

**O PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO NO CONTEXTO  
DE OBRAS COMPLEXAS**

**Alana Araújo Rodrigues**

Porto Alegre

Abril 2006

**ALANA ARAÚJO RODRIGUES**

**O PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO NO CONTEXTO  
DE OBRAS COMPLEXAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,  
como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em  
Engenharia na modalidade Acadêmico

Porto Alegre

Abril 2006

**RODRIGUES, Alana Araújo**

O Projeto do Sistema de Produção no Contexto de Obras Complexas/ Alana Araújo Rodrigues. – Porto Alegre: PPGEC/UFRGS, 2006.

n p. 166

Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Mestre. Orientador: Carlos Torres Formoso.

1. Gerenciamento 2. Construção Civil I. Alana Araújo Rodrigues

CCAA2

**ALANA ARAÚJO RODRIGUES**

**O PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO NO CONTEXTO  
DE OBRAS COMPLEXAS**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 28 de abril de 2006

Prof. Carlos Torres Formoso  
Ph.D. pela University of Salford, Grã Bretanha  
Orientador

Prof. Fernando Schnaid  
Ph.D. pela University of Oxford, Grã Bretanha  
Coordenador do PPGEC/UFRGS

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Luiz Fernando Mahlmann Heineck**  
Ph.D. pela University of Leeds, Grã Bretanha

**Prof<sup>a</sup>. Andrea Parisi Kern**  
Dr<sup>a</sup> pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre

**Prof. Eduardo Luis Isatto**  
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre

A Deus, por seu imenso amor, misericórdia e por estar  
comigo em todos os momentos.  
Aos meus pais Neto e Lourdes e aos meus irmãos Anne,  
Anderson e Amanda. Dedico pelo amor incondicional,  
carinho e incentivo.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Carlos Torres Formoso pela orientação, incentivo, paciência, elogios e críticas e, sobretudo, por sua contribuição no desenvolvimento de minha formação profissional.

A todos os professores, funcionários e alunos que fazem parte da família NORIE, em especial a Prof. Ângela Masuero.

Ao meu noivo Thiago Moura por compreender minha ausência e me incentivar a lutar por meus objetivos e sonhos.

Aos amigos que conquistei em Porto Alegre. O imenso carinho, companheirismo e amizade foram de suma importância em minha vida.

A todos que fazem parte da Pastoral da Criança da Vila Jardim Protásio Alves. Em especial as crianças que animaram meus sábados com seus sorrisos e carinho. Agradeço por todas as preces e por me fazerem companhia.

Aos amigos do grupo de gerenciamento. Agradeço especialmente à Elvira, Renato, Andréa, Cristiano, Rodrigo, Marcel, Fabrício, Osvaldo (*in memoriam*), Adriana, Cristóvão e Isatto. Pelos *insights* e auxílio na revisão da dissertação e, sobretudo, pela amizade de todos e ajuda nos momentos difíceis.

Ao amigo Fábio Schramm pela ajuda ao longo da realização desta pesquisa, por todas as dicas e conversas que me ajudaram na elaboração desta dissertação e, principalmente, pela amizade.

Aos amigos e familiares de João Pessoa pelas orações e por torcerem pelo meu sucesso.

Aos amigos da Paróquia Santa Cecília pelos abraços e sorrisos acolhedores.

À CAPES que financiou esta pesquisa possibilitando a minha total dedicação aos estudos.

À BSF Engenharia que possibilitou a realização deste estudo, em especial aos engenheiros Eduardo, Kelvin, Diego, Rafael, Giacomello, Gustavo, Alexandre, Valéria e Rodrigo

A Deus, por ter me dado o bem mais precioso, MINHA VIDA. Agradeço por todas as maravilhas, por todas as bênçãos e por seu imenso amor.

*O Senhor é meu Rochedo, minha Fortaleza e meu Libertador. Meu Deus é a minha rocha onde encontro o meu refúgio, meu escudo, força de minha salvação e minha cidadela (Salmo 17,3).*

## RESUMO

RODRIGUES, Alana Araújo. **O Projeto do Sistema de Produção no Contexto de Obras Complexas.** (2006). Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

A complexidade dos empreendimentos da construção civil tem sido abordada por diversos autores. Ao contrário da visão tradicional de que estes empreendimentos têm características predominantemente lineares, previsíveis e que seus processos podem ser gerenciados de forma independente, a noção de complexidade traz uma nova luz à gestão da construção. Assim, os empreendimentos da construção devem ser entendidos como compostos por um grande número de processos, inter-relacionados, nos quais melhorias isoladas não resultam normalmente em melhorias substanciais do todo. Neste contexto, o projeto do sistema de produção (PSP), é um processo gerencial que pode contribuir para melhorar o desempenho de empreendimentos de construção, devendo anteceder a etapa de produção. Entretanto, na indústria da construção, esta atividade é pouco difundida, sendo em geral desconsiderada nos empreendimentos. O objetivo geral desta dissertação é propor um modelo de projeto do sistema de produção (PSP) levando em consideração as características complexas dos empreendimentos. O método de pesquisa foi dividido em três etapas. Inicialmente foi realizado o estudo exploratório, cujo objetivo foi obter um melhor entendimento dos empreendimentos estudados. A segunda etapa envolveu quatro estudos empíricos, cujo objetivo foi desenvolver o projeto do sistema de produção para diferentes fases dos empreendimentos, analisar as vantagens e dificuldades da implementação do PSP, assim como analisar a relação entre o PSP e o planejamento e controle da produção. Na etapa final foi proposto um modelo de projeto do sistema de produção no contexto de obras complexas. Nesta etapa também foram discutidos o escopo de decisões do PSP e as ferramentas utilizadas. Entre as principais conclusões deste estudo está a necessidade de antecipar a elaboração do PSP, iniciando ainda na fase de orçamento. O PSP não deve ser excessivamente detalhado no início do empreendimento, sendo necessária a sua revisão ao longo da etapa de produção, à medida que mais informações tornam-se disponíveis. Dessa forma, o PSP apóia a tomada de decisões relativas à organização da produção e suas decisões servem como informações de entrada para o planejamento e controle da produção (PCP).

Palavras-chave: projeto do sistema de produção; empreendimentos complexos; gestão da produção.



## ABSTRACT

RODRIGUES, A. A. **Production System Design in the Context of Complex Projects.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

The complexity of construction projects have been discussed by many authors. In opposition to the traditional view that those projects are linear and predictable, and that their processes can be managed separately, the notion of complexity cast a new light into construction management. Therefore, construction projects should be seen as composed by a large number of interrelated processes, in which isolated improvements do not usually bring major improvements on the whole. Production System Design is a managerial process that can contribute for improving the performance of construction projects, It should be carried out before the production stage. However, this activity is not widely disseminated in the construction industry and it is neglected in most projects. The objective of this dissertation is to propose a model for the Production System Design (PSD), considering the inherent complexity of construction projects. The research method was divided into three stages. In the first stage, an exploratory study was undertaken aiming to improve the understanding of the types of construction projects to be investigated. The second stage consisted of four empirical studies, in which the production system design for different project phases were produced, and the advantages and difficulties for its implementation were analyzed. Moreover, the relationship between the production system design and the production planning and control process was investigated. In the final stage of the study, a model for designing production systems in complex projects was proposed, including the definition of its scope and the tools that can be used. This research work suggests that there is a need to carry out the production system design before the cost estimating phase. Such design should not be detailed in the early stages of the project, and ought to be revised during the production stage, as more information is made available. Moreover, the production system design supports the decision making process related to the organization of production and provides input information for production planning and control.

Key-words: production system design, complex projects, production management

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	14
LISTA DE ABREVIATURAS .....	16
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DE PESQUISA .....	17
1.2 QUESTÕES DE PESQUISA .....	19
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	20
1.4 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	20
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	21
<b>2 GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS COMPLEXOS .....</b>	<b>22</b>
2.1 COMPLEXIDADE .....	22
2.2 SISTEMAS COMPLEXOS .....	23
2.3 EMPREENDIMENTOS COMPLEXOS .....	25
2.4 GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS COMPLEXOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	27
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	30
<b>3 O PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO .....</b>	<b>31</b>
3.1 SISTEMA DE PRODUÇÃO .....	31
3.1.1 Sistema de produção por projeto .....	34
3.2 ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO .....	36
3.3 PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO .....	40
3.3.1 Escopo de decisões do projeto do sistema de produção .....	41
3.3.1.1 <i>Capacidade produtiva –planejamento da necessidade de recursos</i> .....	42
3.3.1.2 <i>Nível de integração vertical e relação com fornecedores</i> .....	44
3.3.1.3 <i>Leiaute</i> .....	46
3.3.1.4 <i>Fluxos e sincronia da produção</i> .....	48
3.3.1.5 <i>Projeto de processos</i> .....	50
3.4 O PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	52
3.4.1 Projeto das operações da construção.....	52
3.4.2 <i>Work structuring</i> .....	53
3.4.3 Projeto do sistema de produção para empreendimentos habitacionais de interesse social .....	54
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	56

<b>4 MÉTODOS DE PESQUISA .....</b>	<b>57</b>
4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	57
4.2 ESTRATÉGIA DE PESQUISA .....	57
4.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA .....	58
4.4 DESCRIÇÃO DA EMPRESA EM QUE FORAM REALIZADOS OS ESTUDOS.	61
4.5 ESTUDO EXPLORATÓRIO .....	62
4.5.1 Descrição do empreendimento .....	62
4.5.2 Descrição das atividades realizadas .....	63
4.6 ESTUDO EMPÍRICO 1 .....	64
4.6.1 Descrição do empreendimento .....	64
4.6.2 Descrição das atividades realizadas .....	66
4.7 ESTUDO EMPÍRICO 2 .....	67
4.7.1 Descrição do empreendimento .....	67
4.7.2 Descrição das atividades realizadas .....	68
4.8 ESTUDO EMPÍRICO 3 .....	69
4.8.1 Descrição do empreendimento .....	69
4.8.2 Descrição das atividades realizadas .....	70
4.9 ESTUDO EMPÍRICO 4 .....	71
4.9.1 Descrição do empreendimento .....	71
4.9.2 Descrição das atividades realizadas .....	72
4.10 PRINCIPAIS FONTES DE EVIDÊNCIA .....	72
4.10.1 Análise de documentos .....	72
4.10.2 Observação direta .....	72
4.10.3 Observação participante .....	73
4.10.4 Entrevistas .....	73
4.10.5 Caderno de campo e registros fotográficos.....	74
<b>5 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA .....</b>	<b>75</b>
5.1 ESTUDO EXPLORATÓRIO .....	75
5.1.1 Considerações iniciais .....	75
5.1.2 Definição da seqüência de execução do empreendimento .....	76
5.1.3 Dimensionamento do tempo de execução dos processos.....	79
5.1.4 Definição da estratégia de ataque do empreendimento .....	79
5.1.5 Estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento .....	80
5.1.6 Implementação do PSP no empreendimento .....	83

5.1.6.1 Ferramentas de controle e visualização .....	83
5.1.7 Considerações finais sobre o Estudo Exploratório.....	85
5.2 ESTUDO EMPÍRICO 1 .....	87
5.2.1 Considerações iniciais .....	87
5.2.2 Definição da seqüência de execução do empreendimento .....	88
5.2.3 Identificação da unidade-base .....	88
5.2.4 Dimensionamento da capacidade de recursos de produção .....	89
5.2.5 Definição da estratégia de ataque do empreendimento .....	91
5.2.6 Estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento .....	91
5.2.7 Ferramentas de controle e visualização .....	96
5.2.8 Integração do PSP ao PCP .....	98
5.2.8.1 Planejamento de médio prazo .....	98
5.2.8.2 Planejamento de curto prazo .....	99
5.2.9 Análise dos resultados .....	101
5.2.9.1 Identificação dos principais problemas .....	103
5.2.10 Considerações finais sobre o Estudo Empírico 1 .....	109
5.3 ESTUDO EMPÍRICO 2 .....	110
5.3.1 Considerações iniciais .....	110
5.3.2 Definição da seqüência de execução do empreendimento .....	110
5.3.3 Identificação da unidade-base .....	111
5.3.4 Dimensionamento da capacidade de recursos de produção .....	111
5.3.5 Definição da estratégia de ataque do empreendimento .....	113
5.3.6 Estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento .....	114
5.3.7 Estudo de processos críticos .....	116
5.3.8 Ferramentas de controle e visualização .....	118
5.3.10 Considerações finais sobre o Estudo Empírico 2 .....	118
5.4 ESTUDO EMPÍRICO 3 .....	120
5.4.1 Considerações iniciais .....	120
5.4.2 Definição da seqüência de execução do empreendimento .....	120
5.4.3 Identificação da unidade-base e definição da estratégia de ataque do empreendimento .....	121
5.4.4 Dimensionamento da capacidade de recursos de produção .....	122
5.4.5 Estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento .....	123
5.4.5.1 Estudo dos fluxos de trabalho da área interna do Empreendimento Igreja.....	124
5.4.5.2 Estudo dos fluxos de trabalho da área externa do Empreendimento Igreja.....	126

5.4.6	Elaboração do <i>kit</i> de informações para os fornecedores .....	128
5.4.7	Considerações finais sobre o Estudo Empírico 3 .....	129
5.5	ESTUDO EMPÍRICO 4 .....	130
5.5.1	Considerações iniciais .....	130
5.5.2	Definição da seqüência de execução do empreendimento .....	130
5.5.3	Identificação da unidade-base .....	131
5.5.4	Dimensionamento da capacidade de recursos de produção .....	132
5.5.5	Definição da estratégia de ataque do empreendimento .....	133
5.5.6	Estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento .....	134
5.5.7	Considerações finais sobre o Estudo Empírico 4 .....	137
5.6	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	137
5.6.1	Modelo de PSP proposto para empreendimentos complexos .....	137
5.6.1.1	<i>Captação das necessidades dos clientes</i> .....	143
5.6.1.2	<i>Definição da seqüência de execução do empreendimento</i> .....	144
5.6.1.3	<i>Identificação da unidade-base</i> .....	145
5.6.1.4	<i>Dimensionamento da capacidade de recursos</i> .....	146
5.6.1.5	<i>Estudo dos fluxos de trabalho</i> .....	148
5.6.1.6	<i>Estudo dos processos críticos</i> .....	149
5.6.2	Benefícios do PSP para os empreendimentos complexos .....	150
5.6.3	Dificuldades para implementação do PSP em empreendimentos complexos .....	152
5.6.4	Ferramentas utilizadas na elaboração do PSP .....	153
5.6.5	Iteração do PSP com o PCP .....	154
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>156</b>
6.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	156
6.2	CONCLUSÕES .....	156
6.3	SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS .....	158
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>159</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Abordagem da teoria dos sistemas (baseado em: BECKERMAN, 2000)...	24
Figura 2.2 – Dimensões dos empreendimentos complexos (baseado em: WILLIAMS, 2000).....	27
Figura 3.1 – Sistema de produção (baseado em: MEREDITH; SHAFER, 2002).....	32
Figura 3.2 – Modelo de sistema de produção (baseado em: JACOBSEN et al., 2002)....	33
Figura 3.3 – Matriz produtos – processos (baseado em: SCHMENNER, 1993 apud BALLARD, 2005).....	35
Figura 3.4 – Modelo de quatro estágios (HAYES; WHEELWRIGHT, 1984 apud SLACK et al., 1997).....	36
Figura 3.5 – Conteúdo da estratégia de produção (PIRES; 1995 apud BARROS NETO, 1999).....	38
Figura 3.6 – Escopo de decisões do projeto do sistema de produção.....	41
Figura 3.7 – Níveis de decisões de capacidade (baseado em: SLACK; LEWIS, 2003)...	42
Figura 3.8 – Modelo de PSP para empreendimentos habitacionais de interesse social (SCHRAMM, 2004).....	55
Figura 4.1 – Delineamento da pesquisa .....	60
Figura 4.2 – Cronograma de realização dos estudos .....	61
Figura 4.3 – Planta baixa do Empreendimento H-POA1.....	63
Figura 4.4 – Planta baixa do pavimento H.E. do Empreendimento H-POA2.....	65
Figura 4.5 – Planta baixa do Empreendimento S.....	67
Figura 4.6 – Planta baixa do Empreendimento Igreja.....	69
Figura 5.1 – Unidade-base do empreendimento.....	76
Figura 5.2 – Cronograma de realização das atividades.....	77
Figura 5.3 – Rede de precedência das atividades.....	78
Figura 5.4 – Seqüência de execução do empreendimento H-POA1.....	79
Figura 5.5 – Definição dos tempos de execução dos processos.....	79
Figura 5.6 – Estratégia de ataque do empreendimento.....	80
Figura 5.7 – Estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento.....	82
Figura 5.8 – Deslocamento da equipe de gesso acartonado no empreendimento.....	84
Figura 5.9 – Ferramenta semanal de controle de processos.....	85
Figura 5.10 – Seqüência de execução dos processos do empreendimento H-POA2.....	88
Figura 5.11 – Identificação dos módulos de produção.....	89
Figura 5.12 – Dimensionamento da capacidade de recursos – área externa.....	90
Figura 5.13 – Dimensionamento da capacidade de recursos – área interna .....	90
Figura 5.14 – Dimensionamento e disposição das equipes de trabalho no empreendimento.....	92
Figura 5.15 – Estudo dos fluxos de trabalho – área interna.....	93
Figura 5.16 – Estudo dos fluxos de trabalho – área externa.....	94
Figura 5.17 – Trajetória de trabalho das equipes de instalações elétricas.....	95
Figura 5.18 – Gráfico de necessidade de mão- de- obra.....	96
Figura 5.19 – Identificação dos ambientes para cada módulo de produção.....	97
Figura 5.20 – Identificação dos módulos de trabalho – posto assistencial.....	97
Figura 5.21 – Painel contendo as ferramentas desenvolvidas no PSP.....	98
Figura 5.22 – Identificação da janela de médio prazo na linha de balanço.....	99
Figura 5.23 – Informações relativas aos pacotes de trabalho retiradas da linha de balanço .....	100

