cargo dos engenheiros a definição desse lote e em muitas obras se verificou a montagem em grandes lotes (processo tradicional).

nessa fase do projeto. Por outro lado, na etapa de projeto de DI, propõe-se que as peças sejam projetadas em pequenos lotes, puxados a partir da demanda do processo de montagem.

Havia dúvidas sobre a exeqüibilidade técnica da implementação do pequeno lote de projeto segundo a seqüência definida a partir dos lotes de montagem, ou seja, buscou-se investigar se existem problemas técnicos ao se projetar o DI das peças em uma ordem pré-definida ou se há uma seqüência lógica tecnicamente determinada. Em outubro de 2006, foi realizada uma reunião numa empresa de projeto terceirizada, da qual participaram a pesquisadora, o coordenador de projetos, um projetista de GE, um calculista e um projetista de DI. Nessa reunião foi apresentada a nova proposta divisão do projeto de DI em lotes pequenos, que, segundo os profissionais presentes, era perfeitamente exeqüível. Quando questionados porque eles não seguiam a mesma seqüência da montagem definida pela empresa, eles disseram que começavam a projetar por onde era mais fácil. Dois meses depois, foi feita uma nova reunião com outros profissionais e as respostas foram bastante semelhantes.

Propôs-se também a definição de algumas informações antes da reunião de tomada de decisões:

- (a) Classificação da obra por tipo, para poder definir melhor os prazos para projeto, levando-se em conta diversos fatores, entre os quais o tamanho, a complexidade, a localização e a acessibilidade;
- (b) Definição do lote de projeto de DI, a partir da seqüência de lotes de montagem e da disponibilidade de capacidade das fábricas; e

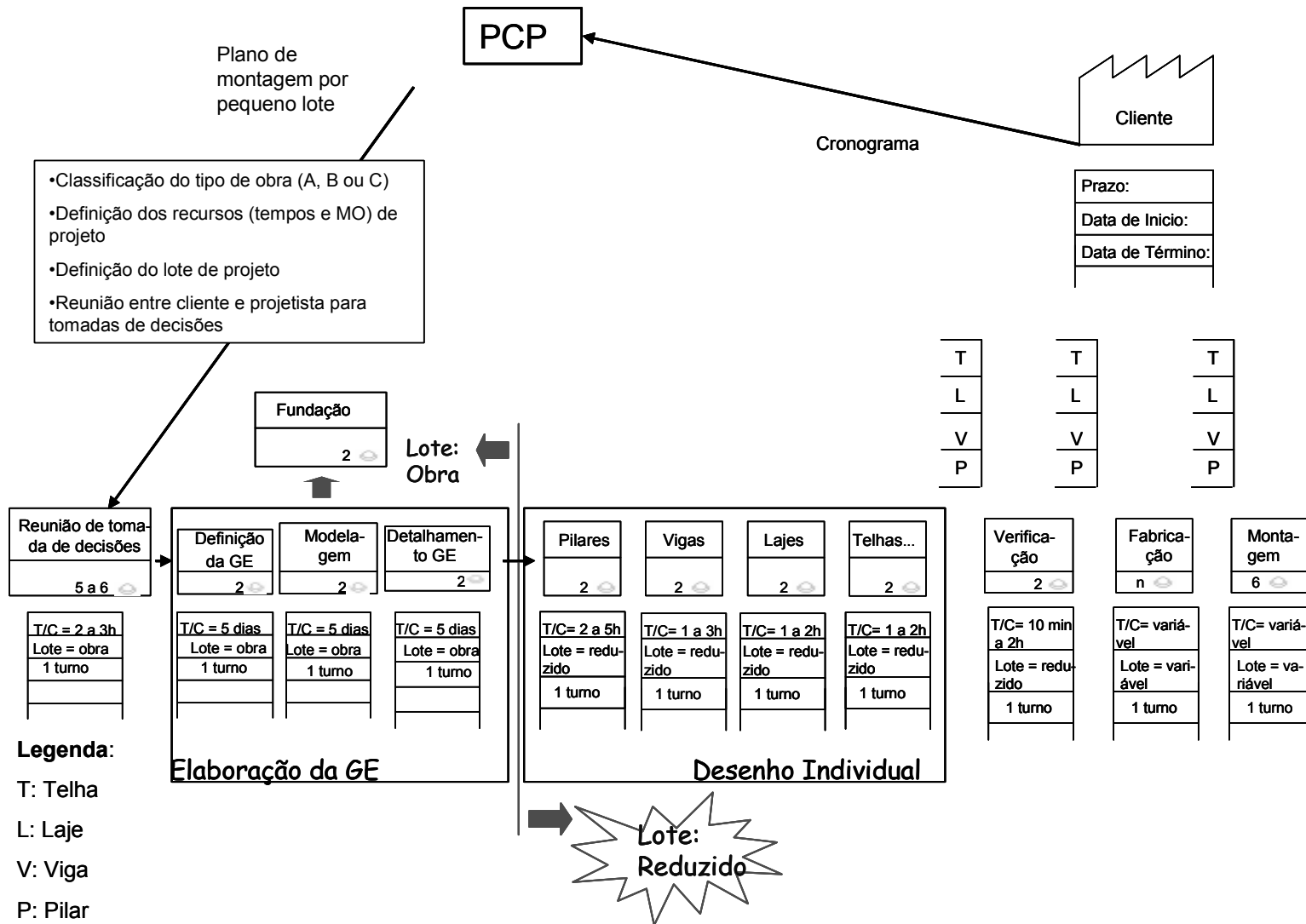


Figura 6.35 MFV simplificado futuro do processo de projeto na empresa

- (c) Definição dos recursos necessários para a elaboração do projeto, tais como tempo alocado e seleção dos profissionais necessários, a partir das características da obra. Por exemplo, no caso de obras mais complexas devem ser escolhidos projetistas externos mais experientes, que tenham a disponibilidade necessária.

Em relação à reunião de tomada de decisões (primeira atividade de projeto), propôs-se a realização de mais de uma reunião, sempre que necessário, até que os problemas fossem resolvidos.

6.2.1.3 Mapa de Fluxo de Valor atual detalhado

Para a realização dos mapas detalhados foi acompanhado todo o processo de desenvolvimento de um empreendimento, a ampliação de um edifício industrial que tinha sido construído por uma outra empresa, desde a consulta de preço por parte do cliente à empresa até a entrega da obra. O Mapa detalhado de todo esse processo encontra-se apresentado no Apêndice B. Ressalta-se que, apesar do mapa conter informações sobre todo o fluxo desse empreendimento, o foco do trabalho era o projeto.

Nas Figura 6.36 e Figura 6.37 está apresentado o Mapa de Fluxo de Valor detalhado limitado às atividades de projeto, a partir da confirmação de compra até a verificação. Para efeito de apresentação, o mapa está dividido em duas partes.

Da mesma forma que no mapeamento de processos administrativos (REIS, 2004), as caixas de processo nestes mapas estão divididas em quatro partes: (a) o nome do processo; (b) o setor ou pessoa responsável pela realização do processo; (c) a descrição do processo; e (d) as datas de início (I) e fim (F) dos processos. Abaixo das caixas são apresentados o TRA (Tempo de Realização da Atividade) e o TP (Tempo de Permanência) dos processos. Para o cálculo do TP usou-se a diferença entre as datas de início e de fim, considerando apenas os dias úteis.

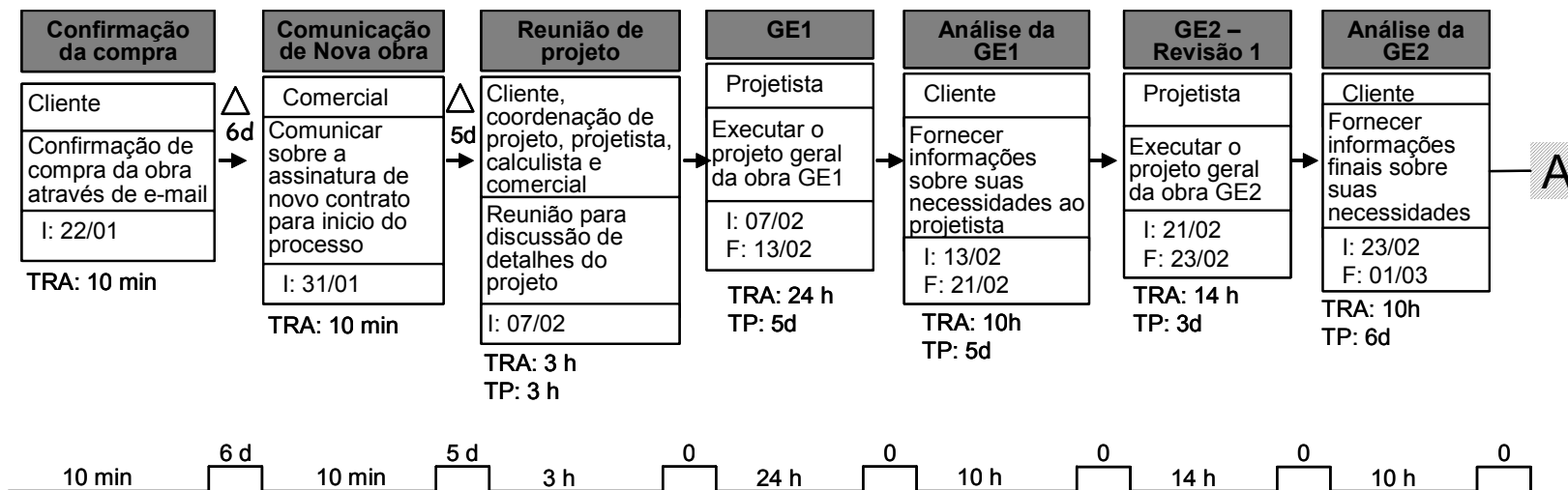


Figura 6.36 Mapa do Fluxo de Valor com ênfase no projeto - 1/2

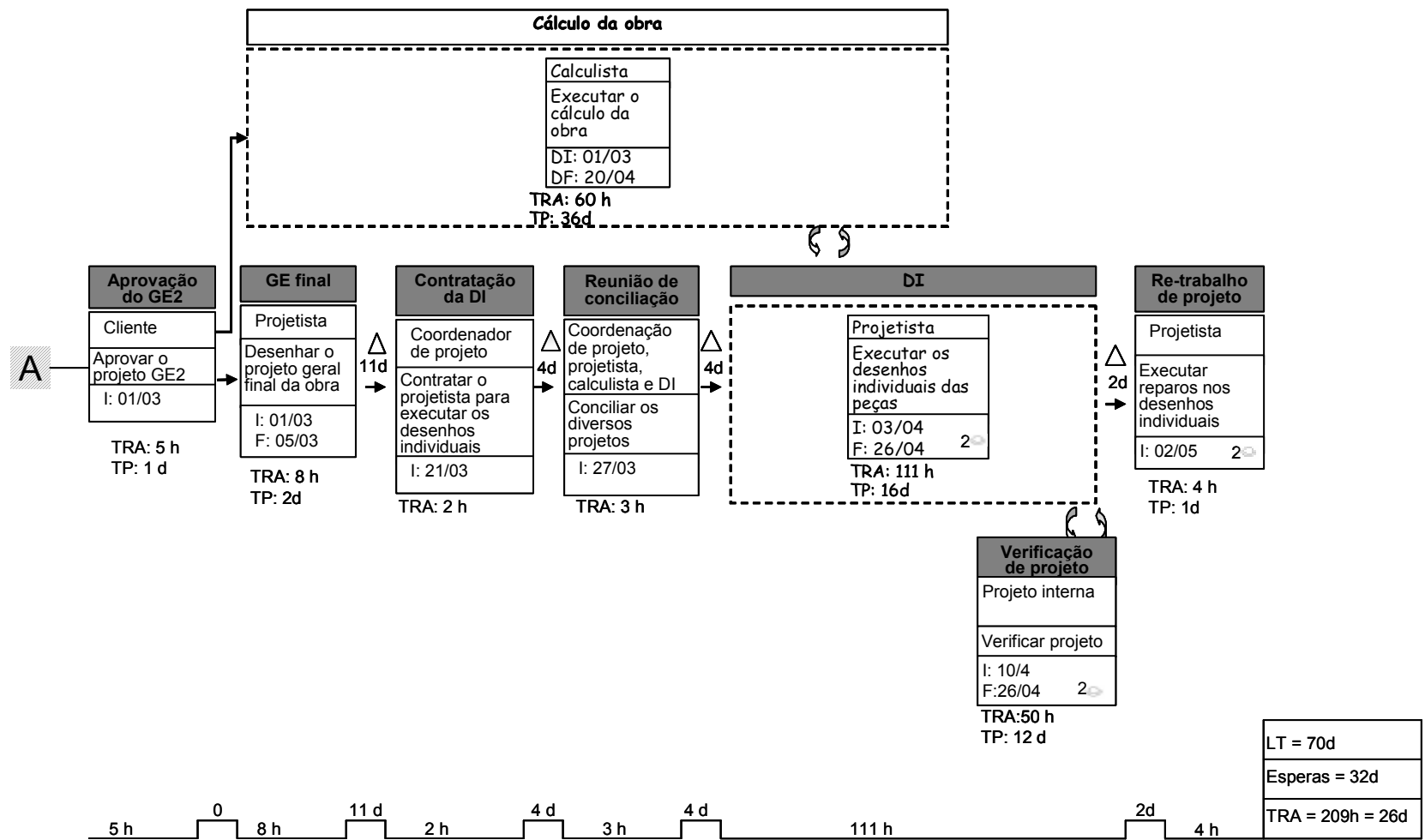


Figura 6.37 Mapa do Fluxo de Valor com ênfase no projeto – 2/2

O início do processo de projeto ocorreu no dia 22/01/07 com a confirmação de compra foi feita pelo cliente. Essa confirmação não é feita por meio de assinatura do contrato, mas através de um documento que muitas vezes é enviado via e-mail. A partir dessa confirmação, a empresa pode dar seguimento ao processo de desenvolvimento do empreendimento.

No processo de comunicação de nova obra, o comercial informa aos setores de planejamento de fábrica e de projeto que a obra foi contratada. No caso da obra D, existiu uma espera de 6 dias entre a confirmação de venda e a comunicação de nova obra, sendo que o prazo acordado com o cliente no processo de negociação da compra estava correndo (Figura 6.36).

O processo de projeto propriamente dito foi iniciado com a reunião de projeto, que deve ser agendada o mais rápido possível a partir da comunicação de nova obra. Entretanto, nesse caso aconteceu apenas 5 dias após a comunicação da nova obra. Nessa reunião participaram o cliente, o coordenador de projeto, o projetista de GE, o calculista e o comercial. A partir dessa reunião, iniciaram-se o projeto de levantamento de carga e o ciclo da elaboração da GE⁴¹ (Figura 6.36).

O ciclo de elaboração da GE compreende as atividades de executar o projeto GE, apresentá-lo ao cliente, que fornece (ou não) mais informações sobre suas necessidades, até que seja aprovada a versão final do GE. Nesse ciclo não existiu comunicação direta entre projetista e cliente, sendo que coordenador de projeto teve o papel de intermediar essa comunicação. Ou seja, entre as caixas de processo existia uma atividade de recepção e distribuição de informação, que não está explicitada no mapa para simplificar e facilitar seu entendimento. Durante a elaboração do projeto do GE, toda a comunicação entre coordenador de projeto, projetista e cliente foi via e-mail. Esse processo foi planejado para ocorrer em 10

dias no cronograma acordado com o cliente, mas teve a duração de 17 dias (Figura 6.36).

Após a aprovação do GE2 pelo cliente inicia-se o cálculo de obra, ainda na fase de elaboração da GE. Este cálculo foi concluído na fase do desenho individual (Figura 6.37). Normalmente, após a elaboração da GE deve-se iniciar a fase de projeto das peças individuais (DI) (Figura 6.37). É importante comentar que geralmente é contratado um único escritório de projeto, que realiza as atividades de projeto de GE, cálculo e projeto de DI. Neste caso específico excepcionalmente contrataram-se três profissionais diferentes para realizar essas atividades, sendo que isso gerou a necessidade de uma nova atividade, a reunião de conciliação (Figura 6.37), para evitar problemas de incompatibilidade de projeto, antes de iniciar os projetos de DI. Contudo, a contratação do projetista de DI demorou 11 dias para ocorrer. Além disto, a reunião de conciliação demorou mais 4 dias para ocorrer e o projetista de DI demorou mais 4 dias para iniciar o projeto, gerando uma espera de 19 dias (parados) para início do projeto de DI (Figura 6.37).

À medida que os lotes de projeto de DI vão sendo concluídos, estes são verificados pela equipe interna da empresa para que se possa iniciar a fabricação das peças e, em muitos casos, a montagem das mesmas na obra (Figura 6.37). Salienta-se que a simultaneidade que ocorre entre esses quatro processos do empreendimento (projeto, verificação, fabricação e montagem) dificulta a gestão desse tipo de obra, uma vez que problemas em qualquer um desses processos afetam os processos posteriores. Na obra D, a grande divisão que ocorreu na equipe de projeto possivelmente foi a causa principal de um erro de projeto, relativo à cota de um pilar. Quando descoberto este erro, algumas peças já estavam montadas em obra e outras fabricadas, gerando grande retrabalho no projeto, montagem e fabricação.

Para a elaboração do mapa (Figura 6.36 e Figura 6.37) foram feitas as seguintes considerações:

⁴¹ Os projetos de levantamento de carga e cálculo foram feitos pelo mesmo profissional que fez o pré-dimensionamento, contudo para o projeto da GE foi contratado um outro profissional.

- Inicialmente, para o cálculo da TRA foi necessário definir o fluxo principal de valor, em função da existência de atividades em paralelo. Para isso consideraram-se as seguintes opções: (a) o fluxo formado pelas atividades de cálculo, projeto de DI e verificação de projeto; e (b) o fluxo formado pelas atividades de projeto de GE final, contratação de projeto de DI, reunião de conciliação, projeto de DI e verificação de projeto. Considerou-se como fluxo principal a opção 1 porque tinha uma maior TRA (223h), seguindo a recomendação de Reis (2004). O TRA na opção 2 foi de 209h, sendo esta considerada como fluxo secundário. Nas Figura 6.36 e Figura 6.37, os processos do fluxo principal estão hachurados de cinza.
- Para as atividades de cálculo, aprovação da GE, projeto de DI e verificação, que ocorrem paralelamente, novamente se considerou o maior TRA. Como as atividades não eram completamente paralelas fez-se uma distribuição da média do TRA ao longo do período de elaboração destas atividades (Figura 6.38), considerando-se que o trabalho ocorreu de forma uniforme⁴², ou seja, dividiu-se o TRA de cada atividade pela quantidade de dias trabalhos e usou-se o maior valor.
- Ao final, comparou-se o TRA total (soma dos TRA's de todos os processos) com o *lead time* do processo (soma de todos os TP's e esperas).