Figura 5.24 – Informações da quantidade de efetivo necessária para execução dos pacotes diários de trabalho.....	101
Figura 5.25 – Linha de balanço final – área externa.....	102
Figura 5.26 – Linha de balanço final – área interna.....	103
Figura 5.27 – PPC semanal – empreendimento H-POA2.....	104
Figura 5.28 – Percentual de problemas para cada semana.....	104
Figura 5.29 – Percentual de problemas acumulados.....	105
Figura 5.30 – Planilha de controle de terminalidade.....	106
Figura 5.31 – Desvio de ritmo dos processos.....	107
Figura 5.32 – Planilha das tarefas executadas no empreendimento.....	108
Figura 5.33 – Seqüência de execução dos processos do Empreendimento S.....	110
Figura 5.34 – Definição da unidade-base do empreendimento.....	111
Figura 5.35 – Dimensionamento da capacidade de recursos.....	112
Figura 5.36 – Estratégia de ataque – estaqueamento.....	113
Figura 5.37 – Estudo dos fluxos de trabalho – Setor Trefila.....	115
Figura 5.38 – Montagem da estrutura pré-fabricada.....	117
Figura 5.39 – Ferramenta de controle de execução dos blocos.....	118
Figura 5.40 – Seqüência de execução do Empreendimento Igreja.....	120
Figura 5.41 – Identificação da unidade-base.....	122
Figura 5.42 – Dimensionamento da capacidade de recursos.....	123
Figura 5.43 – Estudo dos fluxos de trabalho do Empreendimento Igreja – área interna..	125
Figura 5.44 – Esquema das atividades externas.....	126
Figura 5.45 – Estudo dos fluxos de trabalho do Empreendimento Igreja– área externa..	126
Figura 5.46 – Programação inicial dos recursos de produção.....	127
Figura 5.47 – Gráfico da necessidade de mão-de-obra.....	128
Figura 5.48 – Seqüência de execução do Empreendimento Fábrica T.....	131
Figura 5.49 – Dimensionamento da capacidade de recursos de produção.....	132
Figura 5.50 – Estratégia de ataque dos prédios da fábrica, do escritório e da pintura.....	133
Figura 5.51 – Estudo dos fluxos de trabalho – fábrica, escritório e pintura.....	135
Figura 5.52 – Estudo dos fluxos de trabalho dos prédios de montagem de pneus, utilidades, guarita de veículos, guarita de caminhões, resíduos, área de lazer e áreas externas.....	136
Figura 5.53 – Escopo de decisões do PSP para cada estudo realizado.....	138
Figura 5.54 – Decisões – PSP para empreendimentos complexos.....	139
Figura 5.55 – Modelo de PSP para empreendimentos complexos.....	141
Figura 5.56 – Esforços necessários para realização do PSP em cada estudo realizado....	142
Figura 5.57 – Benefícios da realização do PSP nos empreendimentos estudados.....	150
Figura 5.58 – Principais dificuldades para implementação do PSP nos empreendimentos estudados.....	152

## **ABREVIATURAS**

LIB – Lean Institute Brasil

NORIE – Núcleo Orientado à Inovação da Edificação

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PMG – Preço Máximo Garantido

PPC – Percentual do Planejamento Concluído

PSP – Projeto do Sistema de Produção

PPGEC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DE PESQUISA

A motivação inicial para esta pesquisa surgiu a partir das lacunas de conhecimento identificadas no trabalho de Schramm (2004), que propôs um modelo de projeto do sistema de produção (PSP) para empreendimentos habitacionais de interesse social. Esses empreendimentos tinham como principais características o caráter repetitivo das atividades e dos lotes de trabalho, poucas modificações nos projetos e baixa interferência dos clientes. Uma vez que o foco do estudo foi limitado a estes empreendimentos, Schramm (2004) sugeriu a elaboração do PSP para empreendimentos com características diferentes daquelas que ele estudara. Por essa razão, nesta pesquisa, são analisados empreendimentos de caráter mais complexo, em função do elevado número de envolvidos no processo, maior variabilidade e incertezas, pouca repetitividade, alta interferência dos clientes e curto prazo para entrega.

Após a Segunda Guerra Mundial, diferentes iniciativas surgiram para entender a indústria da construção civil e seus problemas, assim como o desenvolvimento de métodos e soluções para melhoria no setor (KOSKELA, 2000). Baccarini (1996) afirma que, a partir da década de 1980, a indústria da construção civil tem se tornado cada vez mais complexa. Isso pode ser explicado pelo surgimento de fatores relacionados com a contínua demanda por rapidez na construção, custo, controle de qualidade, segurança e alta concorrência, aliados ao desenvolvimento de novas tecnologias e a crescente preocupação com o meio ambiente (GIDADO, 1996). Além destes fatores, um grande número de pessoas é envolvido no processo de construção, como arquitetos, gerentes de produção, projetistas de estruturas e sistemas elétricos e hidráulicos, bem como consultores de marketing, o que torna a indústria da construção altamente fragmentada e, conseqüentemente, dificulta a tomada de decisões (FORMOSO et al., 2003).

Vários autores, entre eles Baccarini (1996), Gidado (1996), Mitleton e Kelly (2000), Dubois e Grade (2001), Austin et al. (2002), Williams (2002) e Bertelsen (2003), têm estudado os efeitos da complexidade na gestão dos empreendimentos. Segundo Baccarini (1996), é fundamentalmente importante o estudo dos empreendimentos complexos, visto que o setor da

construção civil tem mostrado grande dificuldade em lidar com o aumento da complexidade dos seus empreendimentos.

A interdependência entre os elementos<sup>1</sup> e a grande incerteza que existem no ambiente da construção são fatores comuns para o entendimento dos empreendimentos complexos na visão de diversos autores (BACCARINI, 1996; WILLIAMS, 2002; BERTELSEN, 2003). Nesta pesquisa, entende-se por empreendimentos complexos aqueles que apresentam incertezas, tanto nos métodos quanto nos objetivos, adicionadas de uma complexidade estrutural, que está relacionada ao tamanho e ao número de elementos internos, assim como a interdependência entre eles (WILLIAMS, 2002).

Conforme Baccarini (1996), a complexidade influencia a escolha de métodos, técnicas e ferramentas de gestão, pois os empreendimentos complexos, em geral, exigem maior eficácia gerencial, sendo a aplicação de sistemas convencionais inapropriados para geri-los. Segundo Bertelsen (2003), geralmente estuda-se a construção civil como um fenômeno regular e simples, visto de maneira seqüencial, funcionando como um processo linear, no qual se considera que uma atividade não tem impacto significativo nas demais. Da mesma forma, Halpin e Woodhead (1976) afirmam que existe uma falsa impressão de que a otimização e a minimização dos custos dos subprocessos levam à criação de condições favoráveis para o desenvolvimento de todo o projeto.

A falta de métodos, de técnicas e de ferramentas apropriadas para a gestão desses empreendimentos, levando-se em consideração suas características complexas, tem tornado impossível a estimativa dos efeitos da complexidade no que diz respeito ao sucesso dos objetivos do empreendimento (GIDADO, 1996). Diante disso, conforme salientam Halpin e Woodhead (1976), um dos problemas básicos para a gestão da construção civil é a variedade de novas tecnologias e a definição dos métodos de construção apropriados para cada atividade a ser desenvolvida na obra. Slack et al. (1997) asseguram que a maneira de projetar o processo que produz o produto ou serviço tem um impacto significativo na habilidade da produção em atender às necessidades de seus consumidores.

Dessa forma, a primeira tarefa a ser realizada em qualquer esforço produtivo é o projeto do sistema de produção (PSP), que abrange desde a organização global até o plano das

---

<sup>1</sup> O termo *elementos* se refere aos envolvidos no processo de construção, entre eles, os projetos, os fornecedores, os clientes, os funcionários e as questões burocráticas, entre outros.

operações, ou seja, desde as decisões relativas a quem está envolvido no processo até as decisões que se referem aos trabalhos físicos que serão executados (BALLARD et al., 2001).

Segundo Schramm (2004), a elaboração do PSP permite a estruturação dos recursos de produção de uma forma organizada, facilitando a gestão e tornando-se referência para o processo de planejamento e controle da produção. Além disso, segundo o mesmo autor, o PSP ainda auxilia na redução das incertezas do processo de produção, na identificação das interdependências entre as atividades, o que melhora os fluxos de trabalho e adiciona valor ao produto final. De acordo com o autor, a elaboração do PSP deve ser iniciada antes da execução do empreendimento, sendo a atenção da produção dirigida para aspectos que devem ser considerados durante a sua realização. Este planejamento prévio proporciona reflexões que dizem respeito aos métodos e projetos a serem executados, a uma organização dos elementos necessários, como também permite identificar alguns requisitos dos clientes e desenvolver melhorias para gerir as equipes de trabalho (OGLESBY et al., 1989).

Embora o PSP seja um tema bastante discutido na indústria da manufatura (SLACK et al. 1997; MOREIRA, 1996; GAITHER; FRAZIER, 2001), são poucos os estudos que dizem respeito ao tema na indústria da construção civil e, em especial, àqueles que consideram as características complexas dos empreendimentos como fator importante para a elaboração do PSP. Assim sendo, entende-se que estudar a elaboração do PSP, levando-se em consideração estas características, pode resultar em benefícios e ganhos de produtividade, aumentando o valor para o consumidor e os lucros da empresa construtora.

## 1.2 QUESTÕES DE PESQUISA

Com base na apresentação do problema de pesquisa e na justificativa do tema, definiu-se como questão principal de pesquisa neste estudo:

“Como realizar o PSP de obras em ambientes complexos?”.

Desdobrando a questão principal, surgiu a necessidade de responder também às seguintes questões secundárias:

- a) Qual o escopo de decisões do PSP de obras complexas?

- b) Quais os principais benefícios que o PSP pode trazer para as obras complexas?
- c) Quais as dificuldades para a implementação do PSP diante das características dos empreendimentos?
- d) Quais os métodos, técnicas e ferramentas que podem ser utilizados para a elaboração do PSP no contexto estudado?
- e) Como o PSP interage com outros processos gerenciais, tais como o planejamento e o controle da produção (PCP), o orçamento e a elaboração de propostas?

### 1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo principal deste trabalho é propor um modelo para elaboração do PSP em ambientes complexos da construção civil, partindo do modelo desenvolvido por Schramm (2004).

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) definir o escopo de decisões que faz parte da elaboração do PSP;
- b) identificar dificuldades para implementar o modelo proposto;
- c) identificar as possíveis contribuições do PSP para outros processos gerenciais, como o planejamento e o controle da produção, o orçamento e a elaboração de propostas;
- d) identificar ferramentas e técnicas que podem ser utilizadas na realização do PSP.

### 1.4 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

A pesquisa foi realizada em empreendimentos com características complexas, entre elas, alto grau de incerteza e interferência do cliente, grande número de empresas envolvidas no processo e curtos prazos para execução das obras.

Embora a ferramenta prototipagem seja utilizada na pesquisa, a mesma não é analisada profundamente, visto que não faz parte do foco principal do trabalho.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Neste item, apresenta-se a estrutura desta dissertação, que está dividida em seis capítulos. No primeiro, abordam-se, além da apresentação, da justificativa e do problema de pesquisa, as questões, os objetivos e a delimitação do estudo. No segundo, discutem-se a complexidade dos sistemas e o entendimento das formas de gestão para os empreendimentos complexos. No terceiro capítulo, expõem-se definições acerca do projeto do sistema de produção e do escopo de decisões que o compõe, além de abordagens de PSP na construção civil. O capítulo quatro detalha o método de pesquisa utilizado para a elaboração desta dissertação. O capítulo cinco descreve o estudo exploratório e os quatro estudos empíricos realizados nesta pesquisa, bem como os seus resultados. O sexto e último capítulo trata das conclusões finais desta dissertação, assim como da sugestão para trabalhos futuros relacionados ao tema estudado.

## 2 GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS COMPLEXOS

Diversos autores afirmam que, para a obtenção de uma forma de gestão apropriada, é necessário um melhor entendimento da natureza e das implicações da complexidade dos sistemas que se deseja estudar (HEYLIGHEN, 1996; MITLETON; KELLY, 2000 ; FOSTER et al., 2001; BERTELSEN, 2003; CALVANO; JOHN, 2004). Assim, dedica-se este capítulo à discussão sobre o contexto de complexidade e sobre os sistemas complexos, sendo analisadas as suas características, assim como as diferenças entre a abordagem holística e a abordagem reducionista. Por fim, apresenta-se o conceito de empreendimentos complexos e quais os fatores que devem ser considerados na gestão destes empreendimentos.

### 2.1 COMPLEXIDADE

As noções de complexidade foram desenvolvidas devido a insatisfação que havia com a ciência newtoniana, dominante no início do século XX. Neste período, centenas de descobertas questionavam algumas das suposições desta ciência, que era baseada na linearidade, na previsibilidade, no controle e no alcance do conhecimento perfeito (FOSTER et al., 2001).

Vários autores, como, por exemplo, Calvano e John (2004), afirmam que o mundo tem se tornado cada vez mais complexo, pois estamos imersos em uma complicada rede de processos e interações, assim como por um rápido desenvolvimento das tecnologias de informações e comunicações. Senge (1990) corrobora esta idéia, salientando que, pela primeira vez na história, a humanidade tem a capacidade de criar mais informações do que pode absorver, de gerar mais interdependências do que pode administrar e de acelerar as mudanças com muito mais rapidez do que pode acompanhar.

Segundo Rescher (1998), a complexidade diz respeito primeiramente ao número e à variedade das partes constituintes, assim como das inter-relações entre elas. Mitleton e Kelly (2000) classificam as inter-relações como interconectividade. Isso significa que uma decisão ou ação individual afeta todas as partes relacionadas e os seus efeitos não têm impactos uniformes, variando de acordo com o estado de cada parte.

De acordo com Heylighen (1996), aspectos de distinção e conexão determinam as duas dimensões que limitam a complexidade. **Distinção** corresponde à variedade e à heterogeneidade, considerando que as diferentes partes têm diferentes comportamentos. **Conexão** equivale aos limites e à redundância, considerando que diferentes partes não são independentes e que o conhecimento de uma parte permite identificar os aspectos das demais. Ainda o mesmo autor afirma que a distinção conduz ao limite da desordem ou do caos, como, por exemplo, o gás, em que a posição de qualquer molécula é completamente independente da posição das demais. Já a conexão conduz a ordem, como, por exemplo, um cristal perfeito, em que a posição de uma molécula é completamente determinada pela posição da molécula mais próxima. A complexidade só existe se ambos os aspectos estiverem presentes.

Assim, a definição mais utilizada para complexidade está relacionada à margem do caos, ou seja, o que não apresenta características altamente estáveis e, por outro lado, não é completamente caótico, pode ser considerado complexo (HEYLIGHEN, 1996; BERTELSEN, 2003; CALVANO; JOHN 2004). No entanto, não existe uma teoria única a respeito da complexidade, mas várias teorias originadas de várias ciências, como, por exemplo, a biologia, a química, a matemática, a física, entre outras (HEYLIGHEN, 1996; MITLETON; KELLY, 2000; FOSTER et al., 2001; BERTELSEN, 2003; CALVANO; JOHN, 2004).

## 2.2 SISTEMAS COMPLEXOS

O termo sistema é bastante utilizado no atual estágio do desenvolvimento científico. Um sistema pode ser definido como grupo de componentes, associados por alguma forma de interação, que agem juntos para atingir um objetivo comum (TURNER et al., 1993). Assim, de acordo com Calvano e John (2004), ao pensarmos na definição de sistema como elementos que interagem, mostrando não só o comportamento do todo, mas também o de suas partes individuais, pode-se afirmar que, há muitos anos, os sistemas vêm sendo projetados. No entanto, existem duas abordagens distintas para o estudo dos sistemas: a abordagem reducionista e a abordagem holística (BECKERMAN, 2000).

A abordagem reducionista, utilizada com maior ênfase até meados dos anos 1980, é caracterizada pela linearidade, sendo seus componentes divididos em sistemas individuais, bem organizados, com poucas variáveis, com alto grau de determinismo, em que a sua soma

proporciona as propriedades do sistema global (BECKERMAN, 2000). Senge (1990) afirma que os sistemas reducionistas se caracterizam por apresentarem uma complexidade de detalhes, em que o todo pode ser dividido em grupos independentes, com causas e efeitos óbvios e diretos e que nestes sistemas uma ação produz o mesmo efeito a curto e a longo prazo. Entretanto, de acordo com Foster et al. (2001), os sistemas complexos requerem a compreensão clara das diferentes disciplinas que operam em diferentes escalas, seu ambiente é incerto e existem múltiplos estados futuros possíveis. Dessa forma, a abordagem reducionista apresenta muitas falhas, sendo a abordagem holística uma alternativa para solucioná-las (RODRIGUES; BOWERS, 1996).

Beckerman (2000) assegura que, na abordagem holística, os sistemas complexos são considerados não-lineares e dinâmicos, sendo o todo mais que a soma das partes. Da mesma forma, Rescher (1998) afirma que, nos sistemas complexos, não se pode determinar as propriedades das unidades do sistema com base nos detalhes dos seus elementos constituintes, pois estes não estabelecem as propriedades do todo, uma vez que as características do sistema surgem independentemente do comportamento das partes.

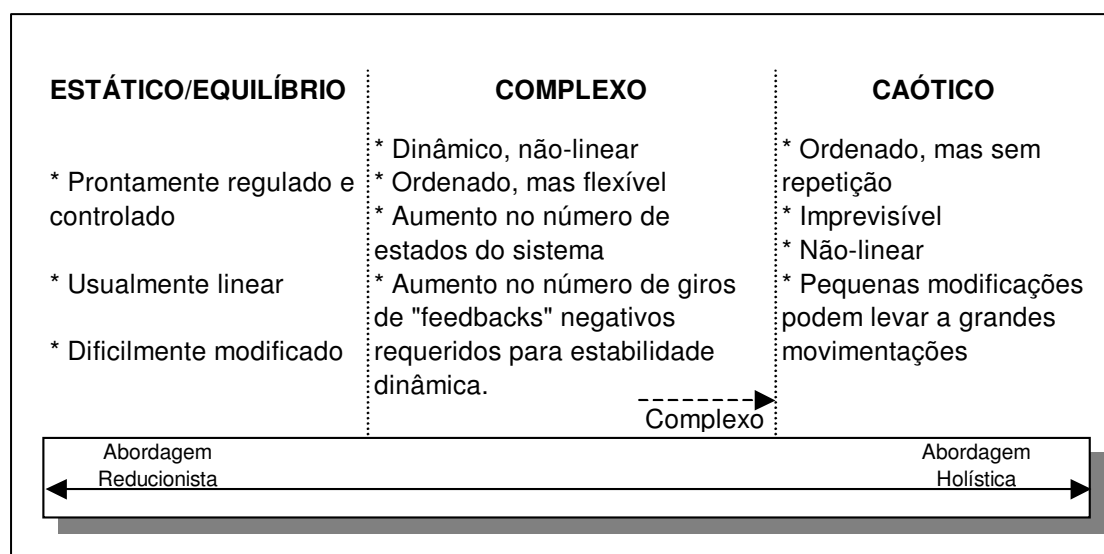


Figura 2.1 – Abordagens da teoria dos sistemas (baseado em BECKERMAN, 2000)

A Figura 2.1 apresenta as duas abordagens da teoria do sistema, ou seja, a abordagem reducionista e a abordagem holística. Analisando-a, observa-se que os sistemas em equilíbrio são estáveis, a ponto de qualquer perturbação levá-los a tentar encontrar novamente a estabilidade, tendo um controle relativamente simples. Já os sistemas caóticos são ordenados



e determinísticos, entretanto suas partes não se repetem, são imprevisíveis e de difícil controle, podendo pequenas modificações gerar grandes movimentações. Os sistemas complexos estão situados entre os sistemas estáveis e os sistemas caóticos, mais especificamente à margem do caos (BECKERMAN, 2000).