⁴² Apesar do trabalho efetivamente não ocorrer de forma uniforme, essa foi uma limitação dos dados obtidos, já que os profissionais envolvidos na coleta de dados registraram apenas o total de horas trabalhadas.

Processos		Datas																				
		1/3	2/3	5/3	6/3	7/3	8/3	9/3	12/3	13/3	14/3	15/3	16/3	19/3	20/3	21/3	22/3	23/3	26/3	27/3	28/3	29/3
Calculo	Dias trab	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	TRA médio	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Aprovação de GE	Dias trab	1																				
	TRA médio	5,0																				
DI	Dias trab																					
	TRA médio																					
Verificação	Dias trab																					
	TRA médio																					
Reparo	Dias trab																					
	TRA médio																					
TRA máximo		5,0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7

Processos		Datas																Totais		
		2/4	3/4	4/4	5/4	9/4	10/4	11/4	12/4	13/4	16/4	17/4	18/4	19/4	20/4	24/4	25/4			26/4
Calculo	Dias trab	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				39	Dias
	TRA médio	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7				60	Horas
Aprovação de GE	Dias trab																		1	Dia
	TRA médio																		5	Horas
DI	Dias trab		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	Dias
	TRA médio		6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	111	Horas
Verificação	Dias trab						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	Dias
	TRA médio						4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	50	Horas
Reparo	Dias trab																		1	Dias
	TRA médio																		4	Horas
TRA máximo		1,7	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	156,8	Horas

Figura 6.38 Cálculo do Tempo de Realização das Atividades

Na Figura 6.38 é apresentada a diferença entre o *lead time* do projeto (70 dias) e o tempo de realização da atividade (26 dias), que é de 44 dias, sendo que o tempo de espera total foi de 32, dentre os quais 13 dias o sistema ficou totalmente parado. Isto significa que na formação do fluxo de valor do projeto, cerca de 70% do tempo não agregou valor.

Em relação à eficácia em relação a prazo, a duração planejada do processo de projeto e acordada em cronograma com o cliente, era de 63 dias, com data de início em 22/01 e conclusão em 24/04. Devido aos problemas iniciais, o início da fase de projeto ocorreu em 07/02 e foi concluída apenas em 02/05, com duração de 69 dias.

Em termos absolutos ocorreu um atraso de 6 dias na conclusão do projeto, porém o maior impacto desse atraso foi na fabricação das peças, pois os projetos individuais, que deveriam ter iniciados em 22/03, começaram apenas em 03/04. Esse atraso afetou todo o plano de fabricação e de montagem das peças resultando em muitas mudanças na programação das fábricas e na seqüência de montagem, apesar da obra ter sido entregue no prazo.

Apesar das folgas que normalmente são incluídas nos prazos contratuais, o longo tempo gasto em atividades que não agregam valor, acaba afetando as etapas posteriores, principalmente fabricação de peças e montagem na obra. Para se cumprir com o prazo do contrato, muitas vezes há necessidade de se trabalhar em regime de horas extras na fábrica ou mesmo mudar o plano de fabricação, postergando a produção de peças para outras obras.

6.2.1.4 Proposta de ações para implementar fluxo contínuo em projeto

A partir da decisão da diretoria de ampliar o escopo da implementação do fluxo contínuo para o processo de projeto e realizar um estudo piloto de intervenção

neste processo, foi elaborado uma Mapa de Fluxo de Valor futuro detalhado do mesmo, que está apresentado na Figura 6.39.

Nessa proposta o processo de projeto inicia por uma reunião para discussão sobre o escopo do projeto (reunião de projeto), da qual participam o representante do cliente, projetistas e o coordenador de projeto. Diferentemente da reunião que ocorria no processo atual da empresa, no mapa futuro o coordenador de projetos deve apresentar alternativas de projeto ao cliente, tais como, por exemplo, a posição da escada, visando a evitar mudanças posteriores na elaboração do projeto de GE. O ideal seria envolver o coordenador de projetos na fase de negociação do empreendimento, mas isso foi considerado inviável em função da falta de disponibilidade de tempo por parte do mesmo. Assim, a primeira reunião de projeto teria um enfoque pró-ativo na captação de requisitos e na tomada de decisões sobre o projeto como um todo.

Após a reunião, o projetista de GE inicia o trabalho e, após a conclusão da primeira versão deste projeto, existe uma nova reunião, denominada reunião de aprovação, entre os mesmos intervenientes da reunião de projeto, para apresentação da primeira versão do projeto de GE para o cliente. Se esta versão inicial do projeto GE não for aprovada, os próprios projetistas devem captar novas necessidades do cliente para que sejam incorporadas na nova versão do GE. Outra modificação no projeto de GE é a participação mais intensa do coordenador de projeto na captação de requisitos e na elaboração de alternativas de projeto. Uma vez aprovado o projeto de GE, o projetista elabora a versão final deste.

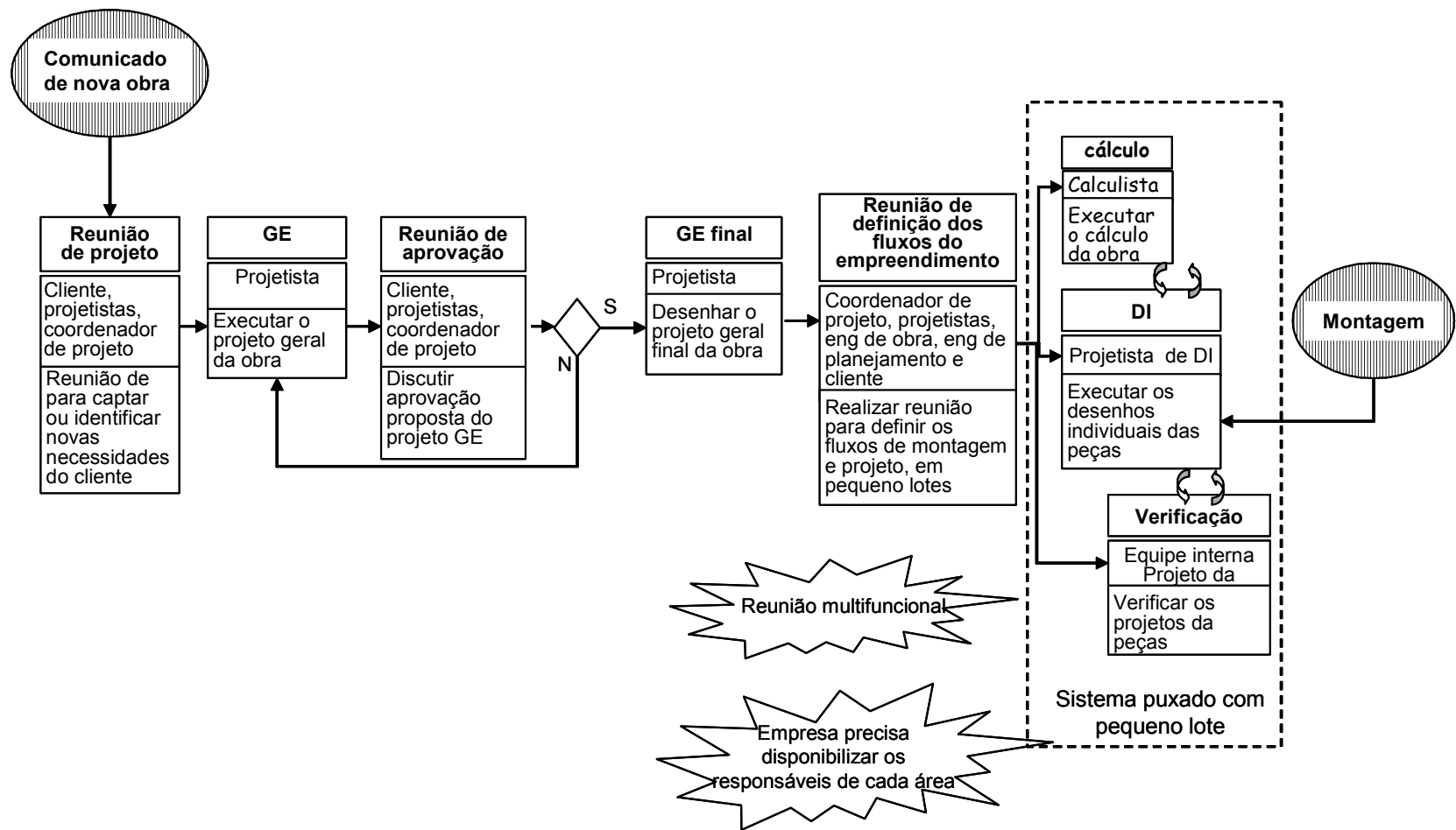


Figura 6.39 Mapa de Fluxo de Valor futuro para o projeto

Uma das inovações mais importantes propostas foi a introdução da reunião de definição dos fluxos do empreendimento, envolvendo o coordenador de projeto, projetistas, representante do cliente, engenheiro de obra e engenheiro de planejamento da fábrica. O principal papel desta reunião é tomar decisões sobre o sistema puxado de projeto em pequenos lotes, no qual os lotes de montagem puxam as atividades de cálculo de peças individuais, projeto de DI e verificação. Contudo, o lote de projeto não é necessariamente igual ao de montagem, mas o lote de projeto deve atender ao seqüenciamento estabelecido nos planos de fabricação das peças de montagem da estrutura na obra, atendendo aos prazos de entrega demandados pelos processos posteriores.

Assim, na proposta de mapa futuro (Figura 6.39), esta reunião visa criar condições para um planejamento de forma integrada do sistema projeto-fabricação-montagem, com o objetivo de sincronizar os lotes de projeto e produção em fábrica com a seqüência de lotes de montagem, os quais devem puxar os processos anteriores. Além disso, a participação do representante do cliente visa considerar os requisitos do mesmo na seqüência de montagem, evitando mudanças posteriores na execução da obra e conseqüente mudança em todo o sistema. Nessa reunião as decisões devem ser formalizadas em ata assinada por todos os participantes.

Após essa reunião, inicia o trabalho dos projetistas de cálculo e de DI, sendo que a atividade de verificação inicia-se a partir do primeiro lote de projeto DI pronto. Pensou-se na possibilidade de criação de uma célula de trabalho envolvendo estes três processos, mas foi considerado inviável pois a maioria dos empreendimentos tem projetos executados por profissionais diferentes e em diferentes locais.

Levando-se em conta a primeira análise do processo de projeto, realizada por meio dos mapas simplificados (Figura 6.34 e Figura 6.35), e a segunda, através dos mapas detalhados (Figura 6.36, Figura 6.37 e Figura 6.39), foram também sugeridas as seguintes ações adicionais para melhoria do fluxo de projeto:

- Eliminação da atividade de controle de entrega dos projetos individuais de peças: normalmente, o projetista de DI envia para empresa os projetos de peças, um a um, por meio de uma plataforma de colaboração⁴³. Existe um funcionário da empresa que verifica diariamente os projetos enviados, cabendo a este imprimi-los e entregá-los à equipe de verificação. Ao se definir a entrega do projeto em pequenos lotes, os projetistas passariam a enviar lotes de projeto, ao invés de projetos individuais, numa frequência pré-estabelecida (por exemplo, uma ou duas vezes por semana). Este procedimento elimina esta atividade de controle, que não agrega valor;
- Eliminação de alguns tempos de espera, tais como aqueles indicados na Figura 6.36 e na Figura 6.37 ;
- O sub-processo de verificação deveria realizar um monitoramento sistemático dos erros de projeto de forma a retro-alimentar os projetistas e evitar a reincidência de problemas. Desta forma, no longo prazo, esta atividade, que a rigor não agrega valor, poderia ser eliminada.

6.2.2 Atividades realizadas entre as fases 1 e 2 do estudo

Conforme mencionado no item 4.5.3.4, houve um intervalo entre a conclusão da fase 1 e o início da fase 2 do estudo empírico 2. Neste item são descritas as principais decisões tomadas por parte da empresa neste intervalo relacionadas às mudanças organizacionais. Estas mudanças referem-se à coordenação de projeto e à criação da equipe interna de projetistas. Após, descreve-se a intervenção que foi realizada nesta fase da pesquisa.

⁴³ Existe na empresa uma plataforma de colaboração, acessável pela internet. Através da mesma os projetistas têm acesso a um repositório de documentos da obra, sendo que os

O funcionário da empresa que exercia a função de coordenador de projeto na fase 1 do estudo, passou a exercer a atividade de contato com o cliente, desde a comunicação da nova obra até a assinatura do termo de entrega da obra⁴⁴. Futuramente, a empresa pretendia estender o papel deste profissional, iniciando na negociação da obra com o cliente ou melhorar a qualificação técnica dos profissionais de vendas que estabeleciam o primeiro contato com o cliente.

Estas mudanças decorriam da percepção por parte da diretoria de que a empresa deveria melhorar todo o processo, desde a venda e elaboração de propostas, pois estes processos têm grande impacto no projeto, na fabricação e na montagem. De fato, com frequência, alguns clientes específicos da empresa contatavam o diretor técnico para solicitar propostas, ao invés de contatar o setor comercial. Nestes casos, segundo o diretor, o processo é mais simples e rápido, pois na visita ao cliente já são apresentadas várias alternativas e se consegue captar algumas necessidades importantes dos clientes, antes da fase de orçamento. No MFV futuro, esta atividade inicia-se na chamada reunião de projeto (Figura 6.39).

Com a mudança acima descrita, a coordenadora de planejamento da fábrica acumulou a função de coordenadora de projetos, com o objetivo de facilitar a integração da gestão do projeto com os processos posteriores de fabricação e montagem.

Conforme mencionado no item 4.5.3.4, decidiu-se pela formação de uma equipe interna de projeto para a Obra E, com capacidade para realizar projetos de GE e DI. Houve uma reestruturação da equipe de projeto que já existia, sendo que dois profissionais que só faziam a verificação de projeto, passaram também a projetar.

projetos são armazenados à medida que ficam prontos.

⁴⁴ Nos mapas apresentados no item 6.2 não foi apontado o processo referente à assinatura do termo de entrega da obra, por essa ser uma atividade que pode ocorrer em diferentes momentos. Em geral, ocorre quando a empresa entrega a obra montada, mas esta entrega pode ser retardada se houve algum desacordo entre o cliente e a empresa. Essa assinatura está sempre atrelada ao pagamento da última parcela à empresa.

Além disso, contrataram-se novos projetistas e desenhistas. Os projetos de fundação e o cálculo continuariam a ser executados por projetistas externos.

Foi também proposta a desvinculação da contratação de projetistas externos à participação dos mesmos no período de elaboração da proposta. A empresa decidiu realizar dois contratos distintos, um para a elaboração da proposta, normalmente com um escritório de calculista externo e outro para a elaboração do projeto propriamente dito, em ambos os casos considerando a disponibilidade e a experiência do projetista.

6.2.3 Fase 2 - Implementação do fluxo contínuo no projeto - Obra E

No cronograma acordado com o cliente, foram definidos dois prazos de entrega, referentes a duas partes distintas (Figura 6.40): (a) do Eixo 01 ao 23 (vertical) e do Eixo A ao H (horizontal), com prazo para junho de 2008; (b) do Eixo 24 ao 40 (vertical) e do Eixo A ao H (horizontal), com o prazo para janeiro de 2009. Em função desses prazos de entrega foram definidas as duas etapas da mesma e as datas de conclusão dos projetos de DI: março de 2008 para a etapa 1 e julho de 2008 para a etapa 2.



Figura 6.40 Obra dividida conforme prazo de entrega

Uma das características do processo de projeto deste empreendimento foi a necessidade de sobrepor muitas das atividades de projeto assumidas como seqüenciais no MFV futuro, apresentado na Figura 6.39.

O projeto de GE iniciou em 11/10/07, antes mesmo da confirmação de nova obra, devido ao fato de que era um contrato de elevado valor e algumas decisões deste projeto poderiam contribuir para as negociações com o cliente. A reunião inicial de projeto ocorreu na sede do cliente somente em 26/11/2007, contando com a presença do representante do cliente, coordenador de projeto, um projetista interno e o profissional responsável pelo contato com o cliente (ex-coordenador de projeto). Contudo, havia ainda várias indefinições do projeto, principalmente relacionadas ao mezanino e à localização da escada.

A data de conclusão prevista para o projeto de GE era 6/2/2008. Entretanto, este projeto atrasou, sendo concluído somente em 18/03/2008. A principal causa deste atraso foi a demora na tomada de decisão por parte do cliente, apesar do mesmo ter conhecimento das datas limites para as diferentes etapas do projeto

O início do projeto de DI também teve que ser antecipado para 23/12/2007, antes da conclusão do projeto de GE, em função do grande número de telhas (3.823 peças) a serem fabricadas (início planejado para 03/01/2008), as quais necessitavam de projeto. De fato, havia se decidido na reunião de 4/12/2007, que o projeto e fabricação das telhas não seguiriam a seqüência dos lotes de projeto definidos para as demais peças, pois as mesmas necessitavam de um maior tempo para a fabricação, devido a limitações de capacidade da fábrica.

Em função do atraso do projeto GE, os projetos de DI das demais peças foram sendo elaborados em paralelo, para não atrasar o prazo do projeto. Os projetistas internos faziam um pré-projeto de algumas peças, cuja conclusão dependia de algumas definições do cliente. Isso ocasionou muitos retrabalhos e a elaboração de projetos adicionais de peças do galpão.

Em 4/12/2007, muito antes do final do projeto de GE, foi realizada a reunião para a primeira definição dos lotes de projeto entre os projetistas internos, o calculista (esse externo), coordenador de projeto e pesquisadora. Ao fim da reunião, datas para cada lote de projeto foram decididas e acordadas com os projetistas. Porém, a confirmação destas datas dependia de algumas definições do cliente, referentes ao projeto de GE.

Na Figura 6.41 está apresentada a divisão inicial da obra em lotes de projeto de DI. Este plano contém nove lotes de projeto (Lp1 a Lp9), com as respectivas datas de conclusão.