Senge (1990) considera que os sistemas holísticos têm uma complexidade dinâmica, em que as causas e os efeitos são sutis e os efeitos de longo prazo não são óbvios. Segundo o mesmo autor, nestes sistemas uma ação tem um determinado efeito no local da intervenção e um efeito completamente diferente em outra parte do sistema.

### 2.3 EMPREENDIMENTOS COMPLEXOS

Embora o termo “empreendimentos complexos” seja muito utilizado, não há, ainda, uma definição clara sobre o seu significado, além de um consenso de que é mais do que simplesmente um grande empreendimento (WILLIAMS, 1999).

Gidado (1996) afirma que a complexidade na construção origina-se pelo seu elevado número de elementos, ou seja, pela diversidade de recursos empregados e de conhecimento requerido e pelo grande número de inter-relações entre as diferentes partes. Da mesma forma, segundo Bertelsen (2003a), os empreendimentos da construção civil são compostos por vários elementos que se inter-relacionam, apresentado cada um destes elementos métodos e objetivos distintos. Entretanto, de acordo com o mesmo autor, para que o empreendimento tenha sucesso, é necessário que os métodos e objetivos colaborem entre si.

Entrevistas estruturadas realizadas por Gidado (1996) com um grupo de especialistas da indústria da construção mostraram que eles consideram os empreendimentos complexos quando:

- a) existe um grande número de diferentes sistemas que necessitam trabalhar juntos e um grande número de interfaces entre os elementos;
- b) o empreendimento envolve trabalhos de construção em locais confinados, com dificuldade de acesso e requer uma grande quantidade de mão-de-obra trabalhando ao mesmo tempo;
- c) existe uma grande dificuldade em alcançar os objetivos desejados;
- d) necessita de eficiente coordenação, controle e monitoramento, do início ao fim do empreendimento; e

- e) existe uma serie de revisões e modificações durante a execução do empreendimento.

Com base na literatura, Baccarini (1996) publicou uma discussão sobre empreendimentos complexos e propôs uma definição para eles como um sistema composto de muitas partes inter-relacionadas, que podem ser operacionalizadas no que diz respeito à diferenciação, ou seja, o número de elementos variados e interdependência, que significa o grau de relacionamento entre estes elementos. Associando esta definição àquela apresentada por Heylighen (1996) na sessão 2.1, as muitas partes inter-relacionadas dos empreendimentos podem ser relacionadas à variedade e à heterogeneidade que limitam a complexidade.

Outro fator presente nos empreendimentos complexos diz respeito às incertezas (GIDADO, 1996; WILLIAMS, 2000). Segundo Gidado (1996), as incertezas nos empreendimentos estão associadas a diversos fatores, como, por exemplo:

- a) falta de especificações completas das atividades a serem executadas;
- b) desconhecimento das entradas e do ambiente a ser gerido;
- c) falta de uniformidade nos trabalhos; e
- d) ambientes imprevisíveis (efeitos de tempo, entre outros).

Williams (2002) define os empreendimentos complexos como aqueles que apresentam uma complexidade estrutural, adicionada a incertezas nos métodos e objetivos (Figura 2.2). Para esse autor, a complexidade estrutural é composta pela diferenciação, ou seja, pelo número de níveis hierárquicos, unidades organizacionais, especialistas envolvidos no empreendimento, assim como a diversidade de *inputs* (entradas) e *output* (saídas) e pela interdependência entre os elementos organizacionais, tarefas, equipes e tecnologias. Já as incertezas podem ser classificadas como incertezas nos métodos, ou seja, incertezas nos requisitos de tarefas, seqüências e organizações estruturais, ou incertezas nos objetivos, que normalmente estão associadas às dificuldades na captação das necessidades dos clientes.

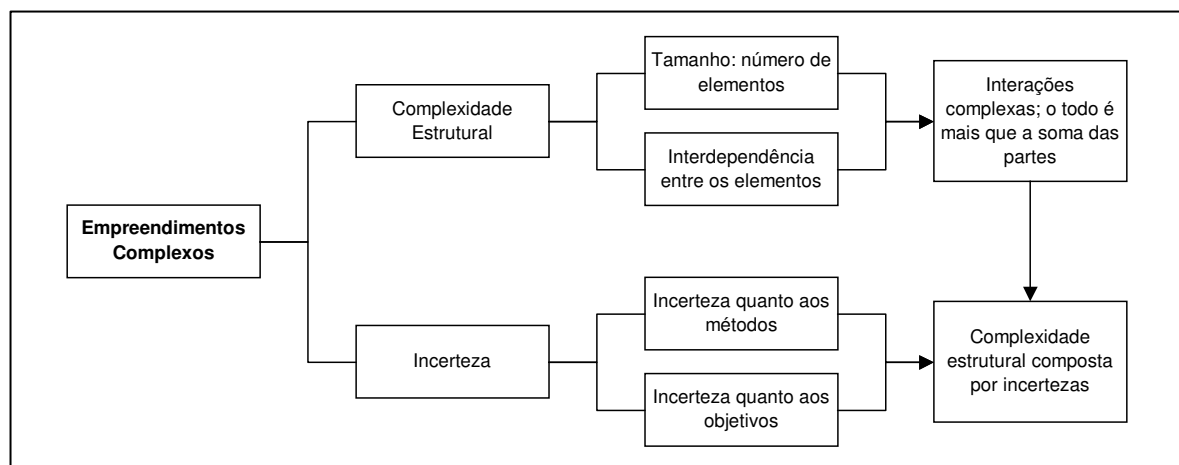


Figura 2.2 – Dimensões dos empreendimentos complexos (baseado em WILIAMS, 2002)

Assim, a definição de empreendimentos complexos adotada nesta pesquisa é a apresentada por Williams (2002), em que um empreendimento complexo apresenta incerteza nos métodos e objetivos, sendo composto por um grande número de elementos inter-relacionados, em que o comportamento do todo não pode ser determinado por seus elementos constituintes.

## 2.4 GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS COMPLEXOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Geralmente a indústria da construção civil apresenta problemas, como atrasos, baixa qualidade, geração de valor incompatível com os desejados pelos clientes, entre outros (BERTELSEN, 2003a). Ao longo dos anos, vários esforços vêm sendo feitos para melhorar estes problemas. Segundo Bertelsen (2004) os resultados têm sido limitados pela falta de entendimento da natureza do sistema a ser gerido.

Na gestão tradicional, consideram-se os empreendimentos lineares e ordenados, com estágios bem definidos e previsíveis, em que todas as informações são avaliadas no início do empreendimento, permitindo seu planejamento detalhado (RODRIGUES; BOWERS, 1996; GIDADO; 1996, DRAPER; MARTINEZ, 2002; BERTELSEN, 2003a).

Entretanto, segundo Bertelsen (2003), perceber a natureza dos empreendimentos como sendo regular e linear é um erro fundamental. Calvano e John (2004) salientam que, para gerir os empreendimentos complexos, não se pode prever o comportamento de todo o

empreendimento a partir de suas partes constituintes. Diante disso, Sterman (1992) aponta algumas características presentes nos empreendimentos da construção civil que devem ser consideradas na sua gestão:

- a) os empreendimentos da construção são extremamente complexos e são constituídos por múltiplos elementos interdependentes, ou seja, as mudanças que ocorrem em uma parte do sistema têm implicações em outras partes. Por exemplo, a mudança na execução de uma parede em um empreendimento implica mudanças em outros subsistemas, como instalações elétricas e hidráulicas;
- b) os empreendimentos da construção são altamente dinâmicos: existem muitos atrasos no cronograma, que ocorrem devido a dificuldades em descobrir e corrigir os erros, assim como de gerir as mudanças inesperadas no seu escopo;
- c) os empreendimentos da construção envolvem múltiplos processos de *feedback*<sup>2</sup>; e
- d) os empreendimentos da construção envolvem relações não-lineares: significa que causa e efeito não têm relações simples e proporcionais. Por exemplo, em um empreendimento, aumentar a jornada semanal de 40 para 44 horas deveria aumentar a produtividade em 10% (4/40). Entretanto, longas jornadas de trabalho podem levar a fadigas, erros ou outros efeitos, que terão conseqüências negativas na produtividade.

Assim, entender a construção como um fenômeno complexo abre caminho para novas formas de gestão (Bertelsen, 2003a). Na prática, a gestão tem que ser dinâmica, adaptando o planejamento inicial às novas informações (RODRIGUES; BOWERS, 1996). Desse modo, considerar a complexidade na gestão de empreendimentos é importante pelas seguintes razões (BACCARINI, 1996):

- a) o entendimento dos empreendimentos complexos ajuda a determinar planejamento, coordenação e controle das necessidades;
- b) a complexidade impede a clara identificação das principais metas e objetivos dos empreendimentos;
- c) a complexidade é um critério importante para a seleção apropriada da forma organizacional do empreendimento;
- d) exige uma maior seleção na gestão dos funcionários;
- e) a complexidade afeta os objetivos do empreendimento, no que diz respeito a tempo, custo e qualidade.

Um outro fator importante para a gestão dos empreendimentos complexos, citado por Bertelsen e Emmitt (2005), é considerar o cliente como um causador de complexidade no

---

<sup>2</sup> Neste sentido, *feedback* significa mais do que simplesmente colher informações, significa qualquer fluxo de influência recíproca, uma vez que toda e qualquer influência é, ao mesmo tempo, causa e efeito (SENGE, 1990).

processo de construção. De acordo com os referidos autores, esta complexidade se dá pela dificuldade de entender as necessidades e os valores que os clientes esperam do empreendimento, podendo existir em cada empreendimento diferentes grupos de clientes, tais como proprietários, usuários e a própria sociedade. Cada grupo tem, em geral, valores e necessidades diferentes um do outro (BERTELSEN; EMMITT, 2005). Williams (2002) apóia esta idéia, afirmando que as incertezas dos clientes levam a incertezas nos objetivos do empreendimento (como citado na sessão 2.3). De acordo com o mesmo autor, o comportamento do cliente é geralmente a chave para o comportamento do empreendimento, ou seja, entender e prever como o cliente irá se comportar é um elemento-chave para gerir um empreendimento.

Com base no entendimento das características complexas dos empreendimentos, a abordagem regular de gestão, que leva em consideração o planejamento, deve também levar em consideração fatores relacionados à organização, equipes de trabalho, fornecedores e serviços (BERTELSEN, 2004):

- a) planejamento: o primeiro objetivo do planejamento do empreendimento é a sua análise, a fim de dividir os trabalhos em pacotes e estabelecer tempos para a execução das tarefas. Como o sistema está próximo ao caos, a gestão pode ser feita de modo a não planejar o empreendimento detalhadamente;
- b) organização: é importante organizar o empreendimento de modo que ele se autogerencie. Assim, deve-se aumentar a confiabilidade dos agentes individuais, distribuindo ao máximo as responsabilidades;
- c) equipes de trabalho: as equipes de trabalho nos empreendimentos não são fixas, pois eles têm caráter temporário, ou seja, para cada empreendimento, novos fornecedores são contratados. O sucesso do empreendimento depende do entrosamento entre as equipes. No processo de gestão, é importante o incentivo da criação de atividades desenvolvidas em equipe, de forma que os membros discutam as melhores soluções para os trabalhos a serem desenvolvidos; e
- d) fornecedores e serviços: a gestão deve ser entendida como o fornecimento dos serviços para a geração de valor, com a tentativa de minimizar as tarefas que não geram valor.

## 2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, foi apresentada uma revisão relacionada ao tipo de empreendimento estudado nesta pesquisa. Conclui-se que, para obter uma forma adequada de gestão, deve-se inicialmente entender a natureza dos sistemas a serem geridos. Os empreendimentos complexos apresentam um grande número de partes inter-relacionadas além de incertezas nos métodos (tecnologias, seqüências, organizações estruturais, entre outros), e nos objetivos (relacionada às necessidades dos clientes). Para gerir os empreendimentos complexos, inicialmente deve-se ter em mente que existem fatores imprevisíveis, que torna inviável um grande detalhamento das atividades. É preciso promover um entrosamento entre as equipes de trabalho, distribuir as responsabilidades entre as equipes e incentivar a participação dos fornecedores e funcionários nas tomadas de decisão. Diante disso, a elaboração do projeto do sistema de produção levará em consideração as características complexas dos empreendimentos.

## 3 O PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

Neste capítulo, expõe-se, inicialmente, a definição de sistema de produção. Logo após, analisam-se os aspectos relativos à estratégia de produção em função do seu papel na elaboração do projeto do sistema de produção, assim como o escopo de decisões do PSP. Por fim, são apresentados alguns estudos referentes ao PSP na construção civil.

### 3.1 SISTEMA DE PRODUÇÃO

Encontram-se diversas definições de sistema de produção na bibliografia. Askin e Goldberg (2002), por exemplo, afirmam que o grupo de recursos e procedimentos envolvidos na conversão de materiais em produtos e a entrega deles aos consumidores, definem o sistema de produção. Para esses autores, o sistema de produção tem como principal função a execução das atividades em que estão envolvidos trabalhadores, informações e equipamentos, de modo a converter todo o material em produtos finais e entregá-los aos clientes, de acordo com a função, estética e qualidade requeridas, no prazo estipulado e com custo adequado.

Gaither e Frazier (2001) corroboram esta idéia afirmando que um sistema de produção recebe insumos na forma de materiais, pessoal, capital, serviços públicos e informações, que são modificados em subsistemas de transformação para a elaboração dos produtos e serviços desejados.

Segundo Moreira (1996), o sistema de produção é o conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na elaboração de bens e serviços. Para esse autor, os elementos que constituem o sistema de produção são os insumos (recursos a serem transformados), o processo de conversão e os sistemas de controle (os quais asseguram que a programação e os padrões estabelecidos sejam cumpridos).

Conforme observado na Figura 3.1, Meredith e Shafer (2002) definem o sistema de produção como:

- a) ambiente, referente aos aspectos externos ao sistema de produção, que o influenciam de alguma maneira;

- b) entradas, incluindo as instalações, mão-de-obra, capital, equipamentos, matéria prima, fornecedores, conhecimento e tempo;
- c) sistema de transformação, ou seja, a parte do sistema que acrescenta valor ao produto;
- d) saídas, que podem ser bens ou serviços; e
- e) monitoramento e controle, alertando a gerência acerca da ocorrência de desvios significativos em qualquer parte do sistema de produção.

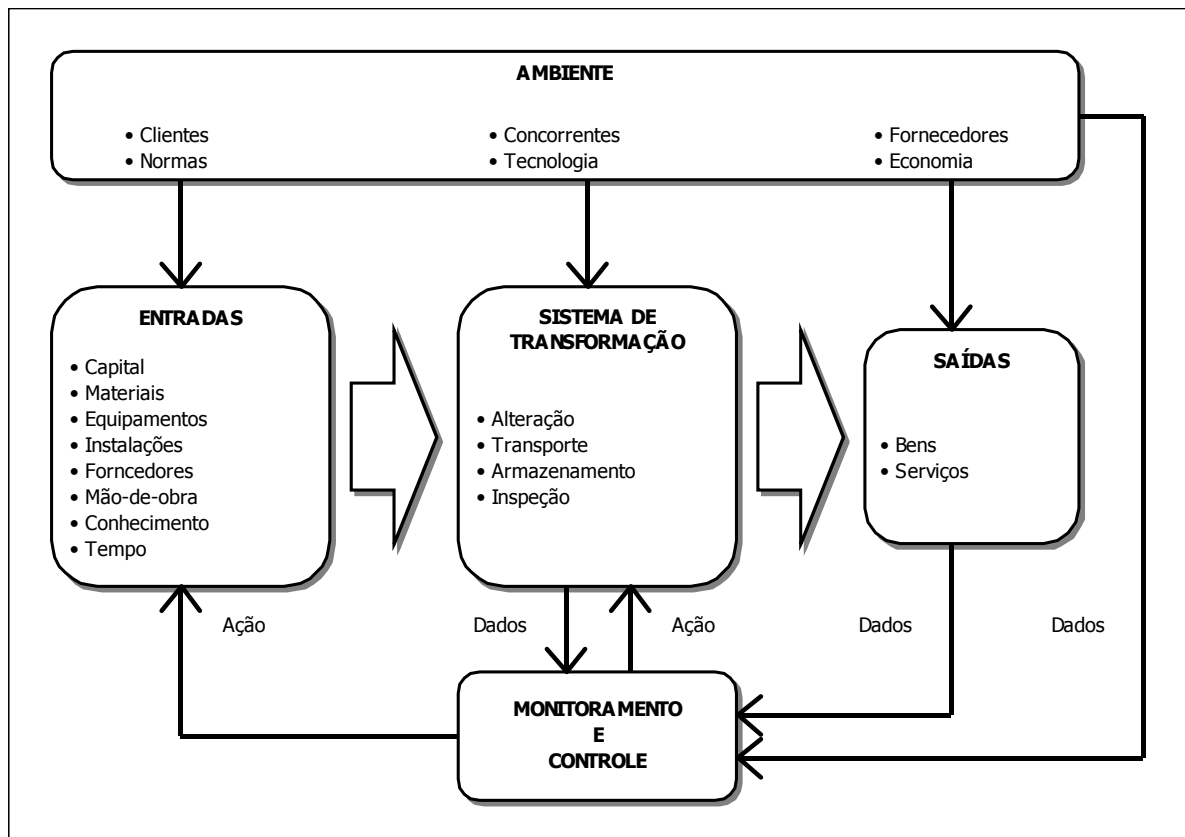


Figura 3.1 – Sistema de produção (baseado em MEREDITH; SHAFER, 2002)

Para Hopp e Spearman (1996), o sistema de produção<sup>3</sup> é uma rede de *processos*, orientada por um *objeto*, em que as *entidades fluem*. Para os autores, o **objetivo** do sistema de produção está geralmente associado à lucratividade. O sistema de produção contém **processos**, que incluem tanto os processos críticos quanto aqueles que dão suporte ao processo de produção. As **entidades** incluem as partes que estão sendo produzidas e as informações utilizadas para controlar o sistema; o **fluxo** destas entidades descreve como os materiais e as informações são processados.