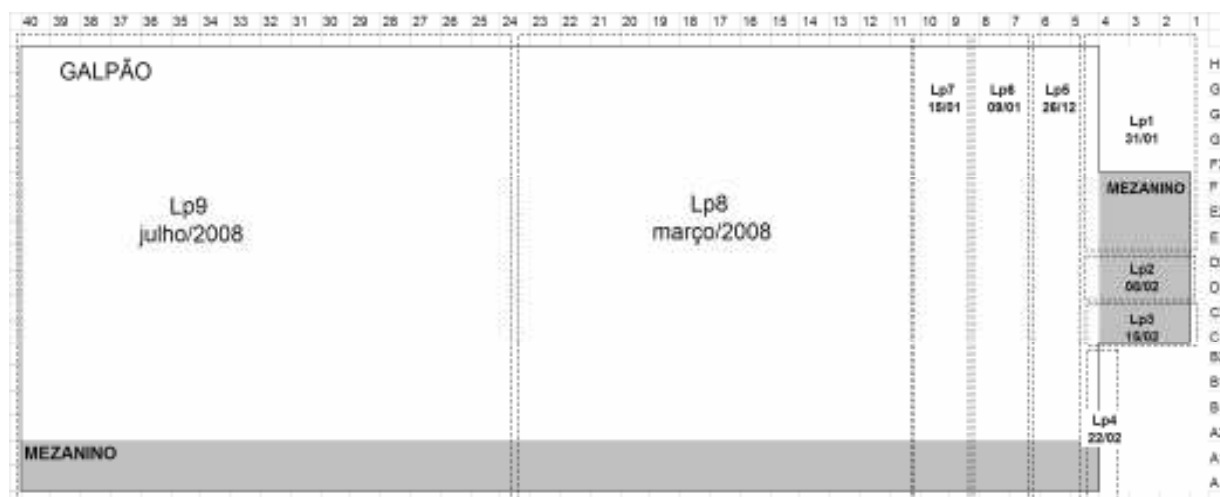


Figura 6.41 Primeira divisão da obra em lotes de projeto de DI

A obra é constituída de um galpão, que contém dois mezaninos, um à direita e outro na parte inferior da Figura 6.41. A prioridade de entrega era o mezanino localizado à direita, pois a maioria das obras civis é concentrada nessa região, onde será localizado o escritório do centro de distribuição. O mezanino é a região na qual o projeto tende a ser mais complicado, pois envolve um maior número de peças a serem projetadas e, além do mais, existe grande interferência do cliente, tornando-se, assim, a região mais complexa de se realizar tanto nos projetos de GE quanto de DI.

Por outro lado, o galpão, apesar ter uma área bastante superior ao mezanino, envolve um menor número de peças, com grande repetitividade, tornando o projeto das peças mais fácil. Porém, a produção das peças do galpão é mais demorada em função do grande volume de peças e sua fabricação depende do ritmo de produção definido pelo setor de planejamento da fábrica, que deve ser considerado no planejamento dos lotes de projeto.

Assim, observa-se que, apesar da obra começar pelo mezanino, os Lp 5, Lp 6 e Lp 7 têm datas de entrega anteriores aos lotes do mezanino (Lp1, Lp2, Lp3 e Lp4). Assim, as datas de entrega dos primeiros lotes de projeto para o galpão foram definidas não apenas em função da montagem da obra, mas também em função da capacidade da fábrica. Para os Lp 8 e Lp 9 não foram definidas datas específicas, apenas o mês para conclusão dos projetos, em função da grande folga de tempo que existia entre fabricação e montagem.

Em função da falta de definição de alguns elementos no mezanino, houve necessidade de reformular duas vezes o plano de lotes de projeto de DI. A Figura 6.42 apresenta a versão final deste plano, elaborado pela coordenadora de projetos em conjunto com a equipe de projetistas internos.

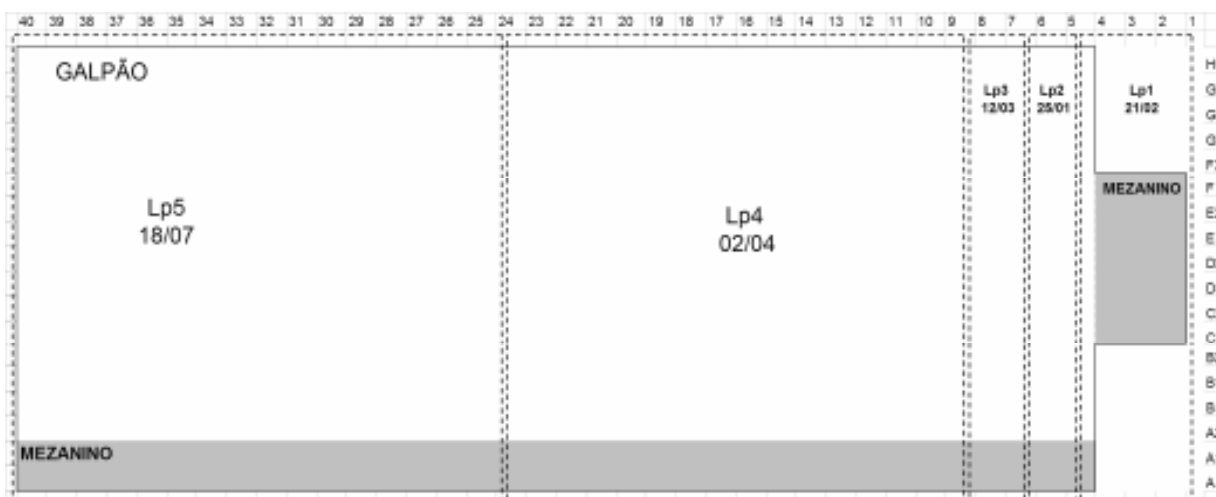


Figura 6.42 Divisão final da obra em lotes de projeto de DI

No novo plano, o número de lotes de projeto foi reduzido para 5, sendo agrupados os lotes Lp1 a Lp4 e Lp7 e Lp8 (conforme numeração da Figura 6.41) Com relação às datas, as entregas previstas dos lotes tiveram que ser adiadas, com exceção do Lp1, que foi replanejado para ser concluído um dia antes (21/02 ao invés de 22/02). De fato, a equipe de projeto havia adiantado os projetos de DI destes lotes em função de atrasos dos demais.

Apesar dos problemas encontrados na implementação das mudanças propostas, algumas melhorias foram introduzidas com sucesso, podendo ser destacada a introdução de um planejamento de lotes de projeto de DI na empresa, a partir da demanda dos processos de fabricação e montagem. Além disto, foi desenvolvida pela própria coordenadora de projetos uma planilha que formaliza o planejamento e controle de projetos. Nesta planilha, constam o sentido de montagem, informações sobre versões de projeto, datas de entregas previstas, composição dos lotes de projeto de DI, causas de atraso e situação atual de cada lote (adiantou, no prazo, ou atrasou), entre outras informações.

Em relação à implementação do MFV futuro proposto (Figura 6.39), podem ser destacadas as seguintes dificuldades:

- Em que pese a realização de reuniões para a definição dos lotes de projeto, estes foram definidos simplesmente a partir do sentido do processo de montagem, definido pelo diretor técnico. Não foram realizadas reuniões envolvendo representantes de vários setores da empresa para um planejamento integrado dos projetos de projeto, fabricação e montagem. Neste planejamento deveriam ser definidos em detalhe os lotes de montagem e a sua seqüência, a partir dos quais deveriam ser definidos os lotes de projeto;
- Em função das características do empreendimento, tais como grande porte, demora na tomada de decisão pelo cliente e curto prazo, houve grande

necessidade de simultaneidade entre as diversas atividades de projeto, ao contrário do que havia sido previsto no MFV futuro. Neste mapa, as 5 primeiras atividades foram planejadas para ocorrerem seqüencialmente. Ficou claro que no contexto da obra E isto não foi possível, indicando a necessidade de estudar em maior profundidade a aplicação desta ferramenta em ambientes de projetos simultâneos, nos quais não é possível definir uma seqüência rígida de atividades.

6.2.4 Análise dos resultados

A seguir faz-se a análise dos resultados do estudo em relação às proposições de pesquisas apresentadas no Capítulo 4. Neste estudo as proposições eram referentes à aplicação do Mapa do Fluxo de Valor ao processo de projeto, à utilização dos conceitos de redução do tamanho do lote e produção puxada na gestão do projeto, e à utilização de equipes multifuncionais para a tomada de decisão.

6.2.4.1 Mapa do Fluxo de Valor no processo de projeto

O mapeamento do fluxo de valor teve um papel bastante importante no diagnóstico do processo de projeto de estruturas pré-fabricadas. Foram utilizados dois tipos de mapa, um simplificado, baseado no método proposto por Rother e Shook (1999) e outro detalhado, construído a partir de uma adaptação de mapas para processos administrativos (REIS, 2004).

Os mapas foram eficazes em evidenciar uma elevada parcela de atividades que não agregam valor para os principais intervenientes da empresa, incluindo diretores da mesma, a exemplo do que ocorreu no estudo empírico 2, cumprindo um papel fundamental na decisão da empresa em estender a implementação de fluxo

contínuo ao processo de projeto. Da mesma forma, o MFV futuro detalhado (Figura 6.39) foi bastante sintético e conseguiu refletir adequadamente a proposta de implementação de mudanças acordada entre a pesquisadora e os intervenientes da empresa.

No processo de implementação, observou-se que o contexto estudado demandava um processo de projeto com grande simultaneidade entre atividades, o que não havia sido previsto no MFV proposto, cujos sub-processos eram de natureza predominantemente seqüencial. Assim, o presente estudo indica a necessidade de aprofundar a investigação sobre a adaptação desta ferramenta ao processo de projeto, de forma a melhor considerar a natureza deste processo, principalmente em contextos nos quais existe grande complexidade, incerteza e pressão por prazos curtos.

6.2.4.2 Redução do tamanho do lote e produção puxada no projeto

O estudo empírico indicou que ambos os princípios de reduzir o tamanho do lote e puxar a produção são viáveis de serem implementados e podem trazer benefícios imediatos ao processo de projeto de estruturas pré-fabricadas. As entrevistas finais com a coordenadora de projetos e membros da equipe interna de projeto oferecem evidências neste sentido.

O MFV da Figura 6.35 (entre a elaboração de GE e o Desenho Individual) indica claramente o chamado *decoupling point*⁴⁵, ou seja, o ponto no qual a produção de projetos deixa de ser empurrada e passa a ser puxada. Foi inclusive identificada a oportunidade para trabalhar com o conceito de célula de produção de projeto,

⁴⁵ Pode ser traduzido como “ponto de desacoplamento”.

envolvendo o calculista, projetista de DI e projetista de verificação, que poderia ser explorada no futuro pela empresa.

Entretanto, este *decoupling point* pode tornar-se difícil de ser identificado à medida que algumas decisões do projeto de GE são postergadas e alguns projetos de DI necessitam ser antecipados em função de peças com *lead times* de fabricação maiores, como foi o caso das telhas.

6.2.4.3 Utilização de equipes multifuncionais

A utilização de equipes multifuncionais foi uma das melhorias mais importantes propostas no MFV futuro (Figura 6.39). Foram propostas diferentes equipes para os seguintes estágios do processo de projeto: (a) na reunião inicial de projeto para a captação de requisitos e tomada de decisão sobre o projeto conceitual; (b) na reunião de avaliação do projeto de GE com o cliente; e (c) na reunião de definição dos fluxos dos empreendimentos.

Entretanto, com base na análise deste estudo empírico, podem-se observar dificuldades de realizar estas reuniões ao longo do processo de projeto, entre as quais podem ser salientadas as seguintes:

- Elevado nível de incerteza que existem em alguns empreendimentos, devido às características das empresas contratantes, que, muitas vezes, contratam a obra antes de definir a forma de operação de suas instalações;
- Necessidade de mudanças organizacionais, que criem disponibilidade de tempo para que os profissionais a serem envolvidos possam efetivamente participar destas reuniões; e

- Dificuldade de obter o comprometimento de alguns profissionais da própria empresa (por exemplo, a participação de gerentes de obras em reuniões de projeto), e de projetistas internos, com as mudanças propostas. Neste sentido existe necessidade de investimentos em treinamento e em mudanças comportamentais.

7 PROPOSTAS DE DIRETRIZES E CONTRIBUIÇÕES CONCEITUAIS

Neste capítulo apresentam-se as propostas de diretrizes para implementação de fluxo contínuo para os dois contextos estudados: obras de edificações e estruturas pré-fabricadas de concreto. Apresentam-se, também, neste capítulo, as contribuições conceituais relacionadas à implementação do fluxo contínuo.

7.1 DIRETRIZES PARA IMPLEMENTAÇÃO DE FLUXO CONTÍNUO

As diretrizes para a implementação do fluxo contínuo propostas neste item estão vinculadas a quatro grandes etapas: (a) diagnóstico, (b) criação das condições iniciais, (c) planejamento e (d) controle. Estas etapas não são estanques, mas, ao contrário, existem sobreposições entre as mesmas.

Na etapa de diagnóstico, busca-se obter informações sobre os principais problemas enfrentados pela obra. Se a obra não tiver sido iniciada, pode-se avaliar outra obra em andamento da mesma empresa que seja similar, tal como foi realizado no estudo empírico 2. Entre as informações buscadas neste diagnóstico, podem ser

destacadas as seguintes: (a) o sistema de gestão da produção da empresa, particularmente o processo de planejamento e controle existente; (b) os principais problemas enfrentados pela obra sendo analisada, tais como a existência de estoques, falhas de projeto e dificuldades com suprimentos; e (c) configuração da cadeia de suprimentos. Este diagnóstico deve envolver uma análise qualitativa, a partir de entrevistas com intervenientes e visitas à obra, mas deve também ser baseado na aplicação de outras ferramentas e indicadores, a serem detalhados nos itens seguintes.

Simultaneamente à realização do diagnóstico, pode-se iniciar um esforço para se estabelecer as condições mínimas necessárias na obra para iniciar a implementação do fluxo contínuo. Particularmente nos estudos empíricos 1 e 4 buscou-se fazer a relação entre estas condições mínimas e o conceito de estabilidade básica, recentemente introduzido na literatura sobre Mentalidade Enxuta (SMALLEY, 2005; LIKER; MEIER, 2007). Porém, constatou-se que o estágio denominado como estabilidade básica nessa bibliografia é muito mais um resultado da implementação de fluxo contínuo do que um pré-requisito para o mesmo.

A terceira etapa envolve o planejamento do fluxo de valor, em diferentes níveis, desde a obra como um todo, passando pelo fluxo de valor das unidades repetitivas, definidas no planejamento de longo prazo, assim como por processos e operações específicas (Figura 7.1). Estes são os níveis de análise propostos para empreendimentos da construção civil, em oposição aos níveis de análise propostos por Rother e Shook (1999) – Figura 3.18. Alguns dos níveis de planejamento propostos podem ser realizados antes de iniciar a obra, enquanto outros, de caráter mais detalhado, devem ser feitos ao longo da mesma a partir de dados coletados no seu contexto específico.

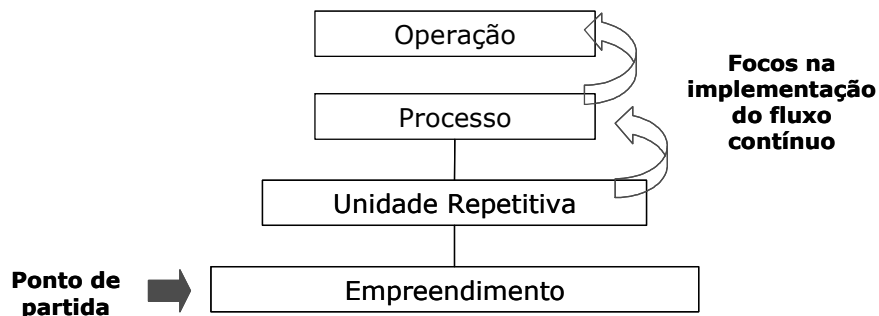


Figura 7.1 Hierarquia de níveis de análise do fluxo de valor

Finalmente, a etapa de controle está relacionada ao monitoramento dos resultados e realização das ações corretivas necessárias para que as metas do empreendimento sejam atingidas. Nesta etapa existe a necessidade de indicadores de desempenho e mecanismos que permitam a retro-alimentação eficaz dos mesmos.

7.1.1 Implementação de fluxo contínuo em obras de edificações

As diretrizes foram divididas em dois grupos: mudanças no sistema de planejamento e controle da produção e adaptação das ferramentas da Mentalidade Enxuta. Ao final, busca-se explicar a integração entre as ferramentas empregadas.

7.1.1.1 Mudanças no planejamento e controle da produção

Ainda na fase de diagnóstico, em paralelo à avaliação qualitativa da obra, a intervenção deve ser iniciada por meio de mudanças no sistema de planejamento e controle da produção, antes mesmo de introduzir as ferramentas tradicionais de Mentalidade Enxuta. Sugerem-se melhorias com base no Sistema *Last Planner* de Controle da Produção (BALLARD; HOWELL, 1998; BALLARD, 2000), principalmente no sentido de hierarquizar este processo e torná-lo formalizado e sistemático. Essa implementação deve acontecer ao longo de toda a execução da obra.

No nível de planejamento de longo prazo, propõe-se a utilização da Linha de Balanço, que cumpre três diferentes papéis:

- Por meio da tradução do cronograma existente na Linha de Balanço, visualmente podem ser identificadas diversas oportunidades de melhoria, tais como estoques em processo, falta de sincronia entre processos, lotes excessivamente grandes e descontinuidade no trabalho de equipes, entre outros problemas;
- A partir da análise inicial dos problemas existentes, pode-se propor uma primeira revisão da Linha de Balanço, que deve passar a ser adotada como plano de longo prazo. Isto ocorreu tanto na obra A como na obra F. Nesta revisão, deve-se propor uma clara divisão da obra em zonas de trabalho, a definição do seqüenciamento dos principais processos, a redução do tamanho dos lotes e a sincronização entre alguns processos, de forma a reduzir os estoques em processo. Dependendo do tipo de obra, pode ser necessário também um planejamento espacial dos fluxos de equipes e materiais tendo como referência a planta de implantação do empreendimento. É o caso, por exemplo, de obras horizontais, tais como condomínios de casas (como a obra F), para os quais não se consegue representar claramente todos os fluxos físicos somente com base na Linha de Balanço;
- A elaboração desta Linha de Balanço pode também ser considerada como parte da criação das condições iniciais, uma vez que uma série de decisões importantes relacionadas aos fluxos da obra são explicitadas. Estas decisões estabelecem uma referência para a realização das demais atividades de planejamento e controle. De fato, um dos problemas detectados em relação às condições iniciais, em ambos os estudos empíricos 1 e 4, era a falta destas definições, que são importantes para nortear o andamento da obra. Tais decisões não são devidamente explicitadas nos cronogramas e redes de precedência normalmente utilizados para o planejamento de longo prazo.

No caso de obras que tenham um baixo grau de repetitividade, é importante criar algum tipo de diagrama que indique os principais fluxos das equipes ao longo do tempo. Em alguns casos, pode-se dividir a obra em lotes de conteúdo semelhante de trabalho (que passam a ter o caráter repetitivo), de forma a explorar o efeito aprendizagem (ver, por exemplo, os estudos de Schramm *et al.* (2006)).

O planejamento e controle da produção em nível de curto prazo, por sua vez, cumpre um papel importante nas etapas de diagnóstico e criação das condições iniciais. Em relação ao diagnóstico, a rapidez com que se pode implementar o planejamento semanal permite que rapidamente se tenha um indicador de eficácia do planejamento, o PPC, e a indicação das causas de falhas neste processo, por meio da causa do não cumprimento dos pacotes.