<sup>3</sup> Hopp e Spearman (1996) utilizam o termo sistema de manufatura para se referirem a sistemas de produção.



Por fim, Jacobsen et al. (2002) propõem um modelo de sistema de produção que enfatiza o papel dos recursos humanos, sendo a interação entre os trabalhadores um dos meios mais importantes para melhorar a competitividade (Figura 3.2). Neste modelo, o sistema de produção é representado por quatro blocos inter-relacionados, de modo que, se os parâmetros de um bloco forem modificados, esta mudança causa alterações nos demais.



Figura 3.2 – Modelo de sistema de produção (baseado em JACOBSEN et al., 2002)

Jacobsen et al. (2002) definem os blocos que fazem parte do sistema de produção da seguinte maneira:

- a) recursos humanos: define as qualificações e competências que estão presentes quando o sistema inclui mão-de-obra;
- b) tecnologia: refere-se às informações, equipamentos, técnicas e processos necessários para transformar *inputs* (entradas) em *outputs* (saídas) dentro da organização;
- c) informações: todas as atividades no sistema de produção requerem informações, que vinculam os diversos elementos do sistema de produção integrando suas funções; e
- d) organização: organizar as tarefas de produção significa definir o caminho em que a empresa planeja sua produção. Deste modo, são definidos a quantidade de equipes, o controle sobre elas e a produção necessária.

Com base nas definições apresentadas, percebe-se que existe uma complementaridade entre as idéias apresentadas por diversos autores. Entretanto, a definição adotada nesta pesquisa é a apresentada por Jacobsen et al. (2002), que enfatiza a importância dos recursos humanos e da força de trabalho no sistema de produção, assim como da inter-relação entre as empresas, os trabalhadores, os fornecedores e os clientes.

### 3.1.1 Sistema de produção por projeto<sup>4</sup>

As operações da produção são classificadas em três grandes tipos de estruturas de processos: **processos de fluxo em linha**, **processos intermitentes** e **processo de projeto** dependendo cada categoria, em grande parte, do volume dos itens a produzir (HOPP; SPEARMAN, 1996; BALLARD; HOWELL, 1998; DAVIS et al., 2001). Esta categorização pode ser observada na matriz de produto-processo (Figura 3.3), que apresenta a relação entre os diferentes tipos de processo e suas respectivas necessidades de projeto (HOPP; SPEARMAN, 1996; BALLARD; HOWELL, 1998a; DAVIS et al., 2001).

Os **processos de fluxo em linha** são subdivididos em linha de montagem e fluxo contínuo e são caracterizados por apresentarem uma seqüência linear para a execução do produto ou serviço, sendo os produtos bastante padronizados, fluindo de um posto de trabalho para o outro numa seqüência prevista (MOREIRA, 1996). Os **processos intermitentes** são subdivididos em *job shop* e por lote, e, em geral, apresentam altos custos, além da necessidade de trabalhadores mais qualificados (em relação aos processos de fluxo em linha) (DAVIS et al., 2001). Já o **processo de projeto** tem como características fluxos desordenados, baixos volumes, baixa padronização e processos segmentados (SCHMENNER<sup>5</sup>, 1993 apud BALLARD, 2005). Hill<sup>6</sup> (1991 apud PORTER et al., 1999) define o sistema de produção por projeto como sendo a provisão de um produto único, que requer um grande número de informações de entradas (*inputs*) a serem coordenadas, de modo a alcançar as necessidades dos clientes.

---

<sup>4</sup> Nesta pesquisa, o termo projeto se refere ao empreendimento a ser realizado.

<sup>5</sup> SCHMENNER, R. **Production/Operations Management: from the Inside Out**. 5rd. ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993.

<sup>6</sup> HILL, T. **Production/ Operations Management: test and Cases**. Prentice-Hall. 1991.

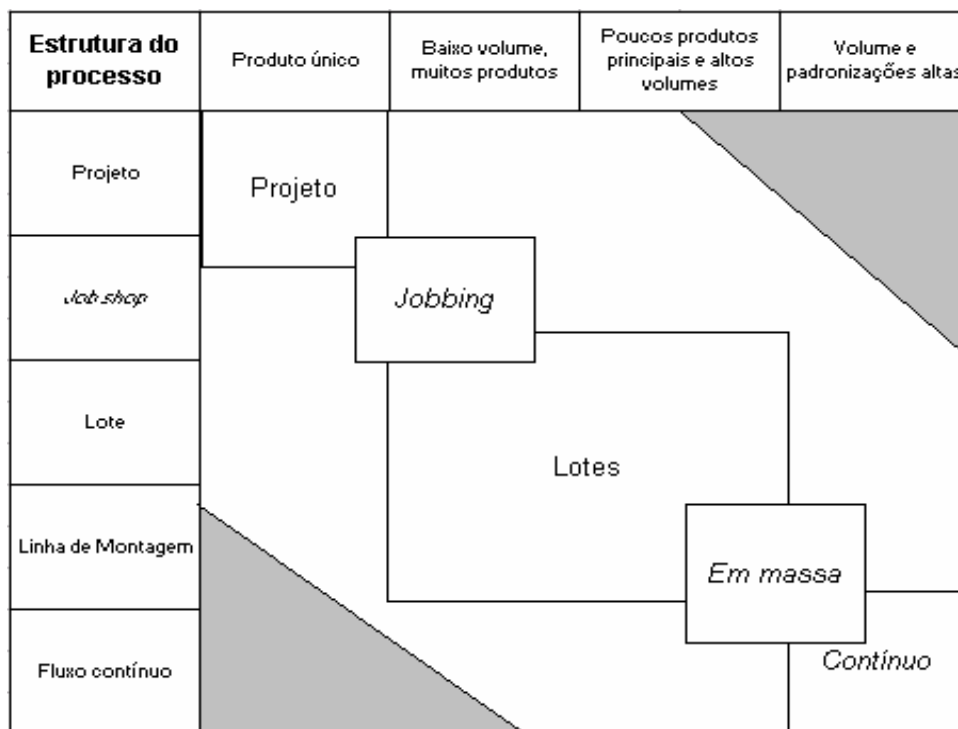


Figura 3.3 – Matriz produtos – processos (baseado em SCHMENNER, 1993, apud BALLARD, 2005)

Analisando as características da construção civil (projetos únicos, customizados, que exigem trabalhadores qualificados, com duração finita, entre outras), percebe-se que ela se enquadra na classificação do sistema de produção por projeto (SLACK et al., 1997; BALLARD; HOWELL, 1998a). Assim, entende-se ser necessário estudar um pouco mais o sistema de produção por projeto.

Meredith e Shafer (2002) relacionam algumas características do sistema de produção por projeto: o sistema de produção por projeto é de grande escala e duração finita; consiste em múltiplas tarefas interdependentes; o produto permanece em uma posição fixa devido ao seu tamanho ou peso; e, geralmente, a mão-de-obra, os materiais e os equipamentos são trazidos até o produto.

Segundo Slack et al. (1997), a produção por projeto lida com produtos discretos e customizados, sendo o tempo necessário para fazer o produto ou serviço, em geral, relativamente longo.

### 3.2 ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO

A estratégia de produção consiste em padrões de decisões nas principais áreas das operações de produção, sendo os padrões determinados pela filosofia compartilhada entre a empresa e seus empregados (WHEELWRIGHT, 1984). Segundo Barnes (2002), a estratégia de produção pode ser definida como sendo a totalidade das decisões e ações que dizem respeito à gestão das operações de produção. Assim, a estratégia de produção é formada pela combinação das diferentes decisões e ações, dentro da organização, que tenham impacto no longo prazo.

Neste trabalho, o estudo da estratégia de produção é importante, pois, de acordo com Schramm (2004), a mesma representa uma das informações de entrada para a elaboração do projeto do sistema de produção, identificando as prioridades competitivas para os produtos e serviços. Dessa forma, inicialmente, deve-se ter um melhor entendimento do papel da função produção nas organizações. Hayes e Wheelwright<sup>7</sup> (1984, apud Slack et al., 1997) desenvolveram um modelo de quatro estágios que podem ser usados para avaliar o papel competitivo e a contribuição da função produção em qualquer tipo de empresa (Figura 3.4).

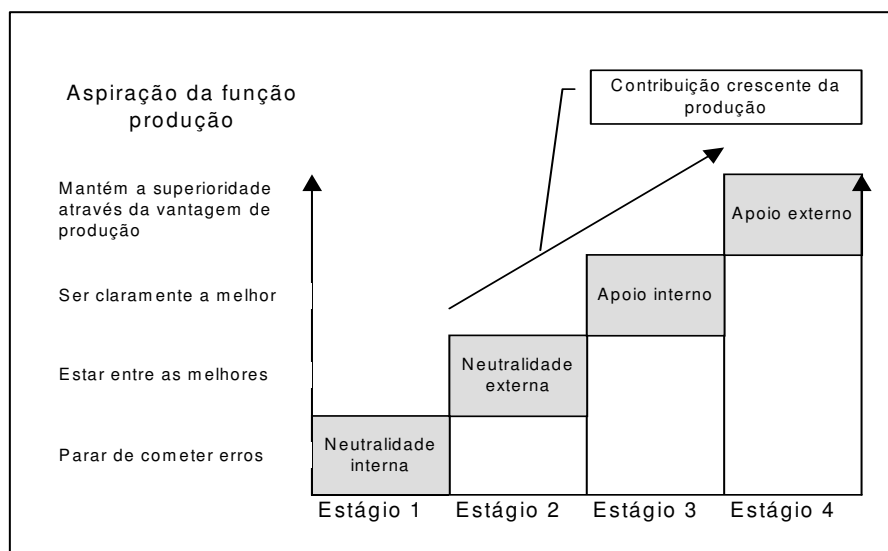


Figura 3.4 – Modelo de quatro estágios (HAYES; WHEELWRIGHT, 1984 apud SLACK et al., 1997)

<sup>7</sup> HEYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C. **Restoring our competitive edge**. Willey, 1984.

Slack et al. (1997) definem as aspirações da função produção para cada estágio como:

- a) estágio 1 (neutralidade interna): a função produção se mantém internalizada e, no máximo, reage às mudanças dos ambientes internos e externos;
- b) estágio 2 (neutralidade externa): a função produção começa a comparar-se com empresas ou organizações similares, procurando adotar a melhor prática de suas concorrentes;
- c) estágio 3 (apoio interno): a função produção pode não ser melhor que as empresas concorrentes em todos os aspectos de desempenho, mas está entre as melhores, aspirando a ser a melhor do mercado, tentando atingir isso por meio da obtenção de uma visão clara da concorrência ou dos objetivos estratégicos da empresa; e
- d) estágio 4 (apoio externo): a função produção é provedora da base para o sucesso competitivo da empresa. A produção tenta prever as prováveis mudanças no mercado e na oferta de suprimentos e desenvolver estratégias que proporcionem à empresa o desempenho que será exigido para competir nas condições de mercado futuro.

Segundo Barros Neto (1999), para obter sucesso competitivo, a empresa deve organizar sua função produção de forma a atingir a estratégia competitiva adotada por ela. Assim, o estabelecimento da estratégia de produção nas empresas inicia-se pela definição de suas estratégias competitivas de acordo com o mercado em que atuam (BARROS NETO, 1999). Na elaboração da estratégia competitiva, deve-se definir os limites de cada negócio, buscar novas oportunidades de negócios, analisar as mudanças ambientais e determinar a base pela qual a unidade de negócios irá obter e manter a vantagem competitiva (WHEELWRIGHT, 1984).

Após a definição da estratégia competitiva, parte-se para a determinação dos critérios competitivos que devem ser produzidos pela função produção, de acordo com os processos estratégicos definidos na estratégia competitiva (PIRES, 1995<sup>8</sup> apud BARROS NETO, 1999). Por fim, chega-se à fase da tomada de decisões, a qual busca definir como esta função dará suporte aos critérios competitivos priorizados, por meio de decisões coerentes, que são agrupadas em categorias para facilitar a seleção das decisões mais apropriadas (PIRES, 1995 apud BARROS NETO, 1999) (Figura 3.5).

---

<sup>8</sup> PIRES, S. **Gestão estratégica da produção**. Piracicaba/SP: Ed. Unimep, 1995.



Figura 3.5 – Conteúdo da estratégia de produção (PIRES, 1995 apud BARROS NETO, 1999)

Vários autores (GIANESI; CORRÊA, 1994; SLACK et al., 1997; GAITHER; FRAZIER, 1998; BARROS NETO, 1999; DAVIS et. al., 2001; SLACK, 2000) afirmam que a chave para o desenvolvimento de uma estratégia de produção efetiva está no entendimento de como criar ou agregar valor para os clientes. Especificamente, as decisões são definidas por meio dos **critérios competitivos**<sup>9</sup>, que são selecionados para apoiar a demanda estratégica (GIANESI; CORRÊA, 1994).

Dentre os vários critérios competitivos, Paiva et al. (1994) cita cinco relacionados à estratégia de produção:

- a) custo: a empresa pode optar por competir com base em custo. Dessa forma, as decisões estão condicionadas para produzir com margens de lucro maiores ou produzir grandes volumes com margens de lucro reduzidas;
- b) qualidade: a empresa pode optar por produzir com base na qualidade dos produtos oferecidos ou de forma que seus produtos tenham qualidade superior à de seus competidores;

<sup>9</sup> Critérios competitivos são aqueles que permitem à organização competir no mercado e devem refletir os fatores que determinam a satisfação do cliente (GIANESI; CORRÊA, 1994). Segundo Barros Neto (1999), existem várias denominações para este termo, tais como dimensão competitiva e prioridade competitiva.

- c) entrega: está relacionada ao acordo feito entre os clientes e os fornecedores. Uma das formas de a empresa competir com base na entrega é ser capaz de mobilizar recursos para garantir o trabalho prometido e entregar dentro do prazo. Uma outra forma é a empresa ter prazo de entrega mais curto que os outros competidores;
- d) flexibilidade: a empresa deve ser capaz de absorver rapidamente mudanças em lotes de produção, bem como no tipo de produto a produzir. O conceito de flexibilidade é bastante amplo, logo é importante que ela defina o tipo de flexibilidade que deseja alcançar; e
- e) tangibilidade: este critério é definido como a habilidade da empresa em lançar novos produtos ou serviços no mercado em um curto espaço de tempo.

Gianesi e Corrêa (1994) apresentam outros critérios competitivos, tais como:

- a) consistência: conformidade com experiência anterior, ausência de variabilidade no resultado ou processo;
- b) competência: habilidade e conhecimento para executar o serviço. Relaciona-se com a as necessidades dos consumidores;
- c) atendimento ou atmosfera: atenção personalizada ao cliente, boa comunicação;
- d) credibilidade e segurança: habilidade de transmitir confiança;
- e) acesso: facilidade de contato e acesso, localização conveniente; e
- f) tangíveis: qualidade e/ou aparência de qualquer evidência física.

Entretanto, as empresas devem enfatizar a combinação de alguns destes critérios, pois a tentativa de atender simultaneamente a todas as dimensões pode ser uma opção perigosa, sendo a definição e disseminação dos critérios competitivos importantes para orientar a função de produção na definição de seu papel na estratégia competitiva da empresa (WHEELWRIGHT, 1984). Além disso, segundo Paiva et al. (2004), as empresas devem orientar suas decisões e ações internas de forma coerente para que se transformem em vantagens competitivas relacionadas aos critérios competitivos que a empresa escolher.

Devido à diversidade de decisões da produção, uma estrutura organizacional que agrupa as decisões em categorias pode auxiliar na identificação e planejamento da estratégia de produção (WHEELWRIGHT, 1984). O autor agrupa algumas dessas categorias, que vêm sendo citadas por diversos autores, entre os quais Barros Neto (1999) e Paiva et al. (2004):

- a) capacidade: decisões relacionadas à capacidade das instalações, sendo determinada pela planta, pelos equipamentos e pelos recursos humanos;
- b) instalações: está relacionada às decisões sobre localização geográfica, tipo de processo produtivo, volume e ciclo de vida;

- c) equipamentos e processos tecnológicos: envolve desde equipamentos utilizados até processos de produção;
- d) integração vertical e relação com fornecedores: está relacionada a decisões entre produzir ou comprar;
- e) recursos humanos: atua sobre as políticas existentes, mantendo os funcionários motivados, trabalhando em equipe e buscando atingir as metas da empresa;
- f) qualidade: o gerenciamento desta categoria deve especificar como as responsabilidades serão alocadas, que ferramentas de decisão e medição serão utilizadas e quais sistemas de treinamento serão instituídos;
- g) escopo e novos produtos: envolve o gerenciamento e a introdução de novos produtos e de operações a partir da amplitude do *mix* de produtos e processos utilizados;
- h) sistemas gerenciais: relaciona-se ao suporte às decisões tomadas e sua implementação. Requer planejamento, sistemas de controle, políticas operacionais e linhas de autoridade e responsabilidade; e
- i) relação interfuncional: envolve sistemas gerenciais e mecanismos que possibilitem a interação entre as diversas áreas funcionais.

Assim, uma estratégia de produção existe para prover o direcionamento global para a tomada de decisões na produção (SLACK et al., 1997). Segundo o mesmo autor, as decisões tomadas no sistema de produção constituem-se no mecanismo inicial para colocar a estratégia em prática.

### 3.3 PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

Projetar o sistema de produção é uma atividade desafiadora (JACOBSEN et al., 2002). A maneira de projetar o processo que produz o produto ou serviço tem um forte impacto na habilidade da produção em atender às necessidades de seus consumidores (SLACK et al., 1997).

Gaither e Frazier (2002) definem o projeto do sistema de produção como o planejamento dos processos, que requer conhecimento sobre a estratégia de produção<sup>10</sup>, projetos de produtos ou serviços, tecnologia do sistema de produção e mercado, sendo estes conhecimentos utilizados para desenvolver um plano detalhado para produzir produtos e serviços. O resultado deste estudo é a determinação das etapas do processo tecnológico individual a ser utilizado e as ligações entre as etapas, assim como a escolha dos equipamentos, projeto de construção e

---

<sup>10</sup> Gaither e Frazier (2002) utilizam o termo estratégia das operações para se referir a estratégia de produção.



instalação de leiaute, número de funcionários e suas habilidades necessárias (GAITHER; FRAZIER, 2002). Dessa forma, o conjunto e arranjo dos processos, materiais e equipamentos definem a base do projeto do sistema de produção, que irá determinar o sucesso da produção de uma empresa (BLACK, 2001/2002).