Em relação à criação das condições iniciais, ambos os níveis de planejamento e controle de médio e curto prazo, implementados com base no Sistema *Last Planner*, podem contribuir para tornar possível a implementação do fluxo contínuo em obras de edificações. No nível de curto prazo, por meio das reuniões semanais de planejamento, pode-se gerenciar os compromissos com as diferentes equipes envolvidas. Isto é particularmente importante no caso de obras que tenham uma elevada parcela de sub-empregados.

O PCP de médio prazo também contribui para a obtenção destas condições por meio da identificação e remoção sistemática de restrições. Se adequadamente implementado, este nível de planejamento contribui para o gerenciamento dos vários recursos necessários para a execução das atividades na obra dentro de condições adequadas, de forma semelhante às abordagens utilizadas para criar estabilidade básica, tais como o 4M (SMALLEY, 2005) e o 5M (TAKAHASHI; OSADA, 1993). No caso específico de obras de edificações, em função de suas peculiaridades, há necessidade de considerar alguns recursos adicionais, tais como espaço, projeto, instalações provisórias, que normalmente não são considerados nas abordagens do 4M ou 5M, voltadas para a indústria da manufatura. Por outro

lado, o planejamento de médio prazo não faz qualquer referência à padronização do trabalho.

Chama-se a atenção para o fato de que, não apenas a disponibilidade dos recursos na obra é importante, mas também devem ser introduzidas melhorias na qualidade dos recursos disponibilizados, tais como aumentar a confiabilidade de entrega de materiais por parte dos fornecedores e disponibilizar mão de obra devidamente capacitada (SMALLEY, 2005).

No 0 são resumidas as diretrizes específicas para cada nível de planejamento, sendo indicadas também algumas medidas de desempenho que são tradicionalmente utilizadas para controlar as obras, incluindo aquelas utilizadas no Sistema *Last Planner* (PPC, % de causas do não cumprimento dos planos e índice de remoção de restrições).

Quadro 7.1 Diretrizes para a implementação do Planejamento e Controle da Produção no contexto de obras de edificações

Nível do planejamento	Diretrizes específicas	Medidas de desempenho	Ferramenta
Longo prazo	<ul style="list-style-type: none"> - Estabelecer o seqüenciamento e fluxos das equipes para os principais processos; - Definir o tamanho do lote; - Sincronizar os ritmos de processos para reduzir os estoques em processo 	<ul style="list-style-type: none"> - Avanço físico - Desvio de ritmo 	Linha de Balanço
Médio prazo	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar e remover sistematicamente as restrições 	<ul style="list-style-type: none"> - Índice de remoção de restrições 	<i>Last planner (look-ahead)</i>
Curto prazo	<ul style="list-style-type: none"> - Introduzir a participação e comprometimento das equipes de produção - Identificar as principais causas das falhas de planejamento 	<ul style="list-style-type: none"> - PPC - Causas do não cumprimento dos planos 	<i>Last planner (shielding production)</i>

7.1.1.2 Adaptação das ferramentas da Mentalidade Enxuta

Ainda na fase de diagnóstico, com base nas informações geradas na Linha de Balanço, pode-se elaborar o primeiro MFV. No caso de obras de edificações, propõe-se uma adaptação desta ferramenta. Ao contrário de outros estudos (FONTANINI, 2004; PASQUALINI; ZAWISLAK, 2005) que mapearam o fluxo de elementos construtivos específicos, no presente trabalho propõe-se a elaboração do MFV para a unidade repetitiva sendo processada (por exemplo, um apartamento, uma casa) definida no planejamento de longo prazo. O cálculo da quantidade de estoques em processo é feito a partir de uma unidade intermediária da Linha de Balanço. Assim como para a Linha de Balanço, pode-se elaborar dois MFV's, um do estado atual e outro para o estado futuro.

Ao se passar as informações da Linha de Balanço para este MFV, muda-se o nível de análise, do fluxo de valor do empreendimento como um todo para o fluxo de uma unidade repetitiva. É possível, inclusive que haja mais de uma unidade repetitiva distinta em uma mesma obra. Por exemplo, no caso de um edifício de vários pavimentos, pode-se considerar um apartamento como a unidade repetitiva para os processos de divisórias, instalações e revestimentos internos (como na obra A) e o pavimento como a unidade repetitiva para os revestimentos de fachada. Nestes casos, os fluxos das equipes nas unidades em geral têm ritmos e direções diferentes, o primeiro grupo de cima para baixo e o segundo de baixo para cima.

Na etapa de planejamento, além do PCP em três diferentes níveis hierárquicos, o presente trabalho propõe o uso sistemático das três ferramentas da Mentalidade Enxuta (MFV, GBO e TTPC) para grupos de processos que podem ser executados em fluxo contínuo (ver exemplo da Figura 7.2). Por exemplo, no estudo empírico 1, as atividades relativas à execução do *dry wall* e das instalações foram sincronizadas na Linha de Balanço e depois planejadas em mais detalhes por meio do MFV do processo, e do GBO e TTPC para a distribuição das operações entre os membros da equipe. Em outras palavras, propõe-se a implementação de fluxo contínuo não para

toda a obra, mas de uma forma gradual em grupos de processos, nos quais se podem retirar o estoque em processo entre ele e sincronizar seus ritmos. Diferentemente do MFV utilizado na etapa de diagnóstico, neste nível de planejamento, passa-se a considerar grupos de processos específicos.

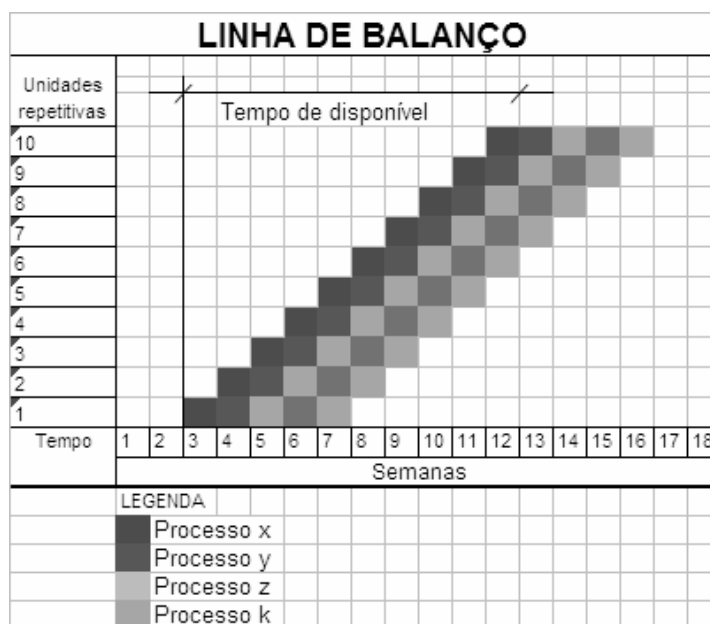


Figura 7.2 Conjunto de processos sincronizados na Linha de Balanço

Para elaboração do MFV do estado futuro usaram-se as perguntas chaves propostas por Rother e Shook (1999), que estabelecem uma estrutura para a tomada de decisão referente à implementação de conceitos e ferramentas da Mentalidade Enxuta, tais como a introdução de células de trabalho ou a escolha entre sistemas puxados com supermercado ou seqüencial (FIFO), dentro de uma visão integrada. Para o cálculo do tempo *takt* usa-se a fórmula 5 com os dados provenientes da Linha de Balanço (Figura 7.2):

$$TempoTakt_{Processo X} = \frac{Tempo de produção disponível (processo X)}{Número de unidades (processo X)} \quad (7.1)$$

Em relação à aplicação do GBO e TTPC, nessa fase da implementação, a unidade de análise passa a ser a operação, ou seja, o fluxo humano temporal e espacial

centrado no trabalhador (item 2.3). É importante que se tenham dados da própria obra, considerando as peculiaridades da mesma, já que o conteúdo do trabalho a ser realizado e os recursos envolvidos podem variar substancialmente de uma obra para outra. Assim, este nível de planejamento deve ser realizado à medida que a obra avança e novos processos são iniciados, utilizando dados coletados nos primeiros ciclos de produção.

Vale salientar que estas ferramentas não foram utilizadas no nível de detalhe de elementos do trabalho. Adotaram-se grupos mais agregados de operações, com durações de horas ou turnos, ao invés das durações de minutos ou segundos, normalmente adotados para os elementos de trabalho. Assim, estas ferramentas contribuíram principalmente para o balanceamento das atividades e não tanto para a padronização das operações, a exemplo do que ocorre no trabalho padronizado. Como não se adotou o conceito de elementos de trabalho, pressupõe-se uma maior autonomia às equipes de trabalho em relação à seqüência de execução. Neste caso não se usa a idéia do padrão como uma hipótese de melhor prática, o que pode dificultar a rápida identificação de problemas dentro do tempo *takt* (ver item 3.1.6). Por esta mesma razão, as caminhadas dos operários não foram explicitadas, dificultando a identificação de perdas por movimentos desnecessários.

Além da questão do nível de agregação das operações, deve-se analisar a possibilidade de transferência dos elementos de trabalho para outra pessoa no balanceamento do trabalho. Isso traz embutido o conceito de multi-funcionalidade, cuja implementação no setor de construção civil pode ter restrições em função das especialidades tradicionais que existem neste setor.

Em relação à TTPC, sugere-se a participação efetiva dos funcionários na sua configuração final, principalmente no que se refere ao seqüenciamento das atividades por funcionário e ao tempo planejado para executar cada trabalho. Deve-se usar a diferença entre o tempo de ciclo e tempo *takt* para a resolução de problemas que, por ventura, ocorram nesse intervalo de tempo. Podem-se usar,

também, horas extras para recuperar o trabalho atrasado em função dos problemas que ocorrem na produção.

No Quadro 7.2 é apresentado um resumo das diretrizes específicas para a adaptação de ferramentas da Mentalidade Enxuta (ME) para o contexto de obras de edificações. Foi incluída a Linha de Balanço pois esta ferramenta gera os dados necessários para o MFV.

Quadro 7.2 Diretrizes para a adaptação das ferramentas da Mentalidade Enxuta ao contexto das obras de edificações

Nível de análise	Diretrizes específicas	Medidas de desempenho	Ferramenta
Empreendimento	<ul style="list-style-type: none"> - Estabelecer o seqüenciamento e fluxos das equipes para os principais processos; - Definir o tamanho do lote; - Sincronizar ritmos de processos para reduzir os estoques em processo 	<ul style="list-style-type: none"> - Avanço físico - Desvio de ritmo - Aderência ao seqüenciamento 	Linha de Balanço
Unidade repetitiva	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar perdas no processo de produção de uma unidade repetitiva média 	<ul style="list-style-type: none"> - % do tempo em atividades que agregam valor - Aderência ao lote 	MFV por unidade repetitiva
Processo	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar perdas em processos específicos 	<ul style="list-style-type: none"> - % do tempo em atividades que agregam valor 	MFV por processo
Operação	<ul style="list-style-type: none"> - Balancear o trabalho das equipes e estabelecer uma seqüência de execução de operações. - Adotar grupos mais agregados de operações. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo de ciclo 	GBO e TTPC

Em relação ao controle, além dos indicadores tradicionais de PCP, indicados no Quadro 7.2, deve-se também empregar outros indicadores, que possuem ligação

direta com os conceitos e princípios da Mentalidade Enxuta, entre os quais podem ser destacados os seguintes:

- Percentagem média do tempo gasto em atividades que agregam valor para cada unidade repetitiva;
- Quantidade de estoques em processo;
- Tempo de ciclo da unidade repetitiva (ver Figura 6.24) ou de grupos de processos sincronizados;
- Indicadores de aderência à seqüência e ao lote definidos, de forma semelhante aos indicadores utilizados no estudo empírico 2 (ver item 6.1.3.2.1)

Salienta-se que alguns dispositivos visuais poderiam ser utilizados para monitorar alguns destes indicadores, como é o caso do *andon*, para aumentar a transparência dos processos. Aliado a estas medidas, é necessário também estruturar o apoio de líderes de equipe e cadeia de ajuda para a resolução de problemas dentro do próprio ciclo de produção.

7.1.1.3 Seqüência de aplicação das ferramentas

A Figura 7.3 apresenta um diagrama que representa a seqüência de aplicação das várias ferramentas. Pode-se observar que a implementação inicia pela análise e definição dos fluxos principais da obra, incluindo a seqüência dos principais processos, os fluxos das equipes, a divisão da obra em zonas de trabalho e os fluxos principais de materiais.

A partir destas definições, pode-se planejar a obra nos níveis de médio e curto prazo e aplicar as ferramentas de Mentalidade Enxuta, na seqüência proposta no item 7.1.1.2. Em relação ao controle, este deve integrar os indicadores tradicionais

de planejamento com as medidas propostas para avaliar o sucesso da implementação da Mentalidade Enxuta.

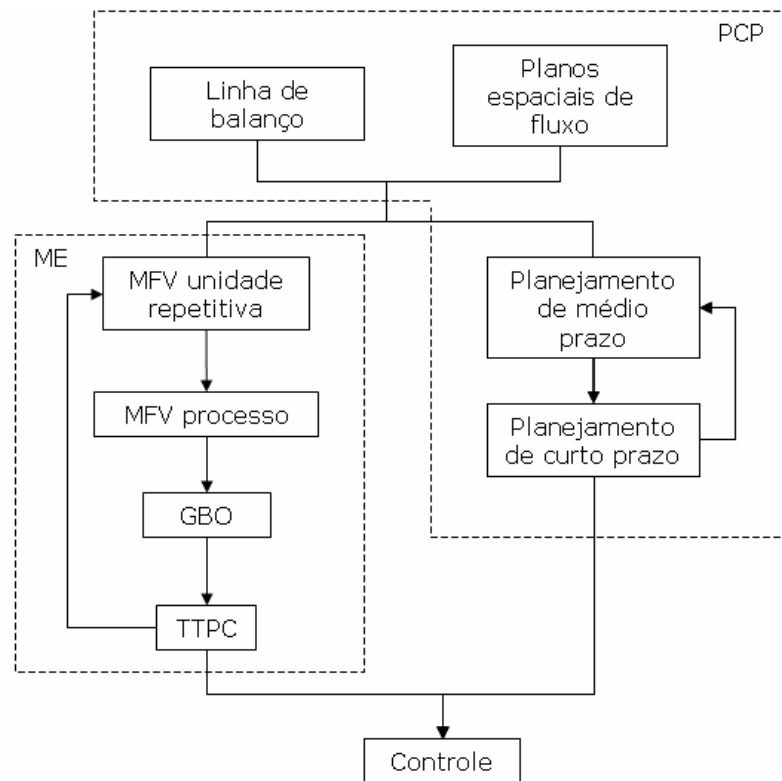


Figura 7.3 Seqüência de implementação de ferramentas no contexto de obras de edificações

7.1.2 Implementação de fluxo contínuo em obras de montagem de estrutura pré-fabricada

As diretrizes para a implementação de fluxo contínuo em obras de montagem de estrutura pré-fabricada foram divididas em cinco grupos: (a) diagnóstico inicial, (b) planejamento integrado do projeto, fabricação e montagem, (c) redução do lote, (d) mudanças no processo de planejamento e controle da montagem, e (e) implementação do fluxo contínuo no processo de projeto. Ao final deste item, discute-se a integração entre as mesmas.

7.1.2.1 Diagnóstico do processo de montagem

Como as obras de montagem de estrutura de concreto pré-fabricadas são relativamente curtas, deve-se realizar o diagnóstico em uma obra e realizar a implementação do fluxo contínuo em uma segunda obra. Isto é particularmente importante em função da diferença dos *lead times* de fabricação e de montagem – por exemplo, no estudo empírico 2 levava-se 24 h para fabricar uma telha e somente 4 min para montá-la. Ou seja, quando inicia o processo de montagem, o projeto e a fabricação das peças encontram-se bastante avançados.

Em contraste com as diretrizes propostas para obras de edificação, sugere-se a utilização do MFV no início do diagnóstico, uma vez que é relativamente fácil de aplicar esta ferramenta de uma maneira simplificada, na qual se considera o produto final como a obra totalmente montada, sendo mapeado o fluxo total das peças. Como resultado da aplicação da ferramenta obtém-se uma medida das perdas para a obra completa por meio da diferença entre o tempo total de construção e o tempo de agregação de valor.

Ainda na fase de diagnóstico, pode-se, com relativa facilidade, coletar informações sobre a seqüência de montagem prevista ou realizada e o grau de ociosidade do(s) equipamento(s) de montagem. Na obra B, por exemplo, estes levantamentos detectaram a falta de uma definição clara de montagem, a existência de grandes lotes (ver Figura 6.4) e a grande ociosidade dos equipamentos pela comparação de sua capacidade com o número de viagens efetuadas (ver Figura 6.5).

7.1.2.2 Planejamento integrado do projeto, fabricação e montagem

A partir da realização do estudo empírico 3, cujo escopo foi o processo de projeto de estruturas pré-fabricadas, identificou-se a necessidade de realizar uma reunião de planejamento integrado dos processos de projeto, fabricação e montagem. Esta

reunião foi denominada nesse estudo de reunião de definição dos fluxos do empreendimento, sendo a mesma realizada após a aprovação do projeto de GE pelo cliente. As principais decisões tomadas na mesma são:

- Definição das grandes etapas da montagem e a primeira definição de lotes reduzidos e repetitivos;
- Identificação da parcela de capacidade da fábrica que será alocada para a obra, em geral expressa pelo ritmo de fabricação por peça (por exemplo, número de pilares, vigas e telhas por dia); e
- Definição dos lotes expandidos de projeto, que devem atender às demandas de prazo da montagem e da fábrica. Estes lotes de projeto são posteriormente subdivididos em lotes menores.

Participam desta reunião representantes das equipes de projeto, fabricação e montagem. Pode ser necessário ter na reunião também a participação de um representante do cliente, caso haja necessidade de discutir demandas em termos de entrega da obra em etapas e repercussões financeiras.

7.1.2.3 Redução do lote

As obras de estruturas de concreto pré-fabricadas em geral são modulares, apresentando oportunidades de definir lotes relativamente pequenos que podem ser repetidos muitas vezes (por exemplo, um vão da estrutura). Entretanto, existe a necessidade de realizar um cuidadoso processo de tomada de decisão para definir o conteúdo do(s) lote(s) a ser (em) adotado(s), diferentemente de algumas tipologias de obras de edificações, nas quais existe uma unidade repetitiva naturalmente definida (por exemplo, um apartamento, uma casa, um pavimento). Deve haver um equilíbrio em termos de demanda da capacidade da fábrica, do sistema de transporte e dos equipamentos de montagem na obra. É objetivo também do

pequeno lote reduzir a movimentação do(s) equipamento(s), eliminando atividades que não agregam valor.