### 3.3.1 Escopo de decisões do projeto do sistema de produção

A Figura 3.6 apresenta uma comparação do escopo de decisões do projeto do sistema de produção, partindo do ponto de vista de diversos autores. Segundo Moreira (1996), fazem parte do escopo de decisões do projeto do sistema de produção as decisões táticas que não envolvem riscos financeiros tão grandes quanto as decisões estratégicas. Para Slack et al. (1997) nenhuma operação produtiva existe isoladamente. Todas as atividades fazem parte de uma rede maior que inclui fornecedores e clientes, devendo o projeto do sistema de produção considerar as decisões relativas a toda a rede na qual a produção está inserida. Gaither e Frazier (2001) afirmam que o projeto do sistema de produção deve estabelecer informações necessárias para produzir um plano detalhado dos produtos e serviços.

Slack et al. (1997)	Gaither e Frazier (2001)	Askin e Goldberg (2001)	Dilworth (2000)	Moreira (1996)
* Integração vertical	* Integração vertical	* Capacidade	* Capacidade	* Capacidade
* Capacidade	* Capacidade	* Fluxo	* Arranjo físico e Fluxo	* Arranjo Físico
* Arranjo físico e Fluxo	* Tecnologia de processos	* Leiaute das instalações	* Tecnologia de Processos	* Leiaute das instalações
* Tecnologia de processos	* Projeto de trabalho	* Controle de estoque	* Leiaute das instalações	* Projeto do produto e do processo
* Projeto de trabalho	* Leiaute das instalações		* Projeto de trabalho	* Projeto de trabalho

Figura 3.6 – Escopo de decisões do projeto do sistema de produção

Observa-se que não há diferenças significativas entre o escopo de decisões do projeto do sistema de produção segundo diferentes autores. Tendo em vista a importância de algumas decisões para a indústria da construção civil, procurou-se discutir: capacidade, integração vertical, leiaute das instalações, fluxo e projeto de processos. Além destas decisões, nesta pesquisa também foram analisadas as relações entre os fornecedores e a sincronia dos fluxos de produção como fatores importantes entre as decisões do projeto do sistema de produção.

### 3.3.1.1 Capacidade produtiva – planejamento da necessidade de recursos

A capacidade do sistema de produção define os limites competitivos da empresa (DAVIS et al., 2001). Segundo Slack e Lewis (2003), a capacidade é a primeira decisão estratégica a ser analisada em um sistema de produção, sendo determinada por meio do balanço entre a demanda de operação e sua habilidade de suprir as necessidades em longo prazo.

A capacidade pode ser definida como a quantidade máxima de produtos e serviços que podem ser desenvolvidos numa unidade produtiva em um determinado intervalo de tempo (MOREIRA, 1996). Assim, o planejamento da capacidade é a tarefa de determinar a capacidade efetiva das operações produtivas de forma que ela possa responder à demanda (SLACK et al., 1997). Segundo Slack e Lewis (2003), o planejamento da capacidade pode ser caracterizado em diferentes escalas de tempo, podendo se referir ao nível estratégico, tático ou operacional. As decisões de capacidade devem ser tomadas, envolvendo desde todo o processo até uma tarefa específica, conforme aponta a Figura 3.7.

Nível	Escala de Tempo	Principais decisões	Amplitude das decisões	Ponto de partida das decisões	Questões-chaves
Estratégico	Anos/ meses	Construções e instalações; tecnologias dos processos	Todas as partes dos processos	Mercados futuros prováveis; configurações de capacidades em andamento	Qual a capacidade total necessária? Como a capacidade pode ser distribuída? Onde a capacidade será localizada?
Tático	Meses/ semanas	Número de pessoas agregadas, grau de recursos subcontratados	Processos locais	Previsões de mercados, limites de capacidades físicas.	Qual a dimensão do nível de capacidade ou da capacidade flutuante? Podem-se modificar as demandas? Pode-se subcontratar a demanda?
Operacional	Semanas, horas e minutos	Equipes individuais dentro das operações; instalações	Departamento local	Demanda em andamento, avaliação da capacidade em andamento	Quais os recursos que devem ser alocados para a realização das tarefas? Quando as atividades podem ser ligadas aos recursos individuais?

Figura 3.7 - Níveis de decisões de capacidade (baseado em SLACK e LEWIS, 2003)

Quando um processo é composto por diversas partes, a diversidade constitui um problema na identificação da capacidade (GAITHER; FRAZIER, 2001). Neste caso, as decisões de capacidades devem ser amplas e gerais, geralmente tomadas em nível estratégico ou tático,

não se preocupando com todos os detalhes dos produtos e serviços individuais oferecidos (SLACK et al., 1997).

Conforme Moreira (1996), são vários os fatores que influenciam a definição da capacidade de produção. Entre eles estão:

- a) tamanho da unidade produtiva: dadas as dimensões gerais das instalações, o arranjo físico do local de trabalho pode restringir ou favorecer a capacidade;
- b) composição dos produtos ou serviços: em geral, a diversidade diminui a capacidade, pois produtos uniformes dão oportunidade para a padronização de métodos e materiais, reduzindo os tempos de operação e aumentando a capacidade;
- c) a natureza do processo: depende da variação dos processos entre totalmente manuais ou totalmente automáticos;
- d) fatores humanos: a habilidade dos funcionários pode aumentar a capacidade; e
- e) fatores externos: fatores que nascem fora das fronteiras da empresa, mas que têm influência nos fatores internos.

Slack et al. (1997) afirmam que as decisões tomadas pelos gerentes de produção no planejamento de suas capacidades afetam diversos aspectos de desempenho, como, por exemplo, custo, receita, qualidade, velocidade de resposta à demanda do cliente, confiabilidade do fornecimento e flexibilidade.

Uma outra característica da capacidade é que uma série de restrições pode limitá-la. Segundo Meredith e Shafer (2002), durante o processo de produção geralmente ocorrem perdas naturais, desperdícios, defeitos e erros que irão limitar a capacidade do sistema. Gaither e Frazier (2001) adicionam a estes fatores a incerteza nas previsões e os limites de capitais e recursos disponíveis para satisfazer a demanda.

Assim, por vários motivos, a capacidade de produção a ser fornecida não deve se igualar à quantidade de produtos e serviços que se espera de demanda (GAITHER; FRAZIER, 2001). Segundo os mesmos autores, variações diárias como ausência e férias de funcionários, quebra de equipamentos e atrasos na entrega de materiais são fatores que tornam incerta a capacidade de produção.

### 3.3.1.2 Nível de integração vertical e relação com fornecedores

Uma das primeiras questões a serem resolvidas quando se desenvolvem projetos do sistema de produção é determinar quanto da produção a empresa deve manter sob seu próprio domínio (GAITHER; FRAZIER, 2001).

A integração vertical é a combinação de processos de produção, distribuição, vendas ou outros processos econômicos tecnologicamente distintos dentro das fronteiras de uma mesma empresa (SLACK et al., 1997). Em um sentido estratégico, as decisões sobre ela envolvem a análise, pela organização, da conveniência de adquirir fornecedores ou clientes (SLACK et al., 1997). A integração vertical também está relacionada à estratégia de gestão da cadeia de suprimentos das empresas, ou seja, a maneira como as empresas estabelecem parcerias com fornecedores e clientes e a gestão dos fluxos dos produtos e informações desde as atividades básicas até a entrega do produto (ASKIN; GOLDBERG, 2002).

Muitas empresas recorrem à integração vertical para assegurar o fornecimento de materiais (ASKIN; GOLDBERG, 2002). Além disso, segundo Slack et al. (1997), os efeitos da integração vertical na produção podem ter reflexos nos seguintes fatores:

- a) qualidade: os benefícios derivam da proximidade da operação produtiva com seus clientes e fornecedores;
- b) rapidez: operações mais integradas podem significar uma sincronização mais próxima de programação, acelerando a passagem de materiais e informações ao longo da produção;
- c) confiabilidade: por meio de uma rede verticalmente integrada, as comunicações se tornam mais eficazes, o que leva a previsões de prazos de entrega mais realistas;
- d) flexibilidade: a integração vertical pode fornecer potencial para desenvolver produtos e serviços que atendam mais específica e precisamente às necessidades dos clientes; e
- e) custos: operações integradas verticalmente podem proporcionar potencial para compartilhamento de alguns custos de produção, assim como permitir que a capacidade produtiva e sua utilização sejam equilibradas, o que proporciona maiores lucros para a empresa.

Entretanto, Slack (2002) afirma que o crescente grau de verticalização acarreta na necessidade de sistemas mais complexos de planejamento, coordenação e controle das operações. De acordo com o mesmo autor, este aumento de complexidade pode comprometer os ganhos relacionados aos custos de produção. Além disso, a empresa pode perder o foco em suas

operações internas e externas, comprometendo ainda mais as economias decorrentes da integração vertical (SLACK, 2002).

Para Isatto (1996), o aumento da competitividade mundial e da complexidade das estruturas de produção gerou mudanças significativas nas formas de gerenciamento das empresas, tanto no sentido empresarial quanto na produção, trazendo significativas alterações nas formas de relacionamento entre as empresas e seus fornecedores.

Deste modo, as empresas devem avaliar criteriosamente a necessidade de terceirizar as atividades e como deve ser esta terceirização (BARROS NETO, 1999). Uma vez que a empresa reconheça a necessidade de depender de sub-contratados, ela deve se conscientizar de que o desenvolvimento de boas relações com os fornecedores é tão importante quanto o bom relacionamento interno (LUBBEN, 1989).

Como possibilidade de melhorias destes relacionamentos, Paiva et al. (2004) sugerem que a empresa estabeleça relações estáveis, de longo prazo, baseadas em transparência, confiança, futuro compartilhado e desenvolvimento mútuo, com seus fornecedores. Segundo Campos (1992), o desenvolvimento de relações estáveis de longo prazo requer paciência, devendo ser norteado pelo princípio da satisfação das necessidades dos clientes.

Lubben (1989) assegura que, ao pensar em estabelecer uma parceria de longo prazo, a empresa deve fazer uma análise apropriada dos fornecedores. Dessa forma, é importante que os contratantes não levem em consideração somente fatores relativos a prazos e preços na hora da escolha dos fornecedores com quem desejam estabelecer parcerias (MEREDITH; SHAFER, 2002).

Esse fator é ressaltado por Lubben (1989), que afirma não ser a menor cotação um bom indicador do valor real, pois alguns fornecedores:

- a) não entendem alguns dos requisitos e especificações;
- b) podem omitir dispositivos importantes nas especificações;
- c) consideram seu processo de produção melhor que na realidade é;
- d) podem não manter a qualidade do produto pelo preço cotado; e
- e) fazem oferta abaixo do preço com intuito de levar vantagens em contratações futuras.

Assim, são considerados bons fornecedores aqueles que entregam os produtos no prazo determinado, com a quantidade e qualidade especificada, mantendo o fluxo contínuo das atividades da organização, têm preços justos e capacidade de reagir a mudanças imprevistas, como aumento ou redução de demanda, qualidade, especificações ou programações de entrega e melhoram constantemente seus produtos e serviços (MEREDITH; SHAFER, 2002).

No entanto, para obter melhor desempenho de um fornecedor e aumentar os ganhos com a parceria estabelecida, o envolvimento do fornecedor deve ter início desde a fase de projeto de um novo produto, devendo a empresa dar-lhe um papel ativo na revisão dos projetos e na sua melhoria (LUBBEN, 1989). Dessa forma, pode-se concluir que, quanto antes o fornecedor iniciar sua participação na elaboração do projeto do sistema de produção, mais vantagens ele pode trazer para a empresa e para os clientes, visto que auxilia na elaboração de melhores soluções para a produção do empreendimento.

### 3.3.1.3 Leiaute

Segundo Slack et al. (1997), o leiaute de uma operação produtiva está relacionado com a localização física dos recursos de transformação, ou seja, onde serão alocados as instalações, máquinas, equipamentos e mão-de-obra, determinando a forma e aparência do sistema de produção. É importante ter-se em mente que a implantação de um bom leiaute pode ter custos praticamente idênticos à implantação de um arranjo deficiente (SAURIN, 1997). Entretanto, um bom leiaute pode levar a vários benefícios como a diminuição da movimentação dos trabalhadores de um local para outro, podendo também afetar qualidade e confiança mediante a melhoria da coordenação dos recursos (DILWORTH, 2000).

Dessa forma, é fundamental que se dedique bastante tempo para a identificação adequada e a avaliação de soluções alternativas para projetar o leiaute das instalações, pois as decisões tomadas no projeto do leiaute têm conseqüências em longo prazo, não apenas nos custos, como também na capacidade da firma em atender a seus mercados (DAVIS et al., 1999).

Com o planejamento do leiaute das instalações, é definida a disposição física dos processos, dentro e ao redor do empreendimento, o espaço necessário para a operação desses processos e o espaço necessário para as funções de apoio (GAITHER; FRAZIER, 2001). São vários os fatores que influenciam as decisões tomadas no projeto do leiaute, um deles é a natureza dos

materiais envolvidos no processo, ou seja, materiais grandes, volumosos, pesados, fluidos, sólidos, flexíveis e não-flexíveis, além dos que exigem manuseios especiais, afetando a instalação, o manuseio, o armazenamento e o processamento dos materiais (DAVIS et al., 1999).

No entanto, existem diferentes tipos de processos produtivos e diferentes tipos de leiautes de instalações que irão dar suporte a estes processos (DILWORTH, 2000). Os leiautes podem ser classificados como: leiaute por processo, leiaute por produto, leiaute de manufatura celular e leiaute por posição fixa (SLACK et al., 1997; BLACK, 1998, DAVIS et al., 1999; GAITHER; FRAZIER, 2001;)<sup>11</sup>.

Nos leiautes de posição física, devido ao seu volume ou peso, o produto permanece em um local fixo e os equipamentos de produção são movimentados até o produto (DAVIS et al., 1999). A natureza do leiaute de posição fixa reduz a quantidade necessária de movimento do produto (GAITHER; FRAZIER, 2001). O número de itens finais fabricados em um leiaute de posição fixa normalmente não é muito grande, mas o tamanho do lote dos componentes para o item final pode variar de pequeno a muito grande (BLACK, 1998).

Segundo Slack et al. (1997), neste tipo de leiaute, a principal dificuldade é a alocação dos recursos transformadores, de modo que eles possam espaço suficiente para executar suas atividades, possam receber e armazenar os suprimentos necessários, tenham fácil acesso à área de trabalho sem interferir nas demais atividades e tenham suas movimentações reduzidas.

Os empreendimentos da construção civil são caracterizados por um leiaute de posição física, visto que existe uma quantidade de esforço limitada que deve ser alocada aos vários recursos transformadores, ou seja, às várias empresas subcontratadas que estão construindo o empreendimento (SLACK et al., 1997). Entretanto, segundo Saurin (1997), embora a construção da edificação propriamente dita possa ser inserida na classe dos leiautes de posição fixa, deve-se observar que, em um canteiro, há vários leiautes específicos para cada produto. Desse modo, o leiaute funcional normalmente fornece peças e submontagens para o leiaute de posição fixa (BLACK, 1998).

---

<sup>11</sup>Existem pequenas diferenças na nomenclatura adotada pelos diferentes autores.

### 3.3.1.4 Fluxos e sincronia da produção

Segundo Koskela (2000), projetar o sistema de produção, levando em consideração fatores relacionados a fluxo, é importante, pois auxilia na eliminação de falhas, assim como reduz o retrabalho, aumentando os ganhos com qualidade e produtividade. Deve-se buscar a obtenção de um fluxo contínuo confiável, sendo o fluxo contínuo uma meta estabelecida em sistemas de produção de alto desempenho (TOMMLEIN et al., 1999).

O fluxo contínuo pode ser definido como a produção e movimentação de um item por vez (ou um lote de pequenos itens), continuamente, ao longo de uma série de etapas de processamento, realizando-se em cada etapa apenas o que é exigido pela etapa seguinte (LIB, 2003). Existem algumas variáveis importantes para estabelecer o fluxo contínuo, entre elas:

- a) tempo *takt*<sup>12</sup>: está relacionado ao ritmo da produção necessário para atender à demanda do cliente (LIB, 2003). A definição do tempo *takt* é importante, pois com base nesta definição, outras variáveis são determinadas, como, por exemplo, o tamanho do lote de produção e o número de funcionários envolvidos (ROTHER; HARRIS, 2002);
- b) *lead time* de produção: tempo em que um produto se movimenta por todas as etapas de um processo, desde a matéria prima até o produto acabado (ROTHER; HARRIS, 2002); e
- c) tempo de ciclo: frequência com que uma peça ou produto é completado por um processo, incluindo os tempos de operação, preparação, carregamento e descarregamento dos materiais (LIB, 2003).

Rother e Harris (2002) sugerem um guia para auxiliar na elaboração do fluxo contínuo, envolvendo questões referentes: (a) à determinação do tempo *takt*; (b) aos elementos de trabalho necessários para fazer um item; (c) ao tempo real necessário para cada elemento de trabalho; (d) ao nível de automação; (e) à organização do processo físico para que uma pessoa possa fazer um item da maneira mais eficiente possível; (f) ao número de operadores necessários para atender ao tempo *takt*; (g) à distribuição dos trabalhos entre os operadores.

Os mesmos autores afirmam que obter um fluxo contínuo tem importantes impactos na produção devido:

- a) ao uso reduzido de recursos (mão-de-obra, máquinas e materiais), aumentando a produtividade e diminuindo os custos;

---

<sup>12</sup> O tempo *takt* é o tempo disponível para a produção dividido pela demanda do cliente (LIB, 2003). Na construção civil, pode existir ritmos diferentes para distintos processos, resultando em aparecimento de folgas entre as atividades (BULHÕES et al., 2005).



- b) ao curto *lead time*, possibilitando rápidas respostas para o cliente;
- c) à rápida identificação e correção dos problemas;
- d) à maior comunicação entre as operações.

Assim, segundo Koskela (2000), para obter fluxo contínuo na produção, o projeto do sistema de produção deve ser elaborado levando em consideração: (a) informações mais consistentes dos projetos; (b) rapidez na transferência de informações, dando maior autonomia para as equipes de trabalho; (c) diminuição do tempo de espera entre as atividades; d) produção do que é realmente necessário; (d) redução da parcela de atividades que não agregam valor.