Assim, antes de começar o projeto de DI e a fabricação de peças com *lead time* mais curto, existe a necessidade de definir os lotes reduzidos de montagem, que podem ser diferentes para cada etapa da obra. Estes lotes podem ser apresentados por meio de um conjunto de planos:

- Plano de seqüenciamento de montagem: define a seqüência de montagem para cada tipo de peça (por exemplo, pilares, vigas, lajes, escadas e telhas). Em geral é usado o projeto de GE ou croquis da obra para representar cada lote (Figura 6.11, Figura 6.12, Figura 6.13);
- Quadro resumo de montagem: apresenta o número de peças a serem montadas a cada ciclo. Deve ficar claro neste plano o nivelamento da produção (ver Figura 6.16 e Figura 6.17). Tem função de comunicar o lote aos envolvidos com a montagem da obra de forma mais reduzida e simples. Neste plano podem ser criados estoques controlados para absorver possíveis problemas, tais como, por exemplo, chuvas, falhas no sistema de transporte e atrasos na fábrica. Na obra C foi criado um estoque controlado de 12 pilares;
- Linha de Balanço: pode ser usada para representar o ritmo da montagem (ver Figura 6.18) e para controlar o ritmo de montagem do pequeno lote, de forma a atender o prazo da obra acordado com o cliente. É particularmente útil em etapas de obras que tem muitas repetições e duração mais longa; e
- Quadro de tempos de montagem: tem a função de verificar a adequação da capacidade instalada dos equipamentos em relação ao plano de montagem do pequeno lote. Neste quadro têm-se informações referentes às quantidades de peças a serem montadas por dia, os tempos totais necessários para montagem por lote, os tempos de *setup* e os tempos totais (soma dos tempos totais de montagem por lote e os tempos de *setup*) (Figura 6.19). Comparando-se o

tempo disponível do equipamento por dia com os tempos totais pode-se fazer uma análise da ociosidade de equipamentos. A partir das informações obtidas do quadro é que se define efetivamente o tamanho do lote. Este pode ser realizado simultaneamente com o plano de seqüenciamento.

Estes planos devem ser desdobrados em outros planos, os quais definem os fluxos de descarga e montagem na obra (Figura 6.20) e ciclo de transporte (Figura 6.21). Estes planos são importantes para comunicar aos envolvidos e comprometê-los com a seqüência de montagem definida.

Como principal indicador de eficiência da implementação do lote reduzido, sugeriu-se um indicador de aderência ao lote (item 6.1.3.2.1).

7.1.2.4 Mudanças no planejamento e controle da produção

Assim como no contexto de obras de edificações, existe a necessidade de estabelecer um processo sistemático e formalizado em três diferentes níveis hierárquicos. Conforme discutido no item 7.1.1.1, a implementação do planejamento de médio e curto prazo, com base no Sistema *Last Planner* contribui para criar as condições iniciais necessárias para implementar o fluxo contínuo. A seguir, seguem algumas diretrizes referentes a cada um destes três níveis de planejamento, especificamente relacionadas às obras de estruturas pré-fabricadas:

- Planejamento de longo prazo: deve ser gerado um plano de longo prazo, reunindo projeto, fabricação e montagem, no qual sejam definidas as principais datas marco (*milestones*) do empreendimento. Em geral este plano é definido por ocasião da assinatura do contrato com o cliente, e deve ser complementado por uma planta na qual se subdivide a obra em grandes etapas e se define uma seqüência para as mesmas (ver Figura 6.7). Sugere-se a participação do cliente na definição destas etapas;

- Planejamento de médio prazo: tem a função de identificar as restrições tanto na fábrica quanto na obra. Sua implementação deve iniciar antes do processo de montagem, na medida que existem muitas restrições relacionadas à preparação da fábrica para atender à nova obra e à mobilização inicial de instalações provisórias, mão de obra, materiais complementares e equipamentos para o processo de montagem. Recomenda-se que este plano seja feito de forma sistemática ao longo de toda a obra, principalmente se houver problemas de atrasos de projeto;
- Planejamento de curto prazo: sua função principal é programar semanalmente o carregamento de peças a serem enviadas à obra. Ao contrário dos níveis de longo e médio prazo, este plano está restrito ao processo de montagem. Deve ter um caráter participativo, de preferência envolvendo representantes da fábrica e da expedição, de forma que possibilite negociação e comprometimento entre estes agentes.

No Quadro 7.3 são apresentados os três níveis de planejamento nas obras de estruturas pré-fabricadas de concreto armado. Foram considerados como parte do nível de planejamento de longo prazo o planejamento integrado do projeto, fabricação e montagem e a definição do pequeno lote. Pode-se observar que existem diretrizes referentes aos processos de projeto, fabricação, transporte e montagem, partindo do pressuposto que o fluxo contínuo só é obtido na montagem em obra, se estes quatro processos forem gerenciados de forma integrada.

Quadro 7.3 Diretrizes para a implementação do PCP no contexto de obras de estrutura pré-fabricadas de concreto

Nível do planejamento	Diretrizes específicas	Medidas de desempenho	Ferramenta
Longo prazo	<ul style="list-style-type: none"> - Dividir a obra em grandes etapas de entrega; - Definir os tamanhos dos lotes; - Definir as datas marco - Definir o ritmo de fabricação de peças - Definir os grandes lotes de projeto 	<ul style="list-style-type: none"> - Avanço físico - Desvio de ritmo 	<ul style="list-style-type: none"> - Planejamento de longo prazo do empreendimento - Planejamento integrado do projeto, fabricação e montagem - Definição do pequeno lote
Médio prazo	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar e remover sistematicamente as restrições da fábrica e da obra 	<ul style="list-style-type: none"> - Índice de remoção de restrições 	Planejamento de médio prazo (<i>look-ahead</i>)
Curto prazo	<ul style="list-style-type: none"> - Introduzir a participação e comprometimento das equipes de produção e transporte de peças - Identificar as principais causas do não cumprimento do plano de carregamento 	<ul style="list-style-type: none"> - % de viagens executadas conforme o plano - Relação entre viagens previstas e realizadas de acordo com o plano, atrasadas e adiantadas - Causas do não cumprimento dos planos - Aderência ao seqüenciamento e ao pequeno lote 	Planejamento do carregamento

Além dos tradicionais indicadores de PCP, tais como avanço físico, desvio de ritmo e índice de remoção de restrições, foram propostos os seguintes indicadores de controle:

- PVECP (% de viagens executadas conforme o plano), que é um indicador de eficácia do subsistema fábrica-expedição em atender à demanda da obra. É semelhante ao PPC, utilizado no contexto de obras de edificações;

- Relação entre viagens previstas e realizadas (de acordo com o plano, atrasadas e adiantadas);
- Problemas relacionados ao não cumprimento do plano de carregamento (plano de curto prazo) proposto;
- Indicador de aderência ao seqüenciamento das peças; e
- Indicador de aderência ao pequeno lote.

7.1.2.5 Implementação do fluxo contínuo no processo de projeto

Em relação especificamente ao processo de projeto de estruturas pré-fabricadas, são apontadas as seguintes diretrizes:

- Na fase de diagnóstico, o mapeamento de fluxo de valor contribui para evidenciar a elevada parcela de atividades que não agregam valor, contribuindo para estender a implementação de fluxo contínuo ao processo de projeto. Entretanto, existem algumas dificuldades para adaptar esta ferramenta à natureza do processo de projeto, principalmente no caso de realização de atividades simultâneas, iterativas e cíclicas;
- Existe a necessidade de formar equipes multifuncionais para realizar algumas atividades-chave no processo, incluindo, se necessário, a participação de um representante do cliente. São elas: reunião inicial de projeto para a captação de requisitos e tomada de decisão sobre o projeto conceitual, reunião de avaliação do projeto de GE e reunião de definição dos fluxos do empreendimento. Através destas reuniões, pode-se melhorar a captação dos requisitos dos clientes e tomar decisões que considerem as demandas e limitações referentes aos processos de projeto, fabricação e montagem;

- Podem ser identificados duas grandes etapas no processo de projeto de estruturas pré-fabricadas. Na primeira existe uma grande interação com o cliente e trabalha-se com grandes lotes de informações, uma vez que envolve decisões iniciais de projeto, de caráter predominantemente conceitual. A segunda etapa refere-se ao projeto individual de peças, incluindo o cálculo, detalhamento e verificação. Entre estas duas etapas, pode-se identificar um *decoupling point*, a partir do qual se pode aplicar o conceito de produção puxada a pequenos lotes de projeto;
- O pequeno lote do processo de projeto não é necessariamente igual ao de montagem, uma vez que existem muitas peças com o mesmo projeto detalhado. Além disto, este lote de projeto deve atender ao seqüenciamento estabelecido nos planos de fabricação das peças de montagem da estrutura na obra, definidos a partir da reunião de definição dos fluxos do empreendimento.

7.1.2.6 Seqüência de aplicação das ferramentas

A Figura 7.4 apresenta um diagrama que representa a seqüência de aplicação das ferramentas. Após a realização do diagnóstico, existe a necessidade de realizar um planejamento integrado dos processos de projeto, fabricação e montagem, para cada obra específica. A partir dos planos gerados, pode-se iniciar o planejamento de médio prazo e a definição detalhada dos pequenos lotes para cada etapa da obra.

As informações referentes aos pequenos lotes são desdobradas em outros planos relativos às operações de transporte descarga e montagem. A partir destes planos devem ser realizados novos ciclos de planejamento de médio prazo e também o plano de carregamento, de freqüência semanal. A partir da definição dos pequenos lotes devem também ser aplicadas as ferramentas tradicionais de Mentalidade Enxuta (MFV, GBO e TTPC) no processo de montagem. Entretanto, não foi possível realizar esta investigação no estudo empírico 2.

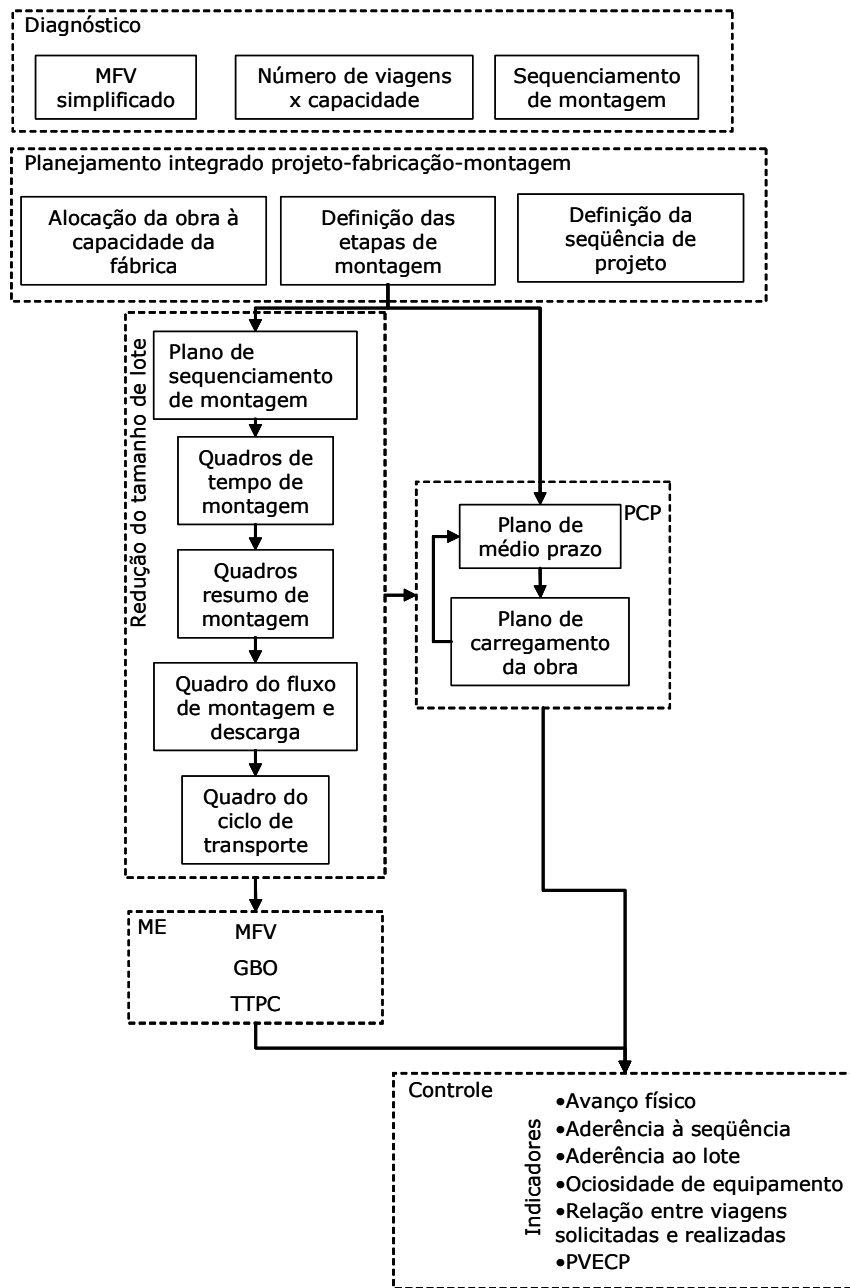


Figura 7.4 Seqüência de implementação de ferramentas no contexto de obras de estruturas de concreto pré-moldadas

A partir da comparação das Figura 7.3 (contexto de obras de edificações) e Figura 7.4 (contexto de obras de estruturas pré-fabricadas de concreto), podem ser salientadas as seguintes diferenças entre ambos:

- O diagnóstico de obras de montagem de estruturas pré-fabricadas é bem mais simples, em função da menor complexidade dos processos envolvidos em relação às obras de edificações;
- A implementação de fluxo contínuo em obras de estruturas pré-fabricadas requer um planejamento integrado dos processos de projeto, fabricação e montagem, pela interdependência que existe entre os mesmos, e também pela necessidade de prazos de execução menores;
- Nas obras de edificações de caráter repetitivo, em geral existe naturalmente um lote repetitivo (por exemplo, um apartamento, uma casa, um pavimento). No caso das obras de estruturas pré-fabricadas existe um esforço específico por parte da gerência para definir e implementar este lote;
- As obras de edificações, devido à sua complexidade, requerem um esforço maior de planejamento de médio e curto prazo. Esta complexidade está relacionada não somente ao número de processos envolvidos, mas também à quantidade de pessoas e organizações diferentes envolvidas.

7.2 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES CONCEITUAIS

A Figura 7.5 apresenta um mapa conceitual, que hierarquiza e conecta os principais conceitos, princípios e ferramentas utilizadas no presente estudo. As setas indicam uma conexão entre os elementos do mapa. Este mapa não tem a pretensão de ser uma rígida estruturação de conceitos (MOREIRA, 1997), mas representa uma percepção da pesquisadora sobre os conceitos, princípios e ferramentas mais importantes para este estudo e como estes estão relacionados.

Na seção superior, constam os principais conceitos utilizados para a implementação do fluxo contínuo. No topo do mapa aparecem os cinco conceitos fundamentais da

Mentalidade Enxuta, que, em realidade, orientam o processo de implementação. Logo abaixo, são apresentados os quatro conceitos que apresentam uma conexão direta para a implementação do fluxo contínuo: interdependência, pequeno lote, estabilidade e padronização. Nos três níveis seguintes são apresentados os demais conceitos considerados como relevantes considerando um decrescente nível de abstração.

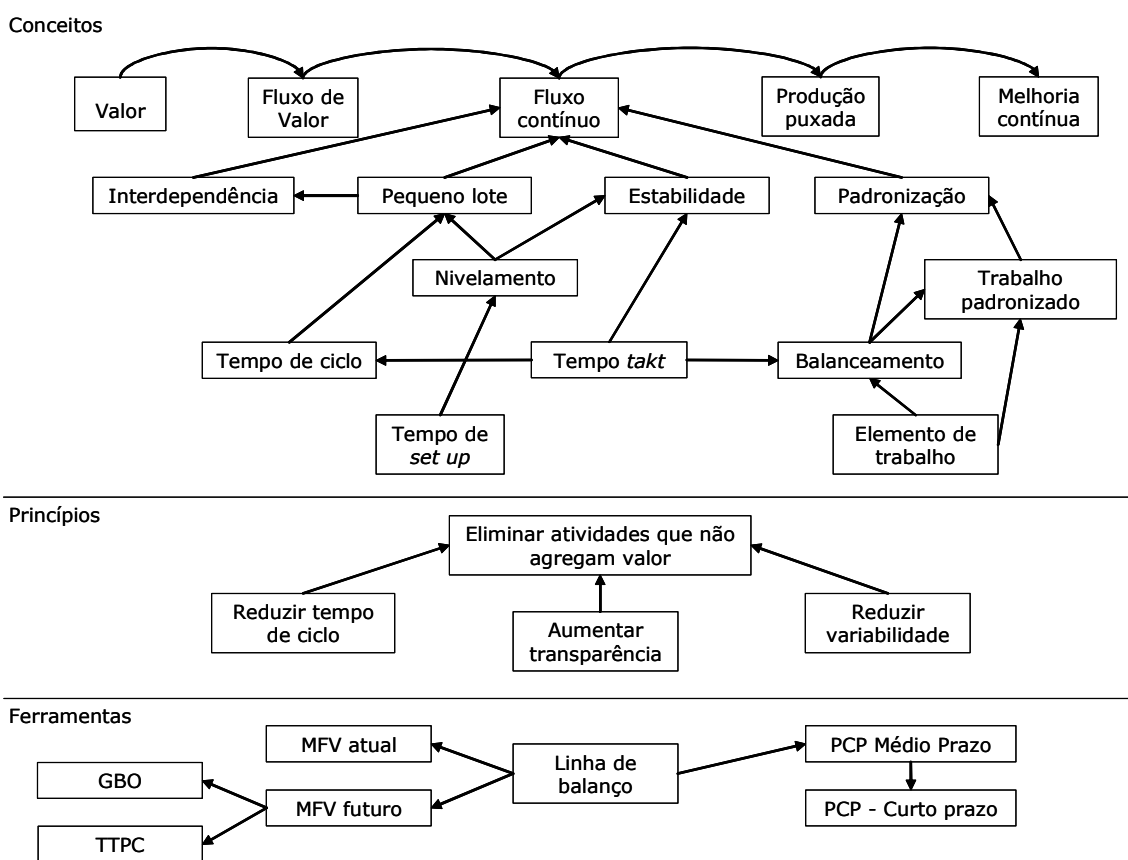


Figura 7.5 Mapa conceitual do fluxo contínuo

Na seção intermediária da Figura 7.5, são apresentados os quatro princípios básicos de gestão da produção, entre aqueles propostos por Koskela (1992), que estiveram mais presentes no processo de implementação do fluxo contínuo. Dos quatro, o mais geral é o princípio de reduzir a parcela de atividades que não agregam valor, para o qual os demais contribuem.