Dessa forma, todo gerente de produção deseja obter um processo que funcione de forma que os componentes fluam desde a matéria-prima até o produto final, sem atrasos ou filas, sendo, porém, poucos os processos que conseguem alcançar este objetivo (RODRIGUES; MACKNESS, 1998). Para Ballard e Howell (1998b), quando existem incertezas nos fluxos de trabalho, não é possível determinar o que e quanto trabalho estará disponível em um determinado tempo, assim como é impossível agrupar os recursos necessários e é impraticável desenvolver métodos detalhados para executar os diferentes trabalhos. Segundo Meredith e Shafer (2002), os problemas de fluxo em uma parte do sistema de produção refletem-se em outras partes do sistema. Os mesmos autores enfatizam a formação de filas no sistema como um dos principais fatores que causam problemas de fluxo na produção.

Yang e Yoannou (2001) salientam que o tempo de espera ou as filas acontecem devido a atrasos nas tarefas anteriores e que estes atrasos são causados pela falta de balanceamento da produção, incertezas durante o planejamento e variabilidade durante a execução. Além desses fatores, conforme Tommelein et al. (1999), mudanças nas ordens de trabalho, atrasos em responder as informações requisitadas e falta de materiais são algumas das causas que tornam o fluxo de trabalho impraticável.

Uma das maneiras de minimizar as filas e os estoques intermediários é a utilização de fluxos sincronizados da produção (RODRIGUES; MACKNESS, 1998). Assim, quando o ambiente de produção não apresenta um fluxo sincronizado, a produção é caracterizada por um longo *lead time* e os materiais passam um longo período de tempo esperando em filas (ou estoques) para serem processados (UMBLE; SRIKANTH, 1993). De forma contrária, no ambiente de produção com fluxos sincronizados, os produtos têm um *lead time* relativamente curto e os materiais passam pouco tempo em esperas ou filas (UMBLE; SRIKANTH, 1993).

A sincronização dos fluxos de produção pode resultar em melhorias no ambiente de produção, pois foca as decisões nas metas comuns das empresas, de forma que as atividades sejam projetadas para contribuir para a realização do objetivo geral do empreendimento (UMBLE; SRIKANTH, 1995). Para Rodrigues e Mackness (1988), um sistema de produção perfeitamente sincronizado é aquele em que os componentes chegam aos centros de trabalho no tempo certo para serem produzidos, de forma que não se formem estoques em andamento (filas). Os mesmo autores ainda afirmam que, a partir da sincronização dos fluxos de produção, os custos com estoques são reduzidos, assim como aumenta a confiabilidade de entrega do produto para o consumidor.

Assim, Cox e Spencer (2002) sugerem o gerenciamento das restrições do sistema como forma de melhorar os fluxos da produção, permitindo aos gerentes planejar o processo global da produção com foco nos recursos que criam maior impacto, ou seja, nos gargalos<sup>13</sup> de produção. Assim, deve-se inicialmente identificar as restrições (gargalos do sistema) e decidir como elas serão gerenciadas, visando a melhorar o desempenho da produção (COX; SPENCER, 2002). Em seguida, todos os recursos devem ser subordinados a elas, aperfeiçoando-se o desempenho das restrições e de todas as tarefas que as afetem diretamente (COX; SPENCER, 2002).

### 3.3.1.5 Projeto de processos

O projeto de processos é a atividade de definir os meios específicos a serem usados pelas forças operacionais para alcançar as metas do produto (JURAN, 1992). Ao projetar processos de produção, os processos específicos a serem usados na produção são delineados e descritos (GAITHER; FRAZIER, 2001). Com base no projeto de processos, devem ser determinados: as características do processo que compõem os meios para se atingir as metas de qualidade do produto, os equipamentos físicos a serem providenciados, os *softwares* associados (assim como seus métodos, procedimentos e cuidados) e as informações a respeito de como operar, controlar e manter os equipamentos (JURAN, 1992).

---

<sup>13</sup>O gargalo é a restrição máxima da capacidade de qualquer sistema de produção (SLACK et al., 1997). Segundo Meredith e Shafer (2002), o gargalo irá limitar a capacidade operacional normal para menos do que a capacidade teórica ou de projeto.

Para se referir ao projeto de processos na construção civil, Melhado (1994) utiliza o termo projeto para produção, que define as seqüências e os métodos de execução de determinadas etapas críticas da obra, como forma de ampliar o seu desempenho na produção (MELHADO; FABRICIO, 1998). Segundo Melhado (1994):

(...) o projeto para produção é o conjunto de elementos de projeto elaborados de forma simultânea ao detalhamento do projeto executivo, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições de: disposição e seqüência de atividades de obras e frentes de serviço, uso de equipamentos, arranjo e evolução do canteiro, dentre outros itens vinculados às características e recursos próprios da empresa construtora.

Para Herrmann (2003), o projeto para a produção não considera apenas detalhes das tecnologias de fabricação necessárias, mas também a visão do conjunto do sistema de produção que produz e distribue o produto. Dessa forma, para que o projeto para a produção defina adequadamente a realização da obra, deve ser norteado por diretrizes que levem em conta as características do projeto do sistema de produção da empresa.

Entretanto, como dizem Rother e Harris (2002), nem tudo pode ser determinado na elaboração do projeto de processos, sendo necessário trabalhar no processo no chão de fábrica, de forma a analisar dados reais, como forma de remover os problemas e melhorar o projeto do processo. Assim, a elaboração de um protótipo de teste que melhore o projeto do processo, pode representar uma saída para aumentar a produtividade (SLACK et al., 1997). O protótipo pode assumir a forma de um modelo físico, de uma simulação em computador ou de um produto ou serviço real (MEREDITH; SHAFER, 2002). A prototipagem enriquece a comunicação entre as equipes e a gerência, assegura que os componentes e subsistemas do produto estejam integrados como esperado, reduz a dependência entre as tarefas e auxilia na identificação de problemas de projeto e processo (ULRICH; EPPINGER, 2000).

Entre as questões a serem consideradas na realização dos protótipos estão: projeto do próprio produto, disponibilidade de tecnologias e equipamentos, leiaute e logística, tamanho dos pacotes de trabalho a serem relacionados às equipes, fatores ambientais, segurança, experiências e habilidades esperadas das equipes de trabalhadores e seus supervisores (HOWELL; BALLARD, 1999).

Howell e Ballard (1999), contudo, afirmam que a prototipagem virtual pode não contribuir para analisar fatores como confiabilidade do sistema planejado e decisões de capacidade iniciais para a execução dos trabalhos. Eles sugerem a utilização da ferramenta *Frist Run*

*Study*<sup>14</sup> (FRS), que é uma espécie de prototipagem física realizada antes do início das operações e que permite detalhar o plano de como o processo será executado.

### 3.4 O PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na indústria de manufatura, a análise do projeto do sistema de produção é bastante difundida. Entretanto, na construção civil, o tema não tem sido devidamente explorado. Dentre os autores que desenvolveram estudos acerca do tema projeto do sistema de produção na construção civil estão Halpin e Woodhead (1976), Ballard e Tsao (2000), Tsao et al. (2000), Ballard et al. (2001) e Schramm (2004). A seguir, o trabalho destes autores será brevemente descrito e comentado.

#### 3.4.1 Projeto das operações da construção

Halpin e Woodhead (1976) utilizam o termo projeto das operações da construção para se referirem ao projeto do sistema de produção e afirmam que é essencial estabelecer um projeto do sistema de produção que seja de fácil entendimento para os envolvidos na construção do empreendimento. Para eles, o projeto do sistema de produção é definido por quatro níveis hierárquicos:

- a) desenvolvimento de um plano exequível, que requer a seleção de tecnologias adequadas e a definição das tarefas e processos que podem ser formadas de acordo com a lógica tecnológica;
- b) processo de seleção de equipamentos e mão de obra, que estabelece o grupo de recursos que devem estar disponíveis para os trabalhos e operações;
- c) desenvolvimento de políticas de gestão, ou seja, um grupo ordenado de condições que são pré-definidas para operar em situações relacionadas a condições antecipadas. São projetadas em situações críticas, não sendo consideradas em todas as operações; e
- d) monitoramento e avaliação das operações da construção, relativas à eficiência de utilização dos recursos e metas gerenciais, evitando cargas de trabalho excessivas e ociosidade de equipamentos e mão-de-obra.

---

<sup>14</sup> *First Run Study* não é uma atividade limitada a operações repetitivas. Howell e Ballard (1999) recomendam que todas as operações sejam submetidas a um FRS em cada empreendimento, podendo reduzir as incertezas nas operações.

De acordo com Halpin e Woodhead (1976), os níveis hierárquicos do projeto do sistema de produção estão focados nas atribuições e componentes físicos do empreendimento, assim como no campo de ação e na tecnologia dos processos. De uma forma geral, estes autores enfatizam o caráter operacional do projeto do sistema de produção em empreendimentos da construção.

### **3.4.2 Work structuring**

Ballard e Tsao (2000) e Ballard et al. (2001) utilizam a expressão *work structuring* para se referirem ao projeto do sistema de produção na construção civil. A proposta do *work structuring* é incluir no processo do projeto do produto o **projeto do sistema de produção**, devendo a concepção da produção envolver não somente as atividades de transformação, mas também de fluxo, conforme Koskela (2000). Segundo Tsao et al. (2000), o *work structuring* envolve determinar: os especialistas que irão trabalhar no empreendimento; a seqüência de atividades; como o trabalho será liberado de uma unidade de produção para a outra; se os trabalhos serão executados em paralelo ou em fluxo contínuo; onde serão necessários *buffers* e qual a dimensão dos mesmos e quando serão iniciados os trabalhos.

Tsao et al. (2000) apresentam um estudo de caso em que utilizaram o *work structuring* para projetar o sistema de produção do processo de colocação dos alisares nas portas de uma prisão. Entretanto, o trabalho realizado pelos autores teve foco apenas no processo de montagem dos alisares, não se estendendo para todo o empreendimento. Ballard et al. (2001)<sup>15</sup> propõem um guia para realizar *work structuring* que apresenta as decisões de forma hierárquica para cada meta do sistema de produção, enfatizando primeiramente a maximização do valor e em seguida a minimização das falhas.

---

<sup>15</sup> Além da expressão *work structuring*, Ballard et al. (2001) utiliza *production system design* para se referirem ao projeto do sistema de produção.

### 3.4.3 Projeto do sistema de produção para empreendimentos habitacionais de interesse social

Em dissertação de mestrado, Schramm (2004) propôs um modelo de projeto do sistema de produção (PSP) para empreendimentos habitacionais de interesse social (Figura 3.8), que é composto por seis etapas:

- a) **definição da seqüência de execução do empreendimento e pré-dimensionamento da capacidade de recursos de produção para a unidade-base:** nesta etapa, a seqüência de execução e as taxas de produtividade da unidade-base são definidas com base nas experiências anteriores das equipes de produção. Também são determinadas as técnicas construtivas a serem utilizadas no empreendimento e o nível de integração vertical;
- b) **estudo dos fluxos de trabalho na unidade-base:** o estudo é feito com base nas definições decorrentes da etapa anterior, levando em consideração a visão de fluxo e as dimensões de espaço e tempo, sendo possível identificar interferências entre as equipes de trabalho;
- c) **definição da estratégia de execução do empreendimento:** essa definição irá determinar o desempenho de custo e prazo de execução do sistema de produção. Nesta etapa, são definidas as ligações de trajetória (percursos a serem desenvolvidos pelas equipes de trabalho na execução dos diferentes processos). A escolha da estratégia de execução do empreendimento é feita de acordo com requisitos de prazo para execução, capacidade de fornecimento de suprimentos, limites de capacidade de produção dos processos críticos e viabilidade financeira;
- d) **estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento:** compreende a análise dos fluxos de trabalho, com base na estratégia de execução previamente estabelecida. São definidas quantas frentes de trabalho serão abertas, assim como o ritmo de execução dos diversos processos;
- e) **dimensionamento da capacidade de recursos de produção:** é determinado o número de equipes necessárias para a execução de cada processo, sendo possível estabelecer o volume de recursos necessários para execução do empreendimento; e
- f) **identificação e projeto de processos críticos:** os processos críticos são aqueles cuja capacidade individual limita a capacidade de produção de todo o sistema. Esses processos são identificados segundo as seqüências de execução, as capacidades disponíveis dos recursos de produção e as demandas geradas pelos estudos dos fluxos de trabalho do empreendimento.

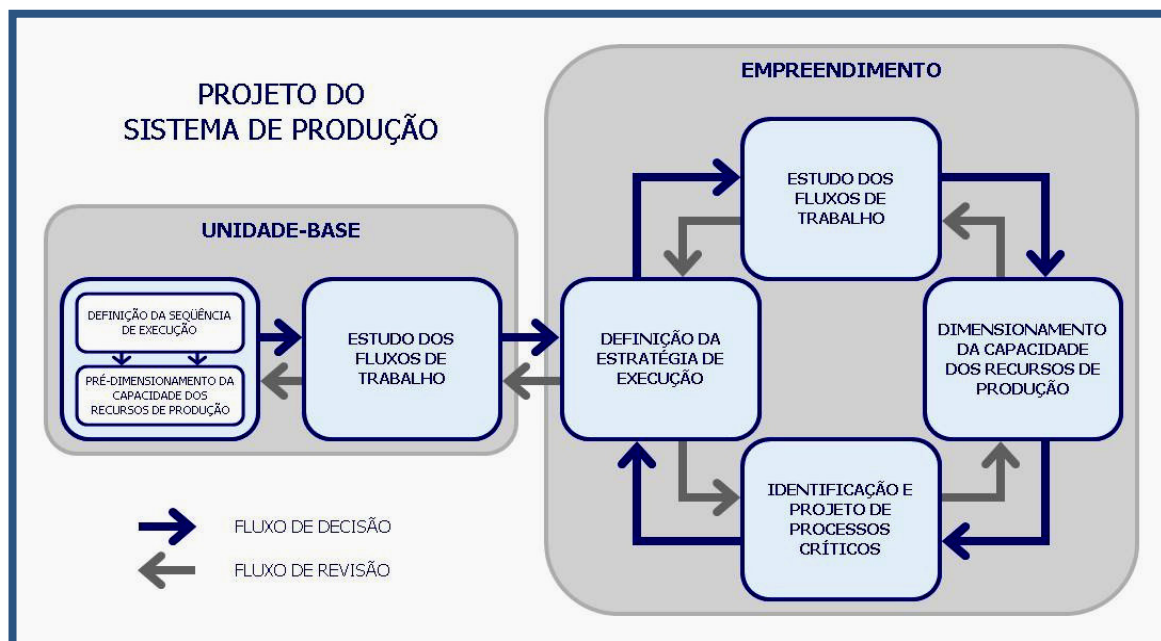


Figura 3.8 – Modelo de PSP para empreendimentos habitacionais de interesse social (SCHRAMM, 2004)

Segundo Schramm (2004), embora as decisões sejam representadas de forma seqüencial, elas são tomadas de forma integrada, em que as modificações em uma das condições atingem as demais em maior ou menor grau (Figura 3.8). O mesmo autor afirma que o PSP deve ser baseado em uma visão sistêmica do empreendimento para melhorar o projeto de todo o sistema de produção.

No entanto, embora Schramm (2004) afirme que as decisões referentes à estratégia de produção da empresa sirvam como informações de entrada para o projeto do sistema de produção, elas não são discutidas no modelo desenvolvido pelo autor. Um dos fatores que o delimita está relacionado às características dos empreendimentos para os quais o modelo foi desenvolvido, ou seja, empreendimentos com caráter repetitivo das atividades e dos lotes de trabalho, poucas modificações nos projetos e baixa interferência dos clientes.

Em seu estudo Schramm (2004) utilizou como principal ferramenta a linha de balanço, que, segundo Mendes Junior e Heineck (1997), é uma técnica bastante utilizada na construção civil, empregada para programação de atividades repetitivas ao longo de vários postos de trabalho no canteiro de obras, auxiliando na identificação dos fluxos de produção.

### 3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foram apresentados conceitos e discussões acerca do projeto do sistema de produção e o escopo que dele faz parte. Procurou-se enfatizar a importância de analisar a estratégia de produção da empresa de modo a utilizar as decisões estratégicas como informações de entrada para elaboração do PSP. Faz parte do escopo do PSP decisões relacionadas a capacidade produtiva, nível de integração vertical, relacionamento com fornecedores, leiaute, fluxo de produção e projeto de processos. Ressalta-se a importância da interação entre os fornecedores e os clientes como fundamentais para o sucesso do sistema de produção.



## 4 MÉTODO DE PESQUISA

### 4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo, será descrita a estratégia de pesquisa adotada no trabalho, sendo detalhadas as fases da pesquisa, os estudos realizados, assim como seus objetivos e fontes de evidência.

### 4.2 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Cada estratégia de pesquisa representa uma maneira diferente de coletar e analisar as evidências e os dados, seguindo sua própria lógica, podendo ser utilizada para três propósitos: exploratório, descritivo ou explanatório (YIN, 2001).

Neste trabalho, a estratégia de pesquisa adotada foi a pesquisa-ação, um tipo de pesquisa, social aplicada que, conforme Rapoport (1970), se diferencia pelo envolvimento dos pesquisadores no processo de ação e, segundo Dick (1992), tem como objetivo levar comunidades, organismos ou programas a mudanças, assim como aumentar o entendimento do fenômeno estudado. Ela ocorre quando há interesse coletivo na resolução de um problema e combina a geração de conhecimento aliada com a mudança do ambiente, por meio de uma intervenção do pesquisador com os participantes (SUSMAN; EVERED, 1978).

Na pesquisa-ação, os pesquisadores desempenham um papel ativo no equacionamento dos problemas encontrados, no acompanhamento e na avaliação das ações desencadeadas em função dos problemas (THIOLLENT, 2000). Seu produto final é formado pela caracterização ou conceituação de experiências particulares, de modo que estas possam ser utilizadas em outras organizações com as mesmas características da organização estudada (COLIN; HUXHAM, 1996).

Nesta pesquisa, foi elaborado o projeto do sistema de produção para empreendimento distintos durante a fase de produção, com foco em alguns serviços de obras em ambientes de alta complexidade, sendo necessária, para a realização dos trabalhos, a presença de um

especialista que introduziu no empreendimento as técnicas e as ferramentas do processo. Como a empresa não dispunha deste especialista, o seu papel foi desempenhado pela pesquisadora, que participou de forma direta e efetiva da elaboração e implementação das ferramentas. Além disso, foi importante a participação de todas as equipes envolvidas no processo de produção, assim como a aprendizagem das mesmas em conjunto com a pesquisadora, reforçando a utilização da estratégia de pesquisa adotada. Os ciclos de aprendizagem aconteceram de um estudo para o outro, sendo feitas reflexões a respeito das ferramentas e técnicas utilizadas, das evidências coletadas e dos resultados obtidos ao final de cada um.