Finalmente, na seção ferramentas são apresentadas as ferramentas mais importantes no processo de implementação: de um lado as ferramentas tradicionais da Mentalidade Enxuta e do outro as ferramentas de PCP. Dá-se um destaque à Linha de Balanço, pois esta é utilizada para gerar o plano de longo prazo, a partir do qual se faz o planejamento nos níveis de médio e curto prazo, e também gera informações para a elaboração do Mapa de Fluxo de Valor (MFV).

Nos itens seguintes é discutida a aplicação de quatro dos conceitos apresentados na Figura 7.5, estabilidade, interdependência, tempo *takt*, e elemento de trabalho, uma vez que os mesmos tiveram que ser adaptados ao contexto da construção civil e estudados com maior profundidade.

7.2.1 Estabilidade básica

A estabilidade básica é um conceito que tem sido recentemente utilizado na literatura sobre Mentalidade Enxuta. Refere-se a um estado que deve ser buscado pelo sistema de produção para que a empresa consiga iniciar a implementação de conceitos mais sofisticados de gestão da produção, como, por exemplo, o fluxo contínuo. Podem-se apontar três componentes fundamentais para que este estado seja atingido: (a) aumento da confiabilidade na disponibilização de recursos (SMALLEY, 2005; TAKAHASHI; OSADA, 1993), (b) redução da variabilidade dos processos (SMALLEY, 2005; LIKER; MEIER, 2007; SAMANIEGO *et al.*, 2006), (c) melhoria contínua (LIKER; MEIER, 2007; SAMANIEGO, *et al.*, 2006) e introdução do trabalho padronizado (SMALLEY, 2005).

Em relação ao aumento da confiabilidade na disponibilização de recursos, existem algumas abordagens e ferramentas propostas na literatura, tais como 4M (SMALLEY, 2005) ou 5M (TAKAHASHI; OSADA, 1993) e o planejamento de médio prazo do Sistema *Last Planner (look-ahead planning)*. No caso dos empreendimentos de construção, existe a necessidade de considerar o amplo

escopo de restrições existentes e também a necessidade de disponibilizar recursos com a qualidade desejada. Os estudos empíricos realizados na montagem de estruturas pré-fabricadas de concreto indicaram que uma alternativa eficaz para evitar problemas nos fluxos de recursos é estender a implementação de conceitos *lean* para processos a montante, tais como projeto, fabricação e transporte, explorando as oportunidades de melhorar a gestão da cadeia de suprimentos.

Em relação à redução da variabilidade, existe a necessidade de buscar estratégias eficazes de implementação de padrões que sejam adequados ao contexto da construção civil. Por um lado há muitas oportunidades de melhorias no sentido de aumentar a padronização de processos no setor. Por outro lado, algumas peculiaridades da construção civil, tais como o caráter único do produto, os longos tempos de ciclo de algumas atividades, e a variabilidade inerente a algumas atividades de caráter artesanal, dificultam a aplicação direta do conceito de trabalho padronizado, que é um importante elemento do STP.

Finalmente, a melhoria contínua permite que a empresa consiga implementar avanços incrementais, eliminando perdas e consolidando os padrões de processos. Envolve a introdução de mecanismos de participação, o estabelecimento de curtos ciclos de controle e a utilização de medição de desempenho. Liker e Meier (2007) sugerem que a estabilidade é o primeiro estágio de um ciclo de melhoria contínua, que envolve também a criação de fluxos, a padronização e o nivelamento da produção.

Os estudos empíricos realizados indicaram que as dificuldades para se alcançar a estabilidade básica estavam fortemente vinculadas a fatores humanos. Os principais problemas de implementação detectados indicaram que havia necessidade de mais investimentos em capacitação de pessoal, mudanças organizacionais que possibilitem a introdução de instâncias de participação e negociação nos diferentes níveis do PCP e remoção de barreiras comportamentais ao processo de mudança.

7.2.2 Interdependência

Fluxo contínuo foi definido no item 3.1.4 como a produção de uma peça de cada vez (ou um lote pequeno de itens), com cada item sendo passado de um processo para o seguinte, sem interrupção entre eles. Em função da redução drástica do lote de produção, são reduzidos os estoques em processo e ocorre um grande aumento na interdependência entre os processos.

Por um lado o aumento da interdependência provoca um aumento da complexidade do sistema de produção, introduzindo novas demandas aos sistemas de gestão, tais como a necessidade de descentralização das decisões e a dificuldade em prever o comportamento do sistema (GIDADO, 1996; DUBOIS; GADDE, 2002). Por outro lado, a interdependência tende a aumentar o senso de urgência na resolução de problemas, contribuindo fortemente para a melhoria contínua (AROGYASWAMY; SIMMONS, 1991). De fato, no estudo empírico 2, a etapa 1 da obra foi a que teve mais sucesso na implementação do fluxo contínuo, apesar de ter o menor lote (1 dia de produção).

Além disto, Santos (1999) argumenta que a redução da interdependência entre as estações de trabalho é também uma abordagem para aumentar a transparência de processos, permitindo a rápida detecção de erros.

7.2.3 Tempo *takt*

Outro conceito importante na Mentalidade Enxuta é o tempo *takt*, definido como o tempo disponível para a produção para atender uma determinada demanda do cliente (LIB, 2003). É calculado pela razão entre o tempo disponível para produção e demanda do cliente (ver itens 2.4.2 e 3.1.4.2), tendo o papel de estabelecer o ritmo da produção.

No setor da construção civil, existe a necessidade de adaptar este conceito, na medida que na maioria dos empreendimentos de construção a demanda é dependente, ao contrário da indústria automotiva, que tem uma demanda independente. Ou seja, como o produto obra é produzido sob encomenda normalmente existe um contrato de construção que define o prazo ou um cronograma que estabelece as durações das grandes etapas da obra.

No presente trabalho, adotou-se o sistema puxado seqüencial para autorizar a produção no processo inicial. Considera-se que a produção deve ser autorizada segundo o cronograma acordado com o cliente, no qual se têm as datas de início e de entrega da obra e as datas de conclusão dos principais processos. Quando os cronogramas são definidos sem qualquer preocupação em sincronizar processos, as durações das etapas podem ser diferentes, resultando em processos com diferentes tempos *takt*.

No presente trabalho sugere-se o uso da Linha de Balanço ou outra ferramenta que permita o planejamento dos ritmos de produção de forma visual, de forma que possa ser estabelecido um número reduzido de tempos *takt*, de forma a permitir a sincronização de processos, facilitando o controle de produção e permitindo a redução de estoques em processo. Neste contexto, o controle de ritmo passa a ter um papel crucial na gestão da obra, ao invés dos tradicionais controles por avanço físico, que são facilmente distorcidos. Assim, o cálculo do tempo *takt* em obras contratadas e repetitivas é dado pela seguinte fórmula:

$$\text{Tempo Takt}_{\text{processo } X} = \frac{\text{Tempo de produção disponível para o processo } X}{\text{Número de unidades do processo } X} \quad (7.2)$$

7.2.4 Elemento de trabalho

Conforme mencionado no item 3.2.1.3, elemento de trabalho corresponde a um conjunto de operações, normalmente executado em segundos, considerado como o

menor incremento de trabalho que pode ser transferido para outra pessoa (ROTHER; HARRIS, 2002). Este conceito é coerente com a preocupação que existe no STP de especificar os trabalhos minuciosamente em termos de conteúdo, seqüência, tempo e resultado (SPEAR; BOWEN, 1999).

O elemento de trabalho é um conceito muito importante para a implementação do fluxo contínuo, pois a elaboração do GBO e do TTPC, necessária para o balanceamento das equipes depende da definição dos elementos de trabalho. Contudo, diferente das indústrias manufatureiras, nas quais os tempos *takt* e os tempos de ciclos são relativamente curtos, expressos em segundos ou poucos minutos, na construção civil tem-se tempos de ciclo bastante elevados, em torno de horas ou, em alguns casos, até dias. Foi o caso do estudo de sincronização de processos realizados no estudo empírico 1, cujo tempo de ciclo era de 24 horas (3 dias de trabalho de 8 horas) e o tempo *takt* de 9 horas (mais de 1 dia de trabalho de 8 horas).

Assim, no presente trabalho as ferramentas GBO e TTPC foram adaptadas, sendo utilizados grupos de operações mais agregados, que não correspondem a elementos de trabalho. Isto representa uma limitação à implementação do fluxo contínuo, à medida que não fez parte do escopo do trabalho a identificação de algumas perdas relacionadas às operações, da mesma forma que não existe um padrão detalhado de processo que pode ser considerado como hipótese de melhor prática.

Uma outra questão do elemento de trabalho é em relação à possibilidade de transferência de trabalho para outra pessoa. Isso traz embutido o conceito de multifuncionalidade ou célula de produção, cuja implementação no setor de construção civil pode ter restrições em função das especialidades tradicionais que existem neste setor. Porém, a transferência de trabalho é uma questão fundamental para o balanceamento do trabalho das equipes e, apesar das limitações, deve ser considerado no planejamento do trabalho em fluxo.

8 CONCLUSÕES

Neste capítulo apresentam-se as conclusões obtidas do desenvolvimento desta pesquisa e também as recomendações para trabalhos futuros.

8.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES

A tese realizada teve como objetivo geral propor diretrizes para a implementação de fluxo contínuo na construção civil, tendo como foco obras de edificação e obras de montagem de estruturas pré-fabricadas em concreto. A questão de pesquisa que norteou a realização do trabalho foi: Como implementar fluxo contínuo nos processos de produção da construção civil, a partir de conceitos gerais da Mentalidade Enxuta?.

Para a proposição das diretrizes foram realizados quatro estudos empíricos ao longo da pesquisa, sendo dois no contexto de obras de edificações (estudos empíricos 1 e 4) e dois no contexto de estruturas pré-fabricadas de concreto (estudos empíricos 2 e 3). O estudo empírico 1 teve um caráter exploratório, sendo norteado por quatro proposições (item 5.1.3). Estas proposições eram relacionadas à aplicação de fluxo

contínuo a partir do método proposto por Rother e Harris (2002), que envolve a aplicação das ferramentas de mapeamento do fluxo de valor, Gráfico do Balanceamento do operador e tabela do trabalho padronizado combinado. Como conclusão do estudo, constatou-se a aplicabilidade desse método e, conseqüentemente, das ferramentas citadas para a construção civil, tendo sido realizadas pequenas adaptações das mesmas para este contexto. É importante salientar o uso da Linha de Balanço como ponto de partida para a elaboração do MFV e cálculo do tempo *takt*. Chama-se a atenção para a adaptação efetuada nas ferramentas GBO e a TTPC, ao se considerar grupos mais agregados de operações, em oposição ao elemento de trabalho, que viabilizou a aplicação das mesmas, mas limitou os benefícios que poderiam ser obtidos. Ao fim do estudo, constatou-se a necessidade de se ter condições iniciais mínimas para iniciar a implementação de fluxo contínuo em obras.

No estudo empírico 2 a questão principal investigada foi referente à forma de implementação do fluxo contínuo em obras de montagem de estrutura pré-fabricada. Constatou-se que os passos propostos por Rother e Harris (2002) para implementação do fluxo contínuo podem ser usados neste contexto. Contudo, neste contexto, por não existir uma unidade repetitiva naturalmente determinada, a definição e implementação do lote repetitivo demanda um esforço bastante grande. Ao longo do processo de montagem da estrutura, não se obteve a aderência necessária a este lote que possibilitasse o estudo detalhado do processo de montagem (equipe de seis montadores) para a aplicação do GBO e TTPC. Aliado a isto, não se obteve estabilidade no sistema de fabricação-transporte-montagem, necessária, também, para a realização deste estudo detalhado. Assim, a implementação do fluxo contínuo neste estudo foi bastante focada na determinação de lotes pequenos e repetitivos. Em que pese estas limitações, foram observadas grandes melhorias no desempenho da obra C em relação à obra B, evidenciada pela maior utilização da capacidade dos equipamentos e da equipe de montagem na obra, redução do estoque em processo e de matéria-prima, e por um aumento de

45% na parcela de tempo gasto em atividades que agregam valor, em relação ao tempo total de construção.

Com base em alguns problemas referentes à falta de projetos de peças, identificados no estudo empírico 2, foi realizado mais um estudo na mesma empresa, no qual se buscou estender a implementação do fluxo contínuo ao processo de projeto. As questões investigadas diziam respeito à adaptação do MFV ao processo de projeto, a partir de estudos prévios de mapeamento de processos administrativos. Concluiu-se que a aplicação do MFV ao processo de projeto permitiu identificar diversos problemas, principalmente no que se refere a identificar atividades que não agregam valor. Entretanto, foram encontradas dificuldade em adaptar esta ferramenta à natureza do processo de projeto, principalmente no caso de realização de atividades simultâneas, iterativas e cíclicas. Com relação à implementação do fluxo contínuo em projeto propôs-se a utilização de equipes multifuncionais e o uso do pequeno lote de projeto. Este lote não é exatamente o mesmo lote de montagem, devendo-se levar em conta para a definição do mesmo, a capacidade da fábrica e a seqüência de montagem estabelecida.

No estudo empírico 4 investigaram-se as condições iniciais para implementação do fluxo contínuo no contexto de obras de edificações. Buscou-se também relacionar estas condições com os conceitos de estabilidade básica propostos na bibliografia (SMALLEY, 2005; TAKAHASHI; OSADA, 1993; LIKER; MEIER, 2007; SAMANIEGO *et al.*, 2006). Constatou-se que a estabilidade básica, definida pelos referidos autores, é uma condição de implementação bastante complexa e na verdade, só pode ser obtida gradativamente no processo de implementação de fluxo contínuo. Em função desta constatação, neste estudo o foco da implementação foi a introdução de melhorias no PCP, com base no Sistema *Last Planner* (BALLARD e HOWELL, 1998; BALLARD, 2000) e no sistema de suprimentos da obra. Ressaltou-se também a aderência ao lote como condição inicial para implementação do fluxo contínuo. Ao fim do estudo, obteve-se sucesso na criação de condições iniciais para a implementação do fluxo contínuo, principalmente por se ter implementado na obra

uma sistemática tomada de decisões participativas, tanto no nível tático quanto no operacional.

Ao fim dos estudos empíricos foram propostas as diretrizes para implementação do fluxo contínuo em obras de edificação e em obras de montagem de estrutura em pré-fabricado. Considerou-se que o processo de implementação possui quatro etapas, as quais não são totalmente estanques: diagnóstico, criação das condições iniciais, planejamento e, por fim, o controle. Pode-se destacar que as diretrizes propostas estão fortemente relacionadas ao processo de planejamento e controle da produção e à adaptação das ferramentas de Mentalidade Enxuta, assim como a integração entre ambos.

Com relação às contribuições conceituais, foi proposta uma hierarquia de conceitos, princípios e ferramentas para a implementação do fluxo contínuo na construção civil, sintetizada em um mapa conceitual, que conecta estes elementos. Foi dado um destaque a quatro dos conceitos utilizados, estabilidade básica, interdependência, tempo *takt* e elemento do trabalho, uma vez que os mesmos tiveram que ser adaptados ao contexto da construção civil e estudados em maior profundidade.

8.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base no estudo realizado são apresentadas as seguintes recomendações para futuros trabalhos:

- Investigar a implementação do fluxo contínuo a partir dos estágios iniciais dos empreendimentos de construção, por meio de da realização de atividades de projeto do sistema de produção;

- Aplicar as diretrizes de implementação em obras de edificação para avaliar o impacto das mudanças propostas no desempenho da obra;
- Criar sistemáticas de treinamento e capacitação dos profissionais envolvidos na implementação do fluxo contínuo de forma a facilitar a remoção de barreiras comportamentais a estas mudanças;
- Investigar as formas de definir os elementos de trabalho, conforme proposto nos manuais da Mentalidade Enxuta, para o trabalho padronizado em obras na construção civil;
- Identificar de forma quantitativa níveis adequados de estabilidade dos sistemas de produção na construção civil, visando à implementação de fluxo contínuo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, R.; ANTUNES JR., J. A. V. *Takt-time*: Conceitos e Contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. **Revista Gestão & Produção**, vol. 8, n. 1, pp. 1-18. São Carlos, Brasil - abril de 2001.
- ANTUNES JR., J. A. V. **Em direção a uma teoria geral do processo na administração da produção**: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e da teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero. 1998. Tese (Doutorado em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- ARDITI, D.; ALBULAK, M. Z. Line-of-balance scheduling in pavement construction. Nova Iorque, **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v.112, n.3, set. 1986.
- AROGYASWAMY, B.; SIMMONS, R. P. Thriving on interdependence: the key to JIT implementation. **Production and Inventory Management Journal**, Third Quarter, 1991.
- ARRUDA, J. **História moderna e contemporânea**. São Paulo: Ática, 1984. 488p.
- BAGGLEY, B. L.; PARTNER, S. Value Stream Management for Lean Companies. **Journal of Cost Management**, Vol. 17 Num. 2. p. 23-27, March/April 2003.
- BALLARD, G. Lookahead planning: the missing link in production control. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 5, 1997, Gold Coast, Australia. **Proceedings...** Gold Coast: Griffith University, 1997. p. 13-25.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing *lean* construction: stabilizing work flow. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean construction**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1997. p. 101-110.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding production: an essential step in production control. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 124, n 1, p. 11-17, Jan-Feb, 1998.
- BALLARD, H.G. **The Last Planner System of Production Control**. Birmingham, 2000. Ph.D. Tesis. School of Civil Engineering. Faculty of Engineering. The University of Birmingham.
- BARTEZZAGHI, E. The evolution of production models: is a new paradigm emerging? **International Journal of Operation & Production Management**, v.19, n.2, p. 229-250, 1999.

BONNEY, M.C.; ZHANG Z.; HEAD, M.A.; TIEN, C.C.; BARSON, R.J. Are push and pull systems really so different? **International Journal of Production Economics**, v 59. pp 53-64, 1999.

BORGES, T.; GRANJA, A.; PICCHI, F.; RODRIGUES, A. Modelo de planejamento de produção em obras habitacionais repetitivas. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção - IV SIBRAGEC, 2005, **Anais...** Porto Alegre. 2005.

BORTOLAZZA, R.C. **Contribuições para a Coleta e Análise de Dados de PCP em Empresas de Construção**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BULHÕES, I. R.; FORMOSO, C. T. Desenvolvimento e aplicação de ferramentas gráficas para obras de habitação de interesse social. In: Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 2004, São Paulo; Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, 10, 2004. **Anais...** São Paulo, ANTAC, 2004.

CAMPOS, V. **TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo Japonês)**. Belo Horizonte, MG: Fundação Chistiano Ottoni, Escola de Engenharia, 1992. 229p.

CODINHOTO, R. **Diretrizes para o planejamento integrado dos processos de projeto e produção na construção civil**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

COELHO, H.O. **Requisitos e diretrizes para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em administração**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 343 p.

DICK, B. **You want to do an action research thesis?** Interchange, v.2 n.6, 1992.

DUBIN, Robert. **Theory building**. New York: The Free Press, 1978.

DUBOIS, A.; GADDE, L. E. The construction industry as a loosely coupled system: implications for productivity and innovation. London, Taylor and Francis, **Construction Management and Economics**, v.20: pp. 621-631,

EASTERBY-SMITH, M.; THORPE, R.; LOWE, A. **Pesquisa geral em administração**. São Paulo: Pioneira, 1999. 172p.

EDWARDS, J. N. MRP and Kanban - American style. APICS 26th Conference **Proceeding...**, 586-603, 1983

EVRRARD, Y. **A satisfação dos consumidores**: situação das pesquisas. Tradução Ana Maria Machado Toaldo. Porto Alegre: PPGA/UFRGS, 1995. [tradução para fins acadêmicos]

FONTANINI, P. S. P. **Mentalidade Enxuta no fluxo de suprimentos da construção civil - Aplicação de macro mapeamento na cadeia de fornecedores de esquadrias de alumínio**. Campinas, São Paulo, 2004. 259 f. Dissertação - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

FORMOSO, C.; BERNADES, M.; OLIVEIRA, L.; OLIVEIRA, K. **Termo de Referência para o Processo de Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras**, Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 1999.

FUJIMOTO, T. **The evolution of a manufacturing system at Toyota**. New York: Oxford University Press, 1999.

GAMBIRASIO JR., I. **Mapeamento do fluxo de valor**. Apresentação no Lean Summit 2004. Organização do Lean Institute Brasil, São Paulo/SP. Junho de 2004.

GIDADO, K. I. Project complexity: the focal point of construction production planning. London, Taylor and Francis, **Construction Management and Economics**, v.14: pp. 213-225, 1996

GUINATO, P. **Sistema Toyota de Produção**: mais do que simplesmente um *just-in-time*. Caxias do Sul: EDUCS, 1996. 177p.

HIROTA, E. H. **Desenvolvimento de competências para introdução de inovação gerencial na construção através da aprendizagem na ação**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

HOPP, W.J.; SPEARMAN, M. L. **Factory physics**: foundations of manufacturing management. Boston: Irwin Mc Graw-Hill, 1996. 668p.

HUNTZINGER, J. **As raízes do Lean**. Disponível em: <http://www.lean.org.br/bases.php?&interno=artigo_21>. Tradução de Odier Tadashi. Acesso em: dezembro de 2005

HUSSERSL, H. **Phenomenology in Encyclopedia Britannica**, 14th ed. Vol. 17:699-702, 1946.

HYER, N.L.; BROWN, K.A. The discipline of real cells. Elsevier: **Journal of Operations Management**, v.17: pp. 557-574, 1999

ISATTO, E. L. **Proposição de um modelo teórico-descritivo para a coordenação inter-organizacional de cadeias de suprimentos de empreendimentos de construção**. 2005. 286 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

KAPLAN, Abraham. **A conduta na pesquisa**: metodologia para as ciências comportamentais. São Paulo: Herder, 1972. 449p.

KIDDER, L.H. (Org.) **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: EPU, 1987. v. 2.

KOSAKA, G. I. **O tempo *takt* na Toyota do Brasil**. Disponível em: <http://www.lean.org.br/bases.php?&interno=artigo_22>. Acesso em: dezembro de 2005.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Espoo, Finlândia: VTT, 2000. (VTT Publications, 408).

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Stanford: Stanford University, 1992. (Technical Report, 72).

KOSKELA, L. Lean production in construction. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean construction**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1997. p. 1-9.

KOSKELA, L. Towards the theory of (lean) construction. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 4, 1996, Birmingham, England. **Proceedings...** Birmingham: University of Birmingham, IGLC, 1996.

KOTLER, P. **Administração de Marketing**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1998. 725p.

KUHN, T. S. **The Structure of Scientific Revolutions**, Chicago: University of Chicago Press, 1992.

LANTELME, E. V. **Uma Teoria para o Desenvolvimento da Competência dos Gerentes da Construção: em busca de Consiliência**. 2004. 308 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LAUFER, A.; TUCKER, R. Is Construction Planning Really Doing Its Job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, London, 1987.

LEAN INSTITUTE BRASIL (LIB). **Léxico Lean**. Glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean. Tradução de Lean Institute Brasil. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

LIKER, J. K. **The Toyota Way. 14 Management principles from the world's greatest manufacturer**. 1 ed. United States of America: McGraw-Hill, 2004. 330 p.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **O modelo Toyota: manual de aplicação**. Porto Alegre, Bookman, 2007. 432 p.

LILRANK, P. The transfer of management innovations from Japan. **Organization studies**, v.16, n.6, p. 971-989, 1995.

LOPES, M. C. **Modelo para focalização da produção com células de manufatura**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

MACFARLAND, D. E. **Management: Foundation and Practices**. Collier MacMillan Publishers. Fifth Edition, 1979.

MONDEN, Y. **Toyota Production System: an integrated approach to just-in-time**. 1 ed. London: Chapman & Hall, 1993. 423 p.

MOREIRA, M.A. (1997) Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente. Burgos, Spain: **Encuentro Internacional sobre la Aprendizaje Significativo**. Set. 1997.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997. 149p.

PASQUALINI, F.; ZAWISLAK A. P. Value stream mapping in construction: a case study in a brazilian construction company. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 13, 2005, Sydney, Australia. **Proceedings...** Sydney: IGLC, 2005.

PICCHI, F. A. Oportunidades da aplicação do *Lean Thinking* na construção. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 7-23, jan./mar. 2003.

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

PICCHI, F.A.; GRANJA, A. D. Construction Sites: Using Lean principles to seek broader implementations. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction , 12, 2004, Elsinore, Denmark. **Proceedings...** Elsinore: IGLC, 2004.

PRADO, R. L. **Aplicação e acompanhamento da programação de obras em edifícios de múltiplos pavimentos utilizando a técnica da Linha de Balanço**. 2002. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina.

REIS, T. dos. **Aplicação da Mentalidade Enxuta no fluxo de negócios da construção civil a partir do mapeamento do fluxo de valor**. Campinas, São Paulo, 2004. 125 f. Dissertação - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando o fluxo contínuo**: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. 1 ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. 1 ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

SAMANIEGO, C. A. **Princípios e ferramentas do Lean Thinking na estabilização e padronização básica de elementos de trabalho: subsídios para implantação no processo de fabricação de telhas de concreto pré-fabricados**. Campinas, São Paulo, 2007. 115 f. Dissertação - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

SAMANIEGO, C. A.; GRANJA, A.; PICCHI, F. Integración de la gestión de fabricación y montaje de elementos de concreto pre-fabricados in situ, utilizando conceptos de lean thinking. **Revista Ingeniería de Construcción, Chile**, v. 1, n. 21, abr., 2006.

SANTOS, A. **Application of flow principles in the production management of construction sites**. Thesis (Ph.D.), School of Construction and Property Management, The University of Salford, 1999.

SANTOS, A.; MOSER, L.; TOOKEY, J.E. Applying the concept of mobile cell manufacturing on the drywall process. . In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 10, 2002, Gramado/RS. **Proceedings...** Gramado: IGLC, 2002.

SCHRAMM, F. K. **O Projeto do Sistema de Produção na Gestão de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social**. 2004. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SCHRAMM, F. K.; RODRIGUES, A. A.; FORMOSO, C. T. The role of production system design in the management. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 14, 2006, Santiago, Chile. **Proceedings...** Santiago: Pontificia Universidad Catolica, IGLC, 2006.

SEPPÄNEN, O.; KANKAINEN, J. Empirical Research on Deviations in Production and Current State of Project Control. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 12, 2004, Elsinore, Denmark. **Proceedings...** Elsinore: IGLC, 2004.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia da engenharia de produção**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996b. 291p.

SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996a. 291p.

SHOOK, J. **People development: the lean way**. Apresentação no Lean Summit 2004. Organização do Lean Institute Brasil, São Paulo/SP. Abril de 2006.

SHOOK, Y: "Bringing the Toyota Production System to the United States: A Personal Perspective". LIKER, J. (Org.) **Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers**, Productivity, Portland, EUA, 1998.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997. 726p.

SMALLEY, A. The starting point for lean manufacturing: Achieving basic stability. **Management Services**, v. 49, n. 4, p. 8-12, Winter 2005.

SPEAR, S; BOWEN, H.K. Decoding the DNA of the Toyota Production System. **Harvard Business Review**, Boston, v 77, p. 96-106, Sep/Oct, 1999.

STERZI, M.P. **Diretrizes para integração dos fornecedores estratégicos ao sistema de PCP de empresas construtoras**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SUSMAN, G. I., EVERED, R. D. An assessment of the scientific merits of action research. **Administrative Science Quarterly**. Dec. 1978, v.23 pp. 582-603.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **TPM/MPT: manutenção produtiva total**. 3 ed. São Paulo: Instituto IMAM, 1993. 332p.

TAYLOR, F.W. **Princípios gerais da administração científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 1995. 109p.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 14 ed. São Paulo: Cortez, 2005. 132 p.

TONI, A. de; CAPUTO, M.; VINELLI, A. Production management techniques: push – pull classification and application conditions. **International Journal of Operation and Production Management**, v 8: pp 35-51, 1988.

WEIHRISCH, H.; KOONTZ, H. **Management: a global perspective**. McGraw-Hill International Editions. Management and Organization Series. Tenth Edition, 1993.

WHETTEN, David A. What constitutes a theoretical contribution? **The Academy of Management Review**, v.14, n.4, October, 1989. p. 490-513.

WOMACK, J. P.; JONES D. T. **A Mentalidade Enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscila Martins Celeste. 5. ed. Rio de Janeiro: campus, 1996.

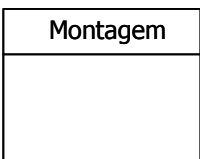
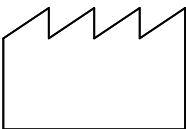
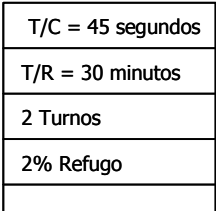
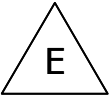
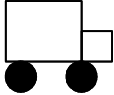
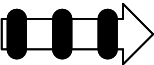
WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992. 347p.

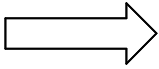
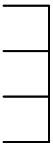


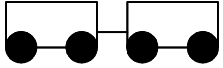
WOODRUFF, R. B.; SCHUMANN, D.W.; GARDIAL, S. F. Understanding value and satisfaction from the customer's point of view. **Survey of Business; Summer/Fall**, v. 29, n. 1, p 33-40, 1993.

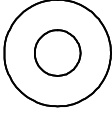
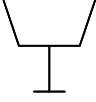
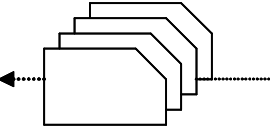



YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 212p.





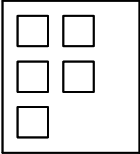
ANEXOS

ANEXO A: LEGENDAS DO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR

Ícones de Materiais para Mapeamento de Fluxo de Valor	Representa	Notas
	Processo de Produção	Uma caixa de processo equivale a uma área de fluxo. Todos os processos devem ser identificados. Também usado para departamentos como o de Controle da Produção.
	Fontes Externas	Usado para mostrar clientes, fornecedores e processos de produção externos.
	Caixas de Dados	Usado para registrar informações relativas a um processo de manufatura, departamento, cliente, etc.
	Estoque	Quantidade e tempo devem ser anotados.
	Entrega por Caminhão	Anotar a frequência de entregas.
	Movimento de materiais da produção por <u>EMPURRADA</u>	Material que é produzido e movido para frente antes do processo seguinte precisar; geralmente baseado em uma programação.

Ícones de Materiais para Mapeamento de Fluxo de Valor	Representa	Notas
	Movimento de produtos acabados para o cliente	Uma caixa de processo equivale a uma área de fluxo. Todos os processos devem ser identificados. Também usado para departamentos como o de Controle da Produção.
	Supermercado	Um estoque controlado de peças que é usado para a programação da produção em um processo anterior.
	Retirada	Puxada de materiais, geralmente de um supermercado.
<p>Máx. 20 peças</p> <hr/> <p>— FIFO →</p> <hr/>	Transferência de quantidade controladas de material entre processos em uma seqüência "primeiro a entrar - primeiro a sair"	Indica um dispositivo para limitar a quantidade e garantir o fluxo de material (FIFO) entre os processos. A quantidade máxima deve ser anotada.
	Entrega por Avião	Anotar a freqüência de entregas.
	Entrega por Trem	Anotar a freqüência de entregas.

Ícones de Informação para Mapeamento de Fluxo de Valor	Representa	Notas
	Bola para puxada seqüenciada	Dá instrução para produzir imediatamente uma quantidade e tipo pré-determinado, geralmente uma unidade. Um sistema puxado para processos de submontagem sem usar um supermercado.
	Posto de kanban	Local onde o kanban é coletado e mantido para transferência.
	Kanban chegando em lotes	
	Nivelamento de carga	Ferramenta para interceptar lotes de kanban e nivelar o seu volume e mix por um período de tempo.
	Programação da produção "vá ver"	Ajuste da programação com base na verificação dos níveis de estoques.
	Informação enviada por telefone	Anotar a freqüência dos pedidos.

Ícones Gerais para Mapeamento de Fluxo de Valor	Representa	Notas
	Necessidade de Kaizen	Destaca as melhorias necessárias em processos específicos que são fundamentais para se chegar ao fluxo de valor desejado. Pode ser usada para planejar os workshops kaizen.
	Estoque de segurança ou Pulmão	"Pulmão" ou "Estoque de segurança" devem ser anotados.
	Operador	Representa uma pessoa vista de cima.
	Expedição	Representa expedição do material para o cliente, ou próxima etapa.
	Obra	

APÊNDICES

APÊNDICE A: ROTEIRO DAS ENTREVISTAS

ENTREVISTA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MONTAGEM DA ESTRUTURA DA MONTAGEM

Empresa:

Nome:

Cargo:

Data da entrevista:

Entrevista aberta

1. O sistema de montagem da estrutura da obra C foi concebido para ser diferente da forma como se faz tradicionalmente. Você enxergou as diferenças nesse sistema?
2. Quais?
3. Você enxergou resultados positivos na implementação? Em caso afirmativo, quais?
4. E negativos? Em caso afirmativo, quais?
5. O sistema de montagem proposto funcionou em alguns momentos, mas em outros, não. Em sua opinião quais os motivos que levaram a esse não funcionamento do sistema?
6. Quais os principais problemas enfrentados na implantação do sistema?
7. Um dos objetivos da implementação do sistema de montagem em pequeno lote é a identificação e resolução dos problemas rapidamente. Você percebeu alguma diferença entre o tempo de percepção do problema e a sua resolução?
8. Quais melhorias você introduziria no sistema?
9. Se você tivesse as condições propícias para implementar esse sistema de montagem em outra obra, você implementaria?
10. Por que?
11. Qual sua avaliação final do andamento da obra em função da implementação do pequeno lote?

ENTREVISTA DE AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO DA ESTRUTURA

Empresa:

Nome:

Cargo:

Data da entrevista:

Entrevista aberta

1. O processo de projeto da estrutura da obra foi concebido para ser diferente da forma como se faz tradicionalmente. Você conseguiu enxergar as diferenças nesse sistema?
2. Quais?
3. Você conseguiu enxergar resultados positivos na implementação? Em caso afirmativo, quais?
4. Você conseguiu enxergar resultados negativos na implementação? Em caso afirmativo, quais?
5. O processo de projeto em pequeno lote funcionou em alguns momentos, mas em outros, não. Em sua opinião quais os motivos que levaram a esse não funcionamento?
6. Quais os principais problemas enfrentados na implantação do novo sistema de projeto?
7. Quais melhorias você introduziria no sistema de projeto?
8. Se você tivesse as condições propícias para implementar esse sistema em outro projeto, você implementaria?
9. Por que?
10. Qual sua avaliação final do andamento do projeto em função da implementação do pequeno lote?

APÊNDICE B: MODELOS DOS PLANOS DE MÉDIO E CURTO PRAZOS DA OBRA F

PLANO DE CURTO PRAZO

Empresa		Planejamento de Curto Prazo													
		Obra: F				Mestre de obra: MO				Pesquisadora: lamara					
		Assistente Técnico: AT				Estagiário: E				Período: 20 a 26/03					
Item	TAREFAS NORMAIS	Equipe	RESP.		P	Dias da semana						% exec	CAUSAS		
			Emp	Enc		20	21	22	23	24	25			26	
						T	Q	Q	S	S	D			S	
1	Fundação - Radiers 39-40	Prof:	1	R	P								100		
		Ajud:			E										
2	Fundação - Compactação R39-40	Prof:	1	R	P								100		
		Ajud:			E										
3	Fundação - Instalação Elet e Hidr R 39-40	Prof:	2	M	P								100		
		Ajud:			E										
4	Alvenaria inferior - R 53-54 (Parede externa -100% e parede interna - altura do andaime)	Prof:	1	R	P								30		
		Ajud:			E										
5	Alvenaria inferior - R57 (marcação)	Prof:	1	R	P								90		
		Ajud:			E										
6	Alvenaria superior - R 15-16 (Parede externa -altura do andaime)	Prof:	1	R	P								10		
		Ajud:			E										
7	Alvenaria superior - R 13-14	Prof:	1	R	P								100		
		Ajud:			E										
8	Laje inferior - R 49-50	Prof:	1	R	P								100		
		Ajud:			E										
9	Instalação - R 49-50	Prof:	2	M	P								100		
		Ajud:			E										
10	Alvenaria inferior - R 23-24	Prof:	3	D	P								80		
		Ajud:			E										
11	Alvenaria inferior - R 21-22 (marcação)	Prof:	3	D	P								75		
		Ajud:			E										
Item	TAREFAS SUPLENTES	Equipe	Emp	Enc	P										
		Prof:			P										
		Ajud:			E										
		Prof:			P										
		Ajud:			E										
		Prof:			P										
		Ajud:			E										
		Prof:			P										
		Ajud:			E										
												PPC (%)	55%		