### 4.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Thiollent (1997) afirma que o projeto de pesquisa-ação não tem uma forma totalmente pré-definida, sugerindo que existem quatro grandes fases que fazem parte do projeto:

- a) fase exploratória, na qual os pesquisadores e alguns membros da organização na situação investigada começam a detectar os problemas, identificar os atores, conhecer capacidades de ação e entender os tipos de ação possíveis;
- b) fase de pesquisa aprofundada, na qual a situação é pesquisada por meio de diversos tipos de instrumentos de coleta de dados que são discutidos e progressivamente interpretados pelos grupos que participam;
- c) fase de ação, que consiste, com base nas investigações em curso, em difundir os resultados, definir objetivos alcançáveis por meio de ações concretas e apresentar propostas que poderão ser negociadas entre as partes interessadas; e
- d) fase de avaliação, que tem como objetivo observar, redirecionar o que realmente acontece e resgatar o conhecimento produzido no decorrer do processo.

As fases são predominantemente sequenciais, porém existe entre as três últimas uma simultaneidade da pesquisa e da ação. No decorrer da pesquisa, acontece a reflexão, que não é considerada uma fase, pois está difusa ao longo do processo e, a partir desta reflexão, os pesquisadores e participantes aprendem conjuntamente a identificar e resolver problemas da situação em questão (THIOLLENT, 1997).

Na pesquisa em questão, os estudos foram realizados no período de setembro de 2004 a setembro de 2000. O trabalho foi dividido em três grandes fases: exploratória, desenvolvimento e elaboração do modelo (Figura 4.1).

A fase exploratória iniciou em setembro de 2004, tendo a duração de três meses. Seu objetivo principal foi a aprendizagem da pesquisadora relacionada ao contexto das obras estudadas e inteirando-se do papel do pesquisador e da maneira de coletar os dados. Também foram identificados alguns problemas referentes ao PSP e os tipos de ações possíveis, o que levou a um refinamento das questões de pesquisa. Nesta fase, fez-se um estudo exploratório, que será descrito posteriormente.

A fase de desenvolvimento, na qual foi realizada a pesquisa aprofundada e a ação propriamente dita, ocorreu entre os meses de fevereiro e setembro de 2005. Realizaram-se quatro estudos empíricos, em diferentes etapas de distintos empreendimentos (etapas inicial, de contrato e de orçamento). Nestes estudos, elaboraram-se projetos do sistema de produção para cada etapa de produção dos empreendimentos, ocorrendo o monitoramento da implementação do PSP apenas nos estudos 1 e 2.

Por último, foi realizada a etapa de avaliação, na qual se propôs o modelo com base nos dados dos empreendimentos estudados, levando-se em consideração os ciclos de aprendizagem que aconteceram entre os estudos, assim como a revisão bibliográfica, efetuada durante toda a pesquisa. Com isso, propôs-se um modelo para elaboração do projeto do sistema de produção para empreendimentos com características complexas.

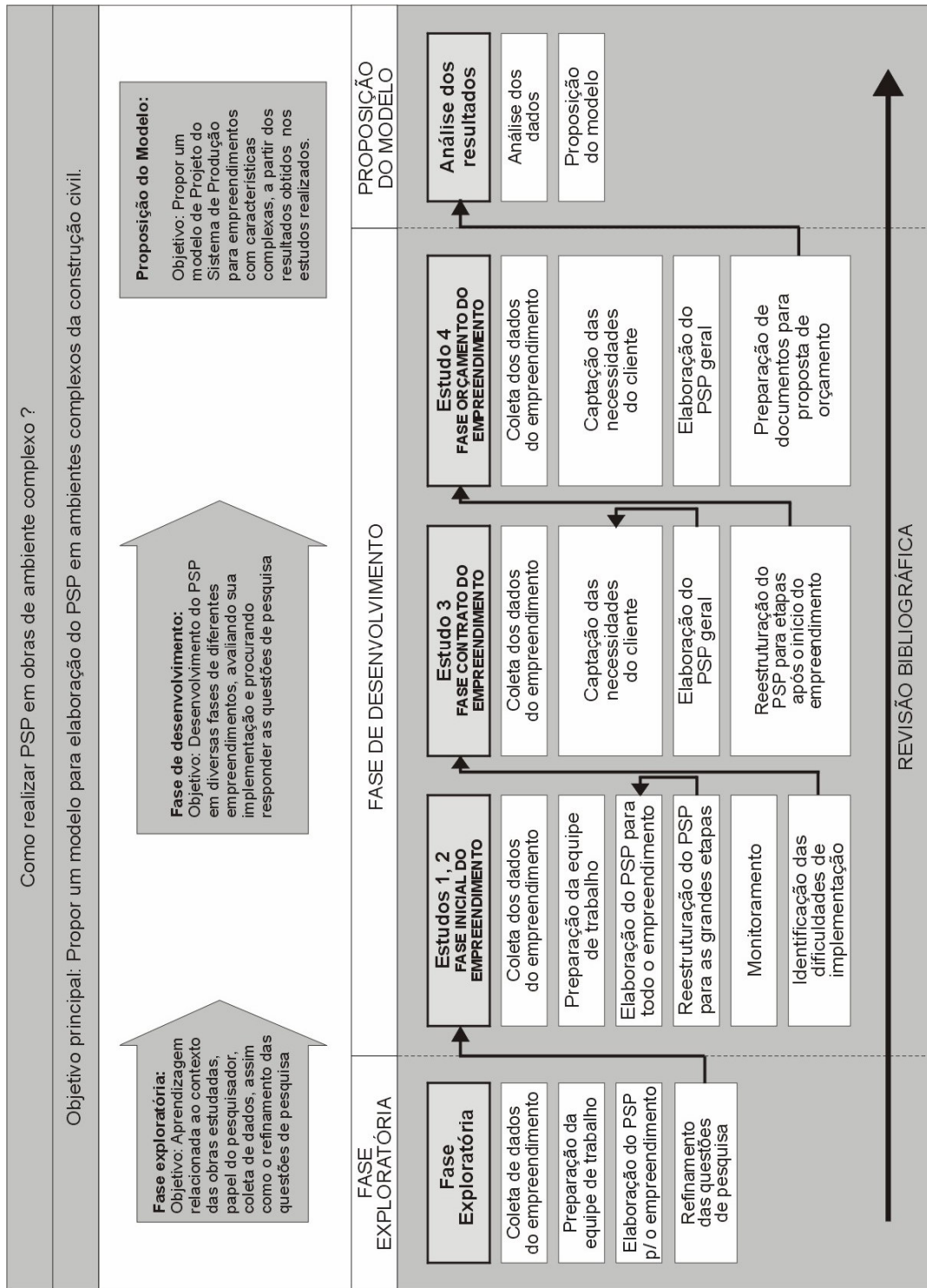


Figura 4.1 – Delineamento da pesquisa

A Figura 4.2 apresenta um cronograma de realização dos estudos que fizeram parte da pesquisa. Conforme indicado nesta, os estudos não foram realizados de forma seqüencial, principalmente em função das oportunidades que surgiram para estudar distintas etapas de diferentes empreendimentos.

ESTUDO / PERÍODO	SET 04	OUT 04	NOV 04	DEZ 04	JAN 05	FEV 05	MAR 05	ABR 05	MAI 05	JUN 05	JUL 05	AGO 05	SET 05	OUT 05	NOV 05	DEZ 05	JAN 06	FEV 06	MAR 06
Estudo exploratório	■	■	■	■															
Estudo empírico 1						■	■	■	■										
Estudo empírico 2						■	■	■	■	■	■	■							
Estudo empírico 3								■	■			■							
Estudo empírico 4									■										
Revisão bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Figura 4.2: Cronograma de realização dos estudos

#### 4.4 DESCRIÇÃO DA EMPRESA EM QUE FORAM REALIZADOS OS ESTUDOS

Os estudos aconteceram em uma empresa construtora de médio porte, fundada em 1983, localizada em Porto Alegre - RS, doravante denominada Construtora Ômega. Seu principal nicho de mercado são obras consideradas de difícil execução, por serem rápidas e com alto grau de incerteza, realizadas, em sua maioria, nos setores hospitalar, comercial e industrial.

As obras executadas pela Construtora Ômega são contratadas sob encomenda direta do cliente ou por concorrências, envolvendo outras empresas construtoras. Geralmente são efetuadas no próprio ambiente de trabalho dos clientes, como, por exemplo, a ampliação de fábricas e hospitais em funcionamento. Uma outra característica da empresa é a busca constante de meios de redução de custos das obras, através de alternativas de projeto e produção estudadas pelos profissionais da empresa, com a participação de outros envolvidos na obra.

A Construtora Ômega já participou de diversos estudos em parceria com o NORIE/UFRGS, relacionados à gestão de produção no setor da construção civil, entre os quais a implementação do modelo de PCP proposto por Formoso et al. (1999), identificação de diretrizes para o gerenciamento de requisitos do cliente (MIRON, 2002) e planejamento integrado dos processos de projeto e produção na construção civil (CODINHOTO, 2003).

A escolha da Construtora Ômega para a realização dos estudos se deu devido às características dos empreendimentos desenvolvidos pela empresa, assim como pela sua constante busca por inovações em seus processos gerenciais.

## 4.5 ESTUDO EXPLORATÓRIO

### 4.5.1 Descrição do empreendimento

O estudo foi realizado na ampliação de um hospital da cidade de Porto Alegre, doravante chamado de H-POA1, cujo escopo de contratação foi a execução de quatro pavimentos, acima de quatro pavimentos existentes, no edifício destinado à internação, onde foram construídos 62 apartamentos e, ainda, a construção de um edifício de dois pavimentos e subsolo destinado à CTI e de uma torre para atender aos novos elevadores de um edifício existente com 11 pavimentos.

Para esse empreendimento, a Construtora Ômega fez um consórcio com uma outra construtora, localizada na cidade de São Paulo, sendo este o segundo empreendimento das duas empresas realizado em parceria. O contrato feito entre o cliente e as construtoras foi por administração. O início do empreendimento aconteceu em junho de 2003, e o prazo previsto para conclusão, dezembro de 2004. É importante citar que o H-POA1 manteve o funcionamento dos pavimentos existentes durante o período em que a ampliação estava sendo executada.

A Figura 4.3 apresenta esquematicamente os prédios construídos pela Construtora Ômega e sua consorciada, destacando-se o prédio da internação.

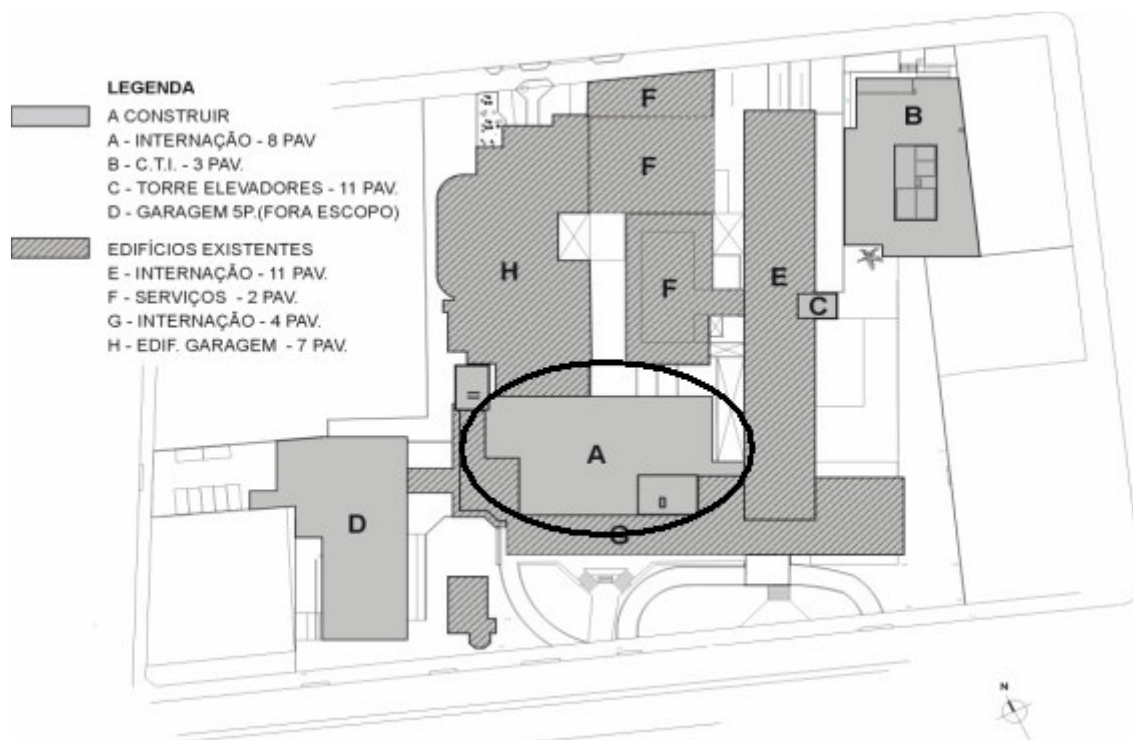


Figura 4.3: Planta baixa do empreendimento H-POA1

#### 4.5.2 Descrição das atividades realizadas

O início do estudo de PSP no empreendimento H-POA1 ocorreu em setembro de 2004. Nesta ocasião, a obra já estava com a estrutura e a vedação dos sanitários e corredores concluídas. O estudo consistiu na realização do PSP para a construção dos 62 quartos do prédio da internação.

Realizou-se este estudo com o doutorando Fábio Schramm. Buscou-se adaptar o modelo de PSP desenvolvido por ele (SCHRAMM, 2004) para habitação de interesse social. Utilizaram-se as ferramentas e as técnicas semelhantes àquelas adotadas no modelo, na tentativa de avaliar se era viável e benéfico o estudo do PSP em empreendimentos com características complexas. As ferramentas utilizadas no PSP foram desenvolvidas pelo doutorando Fábio Schramm, tendo a pesquisadora participado das discussões e das reuniões para a sua elaboração.

O PSP não foi elaborado para todos os processos do empreendimento H-POA1. Seu principal foco foi os serviços de instalações e acabamentos a serem executados nos quartos da internação. Entre as áreas que não foram estudadas, encontravam-se os corredores e os outros prédios que estavam sendo construídos. Estas áreas foram executadas paralelamente aos quartos da internação, porém com equipes diferentes.

Para projetar o sistema de produção do empreendimento foram realizadas reuniões semanais, com a participação do engenheiro da obra, do mestre-de-obras, dos fornecedores e dos encarregados pelas atividades. A pesquisadora também participou das reuniões de planejamento de médio e curto prazo realizadas no empreendimento.

Após o término do estudo, foi possível refinar as questões de pesquisa, que, inicialmente, estavam relacionadas a possibilidade de executar o PSP em ambientes complexos da construção civil. Após este estudo foram também propostas algumas diretrizes para a elaboração do PSP em empreendimentos com características complexas.

## 4.6 ESTUDO EMPÍRICO 1

### 4.6.1 Descrição do empreendimento

O Estudo Empírico 1 foi realizado em outra obra hospitalar, também localizada na cidade de Porto Alegre. Neste trabalho, o empreendimento foi chamado de H-POA2. A construção do H-POA2 foi executada por etapas. Em primeiro lugar, foram entregues, em outubro de 2004, toda a estrutura do prédio, assim como o acabamento e as instalações do subsolo e o segundo e terceiro pavimentos completos. As instalações e acabamentos dos demais pavimentos foram executados posteriormente. O estudo foi desenvolvido na construção do 6º andar do centro médico do H-POA2, destinado à realização de serviços de hemodiálise e endoscopia (Figura 4.4), denominado nesta pesquisa de Pavimento H.E.





Figura 4.4: Planta baixa do pavimento H.E. do empreendimento H-POA2

O escopo de contratação do Pavimento H.E. previa a execução de divisórias de gesso acartonado, instalações elétricas, hidráulicas, contra incêndio e de gás, assim como o acabamento final das instalações e pintura. Os projetos de todos os subsistemas do empreendimento estavam definidos, entretanto sofreram algumas modificações durante a construção.

O contrato entre o cliente (H-POA2) e a Construtora Ômega foi pelo preço máximo garantido (PMG), em que inicialmente é orçado um preço máximo para o empreendimento. Em seguida, todas as notas fiscais são emitidas em nome do cliente, recebendo a construtora um valor referente à administração. Ao final da obra, todo o valor economizado é dividido, em partes iguais, entre a construtora e o cliente.

A fase de contrato para a construção do Pavimento H.E ocorreu em dezembro de 2004. A obra teve início em janeiro de 2005 com um prazo de conclusão inicial de três meses, portanto com previsão para término em abril de 2005. Devido, porém, a modificações no projeto e incertezas do cliente, a obra teve atraso de um mês e quinze dias, tendo como prazo final para conclusão maio de 2005.

Na obra, trabalhavam dois engenheiros, sendo um responsável pela produção (com tomada de decisões relacionadas ao planejamento de curto prazo) e o outro, pela alocação de recursos, orçamentos, remoção de restrições e relacionamento direto com o cliente (decisões relacionadas a longo e médio prazo). Para a execução do empreendimento, os serviços foram terceirizados. A construtora não contratou mestre-de-obras, ficando o engenheiro de produção responsável pela fiscalização e controle dos processos realizados pelos fornecedores.

#### **4.6.2 Descrição das atividades realizadas**

Neste estudo foi elaborado o projeto do sistema de produção do empreendimento, assim como foi realizado um acompanhamento das atividades na obra, a fim de identificar ferramentas que poderiam ser utilizadas para este fim, e também entender as dificuldades e benefícios relacionados à implementação do PSP.

O início da elaboração do PSP para o Pavimento H.E. do H-POA2 ocorreu na quarta semana de atividades. Nesta ocasião, uma das faces das divisórias de gesso acartonado já estava sendo executada e o PSP foi iniciado a partir das próximas atividades. O término da elaboração do projeto do sistema de produção e a sua implementação no empreendimento aconteceram na sexta semana de atividades.

Foram realizadas reuniões nas quais se discutiram questões referentes à estratégia de ataque, dimensionamento dos recursos de produção, seqüência de execução e fluxos de trabalho. Participaram das reuniões os engenheiros da obra e os fornecedores envolvidos. Com as informações obtidas nas reuniões, a pesquisadora desenvolveu as ferramentas e em seguida submeteu-as à aprovação dos fornecedores e dos engenheiros.

Após a realização do PSP para todo o empreendimento, a pesquisadora continuou participando das reuniões de planejamento de curto prazo, realizadas semanalmente, assim como das reuniões de planejamento de médio prazo, que aconteciam quinzenalmente, na qual foram coletados dados para a análise final dos resultados.