LEGENDA

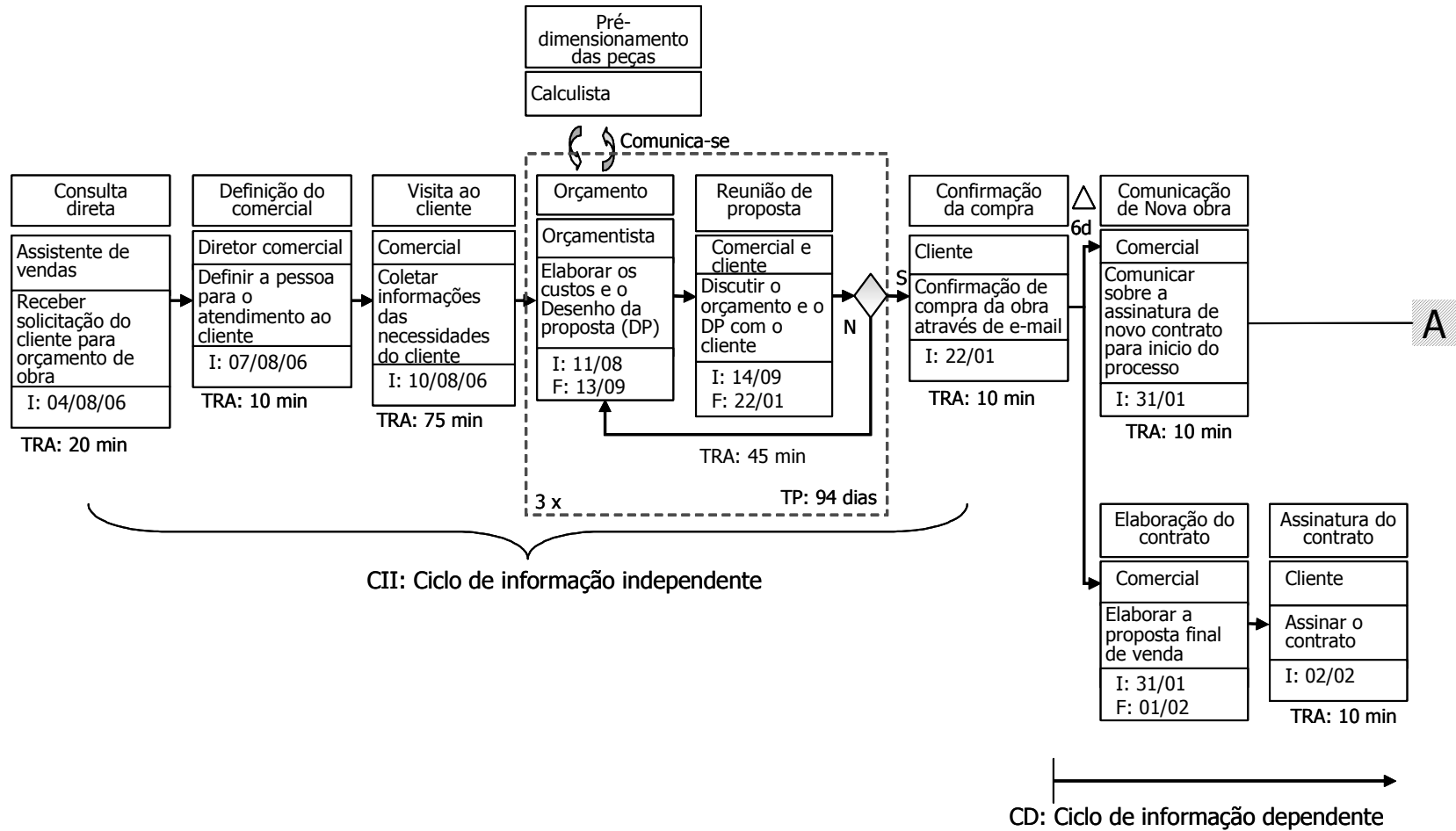
P.P.C. = Percentual Programado Concluído
 Prof.: = Profissional
 Ser.: = Servente
 P = Planejado
 E = Executado

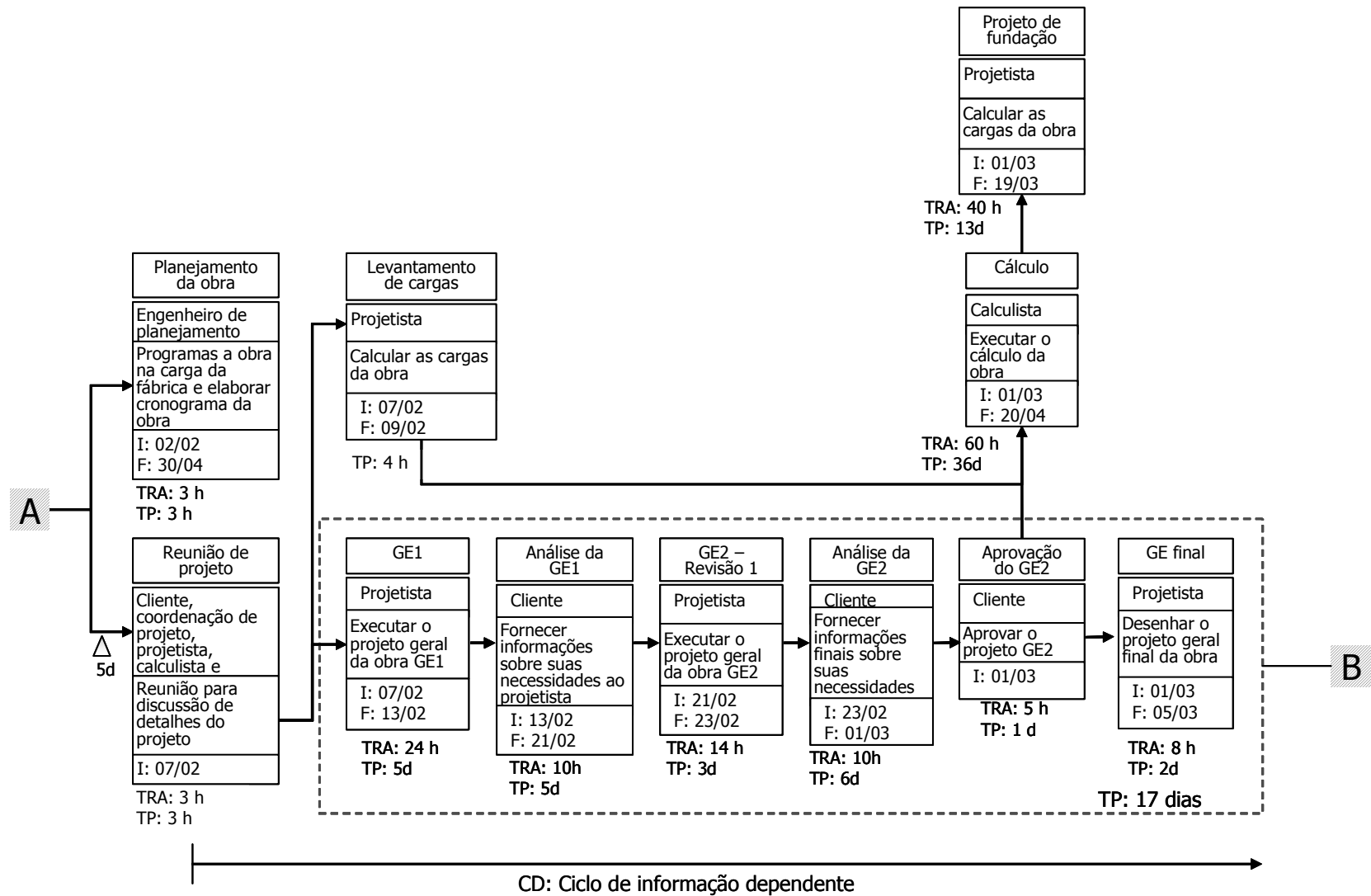
PLANO DE MÉDIO PRAZO

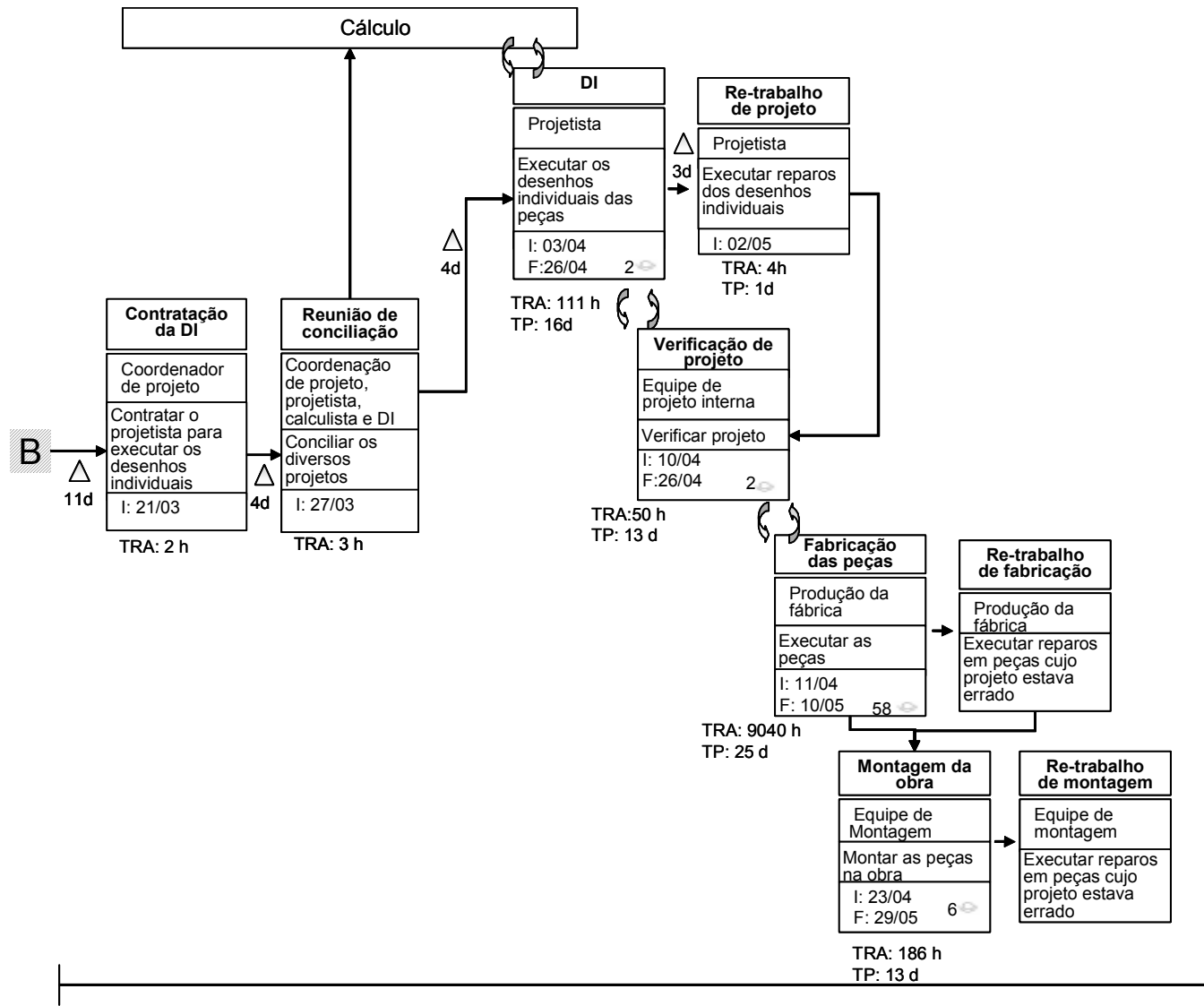
Empresa	Planejamento de Médio Prazo										Obra: F	Engenheiro de obra:	Assistente técnico: AT	Técnico Administrativo: TA					
	Análise de restrições										Período: Março a	Gerente Geral Obras: GGOC	Estagiários:						
	Atividades	Cronograma												Restrições/Responsável					
Abril			Maio			Junho			Data de início	Data limite p/ remoção de restrições	Material	Mão de obra	Equip.	Projeto	Espaço	Outras			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4							
Area interna																			
1 Radier																			
2 Conclusão da terraplanagem													Definir	Definir		Definir/AT			Liberar verba/GGOC
3 Muro (refazer)																			
4 Alvenaria inferior																			
5 Laje superior																			
6 Alvenaria superior																			
7 Laje cobertura																			
8 Escada (fabricação)																			
9 Escada (montagem)																			
10 Distribuição hidráulica																			
11 Impermeabilização (banheiros superiores)																			
12 Contrapiso inferior																			
13 Contrapiso superior																			
14 Distribuição GLP												16/abr	13/abr	Contratar/ GGOC	Contratar/ GGOC				
15 Boneca																			
16 Chapisco interno																			
17 Taliscamento																			
18 Reboco interno																			
19 Batente inferior																			
20 Batente superior																			
21 Contramarco												Definir	Definir	Contratar/EO	Contratar/EO				
22 Enfição																			
23 Gesso												16/abr	13/abr		Aprovação do contrato/ AT				
24 Bancada												7/mai	4/mai	Contratar	Contratar		Detalhes/ AT		
25 Cerâmica interna												14/mai	11/mai	Comprar/E e TA					
26 Charrasqueira (montagem)																			
27 Gradil de sacada/escada												3/abr	2/abr	Chegar/TA					
28 Chapisco externo																			
29 Reboco externo																			
30 Telhado												23/abr	20/abr	Contratar/GGOC	Contratar/GGOC				
31 Gail												23/abr	20/abr	Comprar/E, TA, AT	Contratar/GGOC, EO	Locar			
Area externa																			
32 Guarita/lixo/GLP/Caixa d'água												16/abr	13/abr		Rever o preço/EO				
33 Muro de arrimo												Iniciado	5/abr						
34 Distribuição elétrica												Iniciado	Imediata	Comprar cx pré-moldada/TA					
35 Infraestrutura (águas pluviais/esgoto)												Iniciado	Imediata	Comprar cx de passagem e PV/TA			Modificar/ Arq e EO		

APÊNDICE C: ANÁLISE DETALHADA DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO EMPREENDIMENTO DA OBRA D

MAPA DE FLUXO DE VALOR DETALHADO







DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS

- Consulta direta: o início do processo ocorreu no dia 04/08/06 com o cliente solicitando diretamente da empresa um orçamento para a obra D;
- Definição do comercial: o diretor comercial da empresa definiu a pessoa do setor de vendas (denominada no mapa de "comercial") encarregada de atender o cliente;
- Visita ao cliente: o trabalho de vendas iniciou com uma visita ao cliente para coletar informações sobre suas necessidades. Nesse tipo de obra é bastante comum o cliente solicitar um orçamento, sem que esteja claramente definido o produto a ser construído. Após a definição de alguns parâmetros da obra, na primeira visita ao cliente, iniciou-se o processo de orçamento;
- Orçamento: cabe ao setor de orçamento elaborar um orçamento da obra e montar o documento denominado de Desenho da Proposta (DP), que contém informações sobre a quantidade e volume de peças, prazos e condições de pagamento;
- Pré-dimensionamento de peças: para a elaboração do orçamento conta-se com o auxílio de um calculista para o pré-dimensionamento das peças. Nessa obra, foi consultado um calculista externo, o mesmo que havia realizado o projeto original. Esse projetista fez essa atividade informalmente, ou seja, não existiu um contrato de prestação de serviço nem remuneração, mas apenas um acordo entre esse profissional e a empresa de que, se a obra fosse contratada, o mesmo executaria as atividades de levantamento de cargas e cálculo;
- Reunião de proposta: após o envio da proposta (orçamento e DP), podem ocorrer ciclos de negociação. Com esses documentos, o comercial se reuniu com o cliente para negociar a proposta, sendo identificados nesta reunião

novos parâmetros de projeto, que são novamente encaminhados para o setor de orçamento para refazer a proposta inicial. Esta é novamente negociada com o cliente, até a obra ser contratada. Nesta obra esse ciclo ocorreu três vezes (entre 11/08/06 e 21/01/07) com um Tempo de Permanência (TP) de 94 dias;

- Confirmação de compra: feita pelo cliente em 22/01/07. Chamou-se no mapa o período compreendido entre a consulta direta à empresa pelo cliente a confirmação de compra de ciclo de informação independente (CII), por ser essa uma fase com bastante interferência do cliente e a empresa não ter controle sobre o seu andamento. A confirmação de compra não é feita através de assinatura do contrato, mas através de um documento que muitas vezes é enviado via e-mail. A partir dessa confirmação, a empresa pode dar seguimento ao processo de desenvolvimento do empreendimento;
- Comunicação de nova obra: o comercial informa aos setores de planejamento de fabrica e de projeto que a obra foi contratada. Inicia-se então o período denominado de ciclo de informação dependente (CD), no qual as atividades passam a ser gerenciadas internamente pela empresa, tendo esta um maior controle sobre o processo. No caso da obra D, existiu uma espera de 6 dias entre a confirmação de venda e a comunicação de nova obra, sendo que o prazo acordado com o cliente no processo de negociação da compra estava correndo;
- Planejamento da obra: ocorre paralelamente ao processo de projeto;
- Reunião de projeto: deve ser agendada o mais rápido possível a partir da comunicação de nova obra. Entretanto, nesse caso aconteceu apenas 5 dias após a comunicação da nova obra. Nessa reunião participaram o cliente, o coordenador de projeto, o projetista de GE, o calculista e o comercial. A partir dessa reunião, iniciaram-se o projeto de levantamento de carga e o ciclo da elaboração da GE;

- Ciclo de elaboração da GE: compreende as atividades de executar o projeto GE, apresentá-lo ao cliente, que fornece (ou não) mais informações sobre suas necessidades, até que seja aprovada a versão final do GE. Nesse ciclo não existiu comunicação direta entre projetista e cliente, sendo que coordenador de projeto teve o papel de intermediar essa comunicação. Ou seja, entre as caixas de processo existia uma atividade de “recepção e distribuição de informação”, que não está explicitada no mapa para simplificar e facilitar seu entendimento. Durante a elaboração do projeto do GE, toda a comunicação entre coordenador de projeto, projetista e cliente foi via e-mail. Esse processo foi planejado para ocorrer em 10 dias no cronograma acordado com o cliente, mas teve a duração de 17 dias;
- Contratação de projetista de peças individuais (DI): geralmente é contratado juntamente com os outros projetistas, num único escritório de projeto, que realiza as atividades de projeto de GE, cálculo e projeto de DI. Neste caso específico excepcionalmente contrataram-se três profissionais diferentes para realizar essas atividades. A contratação do projetista de DI demorou 11 dias para ocorrer;
- Reunião de conciliação: para evitar problemas de incompatibilidade de projeto, fez-se uma reunião antes de iniciar os projetos de DI. Contudo, esta reunião demorou mais 4 dias para ocorrer e o projetista de DI demorou mais 4 dias para iniciar o projeto, gerando uma espera de 19 dias (parados) para início do projeto de DI;
- Verificação: à medida que os projetos de DI vão sendo concluídos, estes são verificados pela equipe interna da empresa para que se possa iniciar a fabricação das peças e posteriormente, a montagem. Salienta-se que a simultaneidade que ocorre entre os quatro processos do empreendimento (projeto, verificação, fabricação e montagem) dificulta a gestão desse tipo de

obra, uma vez que problemas em qualquer um desses processos afetam os processos posteriores;

- Retrabalho: referente a um erro de projeto, relativo à cota de um pilar. Quando descoberto este erro, algumas peças já estavam montadas em obra e outras fabricadas, gerando grande re-trabalho no projeto, montagem e fabricação.