O PSP foi reavaliado após o término das instalações (elétricas, hidráulicas, de gás e contra incêndio), levando em consideração as modificações de projeto e o novo prazo do empreendimento.

## 4.7 ESTUDO EMPÍRICO 2

### 4.7.1 Descrição do empreendimento

O Estudo Empírico 2 foi desenvolvido na construção de dois prédios no interior de uma usina siderúrgica, doravante denominado Empreendimento S. No escopo de contratação do Empreendimento S estava a construção de um prédio destinado a estoque de materiais e escritórios, chamado de Setor Trefila, e um segundo prédio destinado ao processo de galvanização dos arames e subestação, designado Setor Galvanização, totalizando 5300 m<sup>2</sup> (Figura 4.5). Também fazia parte do escopo de contratação a demolição de um prédio existente, que interferia na construção do Setor Galvanização.

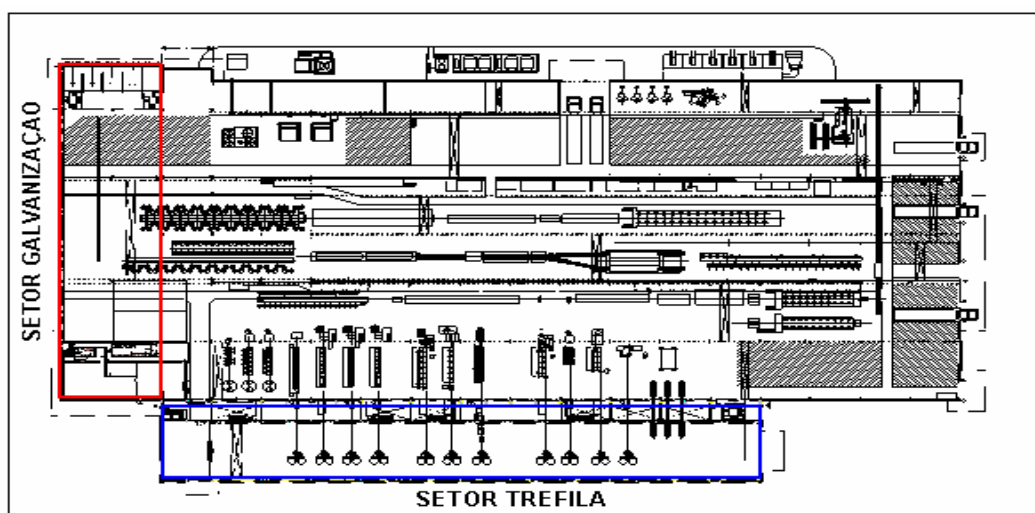


Figura 4.5: Planta baixa do Empreendimento S

A etapa de contratação aconteceu em dezembro de 2004 e o prazo final para construção do empreendimento era seis meses. O contrato com o cliente foi por empreitada global, sendo introduzidos aditivos referentes aos serviços que não constavam no escopo inicial do empreendimento.

Na fase de contratação foi apresentado à Construtora Ômega o projeto arquitetônico, fazendo parte do escopo de contratação da construtora o desenvolvimento dos demais projetos. Para este empreendimento, a Construtora Ômega contratou um arquiteto para a compatibilização dos projetos que estavam sendo desenvolvidos ao longo da obra e utilizou mão-de-obra

própria para a execução da estrutura (fundações e blocos) e alvenarias. As estruturas de concreto e metálica foram terceirizadas, tendo o cliente (empresa produtora de aço) fornecido o aço para as peças a serem fabricadas e montadas no empreendimento.

Durante o processo de construção, ocorreram várias mudanças nos projetos, motivadas por incertezas do cliente, entre elas a liberação do prédio a ser demolido, o que ocasionou a mudança do prazo final de conclusão da obra, de julho de 2005 para fevereiro de 2006.

#### **4.7.2 Descrição das atividades realizadas**

O estudo consistiu na elaboração do PSP na fase inicial do empreendimento e teve como objetivo analisar as consequências da interferência do cliente na elaboração do PSP em empreendimentos complexos, visto que os projetos ainda não estavam bem definidos e eram grandes as incertezas por parte do cliente.

Como existiam interferências na construção do setor galvanização, o PSP foi elaborado somente para o Setor Trefila. O estudo aconteceu entre os meses de janeiro e julho de 2005. Neste período, foram realizadas reuniões com os engenheiros e o mestre-de-obras do empreendimento e com os encarregados de serviços das empresas envolvidos na construção. Como os projetos foram definidos ao longo da execução, e, em alguns casos, a obra parou por indefinições do cliente, as reuniões de PSP estenderam-se por mais tempo e foram acontecendo à medida que os projetos eram desenvolvidos.

As ferramentas desenvolvidas no PSP foram elaboradas pela pesquisadora, juntamente com o doutorando Fábio Schramm. Neste empreendimento, foi feito um estudo do processo de montagem da estrutura pré-moldada, em que a pesquisadora acompanhou a preparação das equipes de montagem antes do início do processo de montagem, visando a avaliar a implementação do PSP.

## 4.8 ESTUDO EMPÍRICO 3

### 4.8.1 Descrição do empreendimento

O terceiro estudo empírico foi realizado na fase de contrato da construção de uma igreja, nesta pesquisa denominado Empreendimento Igreja, a ser executado na cidade de Porto Alegre. Em meados de março de 2005, aconteceu a concorrência, porém o início das atividades estava previsto para o mês de maio do mesmo ano, pois os projetos ainda não tinham sido aprovados pela prefeitura. Para o Empreendimento Igreja, o cliente era muito exigente no que tangia a acabamento e a prazo final para conclusão da obra, que era de seis meses a partir da liberação dos projetos pela prefeitura.

O escopo de contratação da obra era a construção de dois prédios, interligados por um corredor, sendo um dos prédios a capela e o outro salas de bispado, salas de aula, biblioteca, sanitários e pia batismal (Figura 4.6). Também fazia parte do escopo da obra as esquadrias, móveis das salas, bancos da capela, climatização, ambientação e serviços de jardinagem.

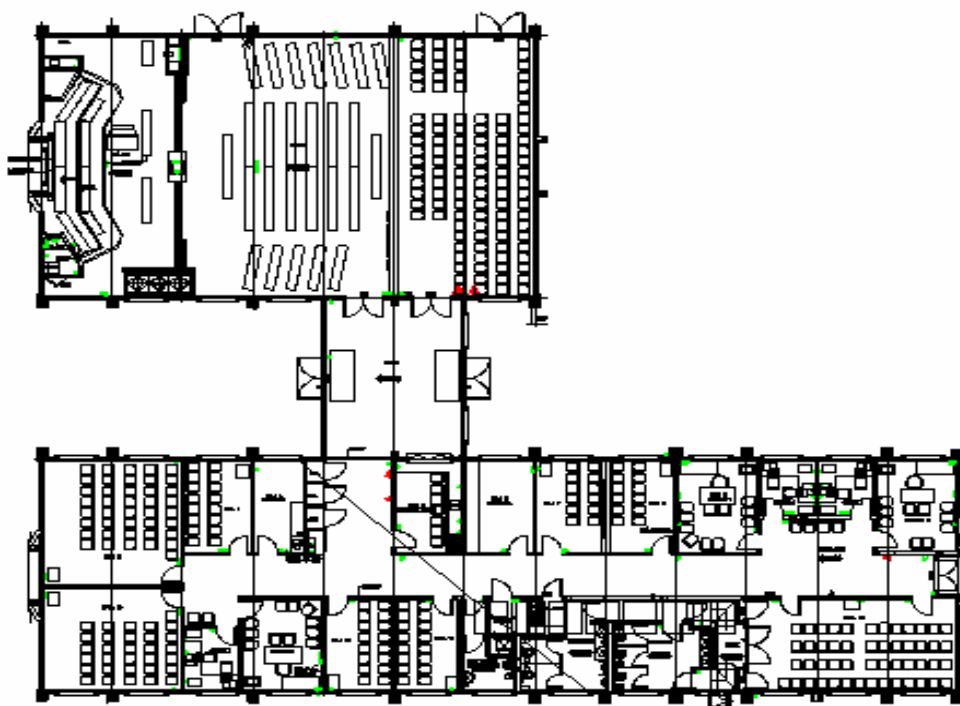


Figura 4.6: Planta baixa do Empreendimento Igreja

A igreja, com sede nos Estados Unidos, tem, no Rio Grande do Sul, um responsável pelas contratações das empresas que constroem suas sedes no Estado, denominado neste estudo Responsável Regional, que foi diretamente envolvido na contratação da Construtora Ômega. Caso a construção fosse executada fora dos padrões estabelecidos pela sede, ou o prazo de execução não fosse cumprido, o Responsável Regional perderia pontos em seu desempenho perante os seus superiores. Além disso, para cada três prédios construídos por construtoras contratadas, o Responsável Regional poderia construir um com uma equipe própria. Como este já havia executado e contratado outras obras semelhantes à realizada pela Construtora Ômega, tinha grande experiência no que diz respeito a tempo para execução dos processos, fornecedores adequados às atividades e *lead time* de materiais.

O Empreendimento Igreja obedece a um padrão no que diz respeito a seus projetos, ou seja, já haviam sido construídos outros empreendimentos com o mesmo projeto arquitetônico em outras localidades. Assim, os projetos já estavam bem definidos, não sendo previstas modificações.

#### **4.8.2 Descrição das atividades realizadas**

O estudo consistiu na elaboração do PSP na fase de contrato do Empreendimento Igreja, ocorrendo antes do início das atividades. O objetivo do estudo era analisar questões relacionadas à interação entre os fornecedores e a forma de gestão adotada pela empresa, visto que os projetos do empreendimento não sofreriam modificações.

O estudo ocorreu entre os meses de abril e maio de 2005, quando se tomou a maioria das decisões relacionadas ao PSP. Os projetos, porém, não tiveram aprovação imediata da prefeitura e a obra foi suspensa, sendo retomada somente em agosto de 2005, quando foram completados os trabalhos.

Fizeram-se reuniões com a engenheira responsável pela obra, nas quais se discutiu a seqüência de execução do empreendimento, a estratégia de ataque a ser adotada e o estudo preliminar dos fluxos de trabalho. Em seguida, ocorreu uma reunião com o Gerente Regional, em que se apresentou a forma de gestão do Empreendimento Igreja e o estudo dos fluxos de trabalho para que fossem sugeridas modificações. Também aconteceram reuniões com o

mestre de uma das obras que o Gerente Regional executava, nas quais se discutiu o estudo do fluxo de trabalho feito anteriormente e reavaliaram-se aspectos relativos a tempos e seqüência de execução dos processos.

Após a retomada das atividades, o fornecedor de mão-de-obra para a execução da estrutura (fundações, vigas e pilares) pode ser contratado, e as decisões tomadas anteriormente, ser discutidas e revisadas antes do início das atividades.

As ferramentas utilizadas no estudo foram desenvolvidas pela pesquisadora, com base nas informações obtidas nas reuniões.

## 4.9 ESTUDO EMPÍRICO 4

### 4.9.1 Descrição do empreendimento

Para o estudo empírico 4 escolheu-se a fase de orçamento de serviços a serem prestados a uma indústria metal-mecânica da área agrícola, doravante denominada Fábrica T. Fazia parte do escopo de contratação a construção dos blocos, vigas de baldrame e pilares dos prédios do escritório, fábrica, pintura, montagem de pneus, utilidades, guarita de veículos, guarita de caminhões, prédio de resíduos, área de lazer e áreas externas do empreendimento Fábrica T. O prazo para entrega do orçamento foi 15 dias, e o estudo foi realizado nas terceira e quarta semanas de maio de 2005.

Alguns projetos encaminhados para o setor de orçamento foram utilizados no estudo. Entretanto, nem todos os projetos foram disponibilizados, como, por exemplo, a planta de localização dos prédios a serem construídos. Quando as informações foram solicitadas ao cliente, seu representante informou apenas que os prédios da fábrica, escritório e pintura, localizavam-se próximos uns dos outros e os demais prédios tinham uma localização mais distante e espalhada no terreno.

### **4.9.2 Descrição das atividades realizadas**

O objetivo deste estudo foi adicionar o PSP à proposta de orçamento do empreendimento, visando a antecipar as principais decisões relacionadas ao projeto do sistema de produção, caso a construtora fosse contratada, melhorando também a elaboração do orçamento. Realizaram-se reuniões com o engenheiro responsável pelo orçamento nas quais apresentaram-se os projetos, que foram analisados pela pesquisadora. Em seguida, discutiu-se com o gerente geral das obras da Construtora Ômega, a estratégia de ataque, a seqüência de execução, o pré-dimensionamento da capacidade dos recursos de produção e um estudo preliminar dos fluxos de trabalho do empreendimento. Com base nestas informações, a pesquisadora desenvolveu as ferramentas, que foram utilizadas na elaboração da proposta de orçamento do Empreendimento Fábrica T.

## **4.10 PRINCIPAIS FONTES DE EVIDÊNCIA**

### **4.10.1 Análise de documentos**

A primeira evidência coletada em cada estudo foi a análise dos projetos dos empreendimentos. Com base nesta análise, a pesquisadora procurava um melhor entendimento dos projetos, assim como dos processos a serem desenvolvidos. Além dos projetos, foram também estudadas as planilhas de planejamento de longo, médio e curto prazo, que auxiliaram na avaliação dos resultados da pesquisa.

### **4.10.2 Observação direta**

A pesquisadora utilizou em todos os estudos a observação direta, exceto no Estudo Empírico 4. Estas observações serviram como fonte de evidência para a pesquisa em questão.

No estudo exploratório, assim como nos empíricos 1 e 2, a pesquisadora fez diversas visitas aos canteiros de obra, participou de reuniões de planejamento de médio e curto prazo e fez



observações referentes a alguns processos construtivos. Em alguns casos, utilizaram-se protocolos para auxiliar na observação.

No Estudo Empírico 3, realizado na fase de contratação do empreendimento Igreja, foram feitas visitas a empreendimentos realizados por outras construtoras, porém com as mesmas características do empreendimento estudado. Estas visitas foram importantes pois, a partir delas, a pesquisadora pode complementar as informações obtidas na análise dos documentos.

### **4.10.3 Observação participante**

Segundo Yin (2001), a observação participante é uma modalidade especial de observação na qual o pesquisador não é apenas um observador passivo, podendo participar dos eventos que estão sendo estudados. A observação participante aconteceu em todos os estudos, por meio das reuniões para a elaboração do PSP em cada empreendimento. Nestas reuniões, a pesquisadora juntamente com os fornecedores e engenheiros discutiam os assuntos relacionados ao projeto do sistema de produção. Na maioria dos casos, a pesquisadora coordenou as reuniões, incentivando os participantes a buscarem mais informações sobre os projetos e sobre os processos a serem avaliados.

### **4.10.4 Entrevistas**

Foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com o objetivo de obter informações complementares sobre os empreendimentos estudados e analisar a percepção e aceitação das pessoas envolvidas na elaboração e utilização do PSP.

Foram entrevistados:

- a) os engenheiros responsáveis por cada obra, buscando informações complementares sobre o empreendimento estudado, assim como avaliar a necessidade e as vantagens que o estudo poderia trazer para a gestão de empreendimentos com características complexas;
- b) a gerente de produção responsável pelos serviços de instalações elétricas, hidráulicas e contra incêndio do estudo H-POA2, com o objetivo de identificar suas dificuldades e percepções a respeito do PSP. Este fornecedor foi

escolhido, pois além do H-POA2, participou também da construção do empreendimento H-POA1;

- c) o gerente de contrato e o diretor de engenharia da Construtora Ômega, que deram suas percepções a respeito da implantação do PSP nos empreendimentos desenvolvidos pela empresa.

#### **4.10.5 Caderno de campo e registros fotográficos**

O caderno de campo foi utilizado pela pesquisadora para registro de observações, opiniões e depoimentos ao longo do desenvolvimento desta pesquisa. Este caderno serviu para registro das observações feitas pelos pesquisadores nas reuniões e entrevistas.

No Estudo Empírico 2, o caderno de campo teve uma importância mais acentuada, pois não eram permitidos os registros fotográficos, que foram realizados nos demais estudos (exceto no Estudo Empírico 4) para um melhor entendimento de alguns processos.

## **5 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA**

Este capítulo aborda inicialmente o estudo exploratório e aos quatro estudos de caso realizados nesta pesquisa. Em seguida, o modelo proposto para a realização do projeto do sistema de produção em empreendimentos complexos e à discussão do escopo de decisões do PSP. São também analisados os benefícios que o PSP pode trazer para a gestão de empreendimentos complexos, as dificuldades para a sua implementação, as técnicas e as ferramentas utilizadas na elaboração do PSP e a maneira como este processo interage com outros processos gerenciais.

### **5.1 ESTUDO EXPLORATÓRIO**

#### **5.1.1 Considerações iniciais**

As decisões e ações realizadas neste estudo tiveram como ponto de partida o modelo de PSP proposto por Schramm (2004). Com a sua aplicação, novas variáveis foram identificadas e consideradas nos estudos seguintes. Desenvolviam-se ao mesmo tempo os estudos de PSP no empreendimento H-POA1 e outros dois, sendo um deles de prototipagem física e virtual<sup>16</sup> e o outro sobre a integração dos três níveis de planejamento e controle da produção: longo, médio e curto prazo, das atividades de projeto no empreendimento com desenvolvimento simultâneo dos processos de projeto e produção<sup>17</sup>.

Para a realização do PSP do Empreendimento H-POA1, foram necessárias seis reuniões com a participação dos gerentes de produção e encarregados das empresas fornecedoras, do engenheiro de produção e mestre-de-obras do empreendimento, da pesquisadora e do doutorando Fabio Schramm.

---

<sup>16</sup> Estudo realizado pela doutoranda da UFSC, Fernanda Aranha Saffaro, no qual ela investiga as contribuições de protótipos físicos para domínio do processo de produção.

<sup>17</sup> Estudo realizado por Marcel Gregory Trescastro, mestrando do NORIE/UFRGS.

### 5.1.2 Definição da seqüência de execução do empreendimento

A unidade-base definida para o empreendimento era composta por dois quartos (Figura 5.1). A seqüência de execução desta unidade-base foi definida a partir do estudo de prototipagem física realizado para esta etapa da obra (ver item 4.5.2). Este estudo foi realizado antes do início da execução dos apartamentos, e, no que diz respeito ao PSP, tinha o objetivo de validar a seqüência de execução e os tempos de produção estipulados pelos encarregados e engenheiros, assim como eliminar possíveis problemas de processo. Embora a pesquisadora tenha participado do estudo desde a etapa de prototipagem dos sanitários, ele não será descrito em detalhes, por não fazer parte do escopo do presente trabalho.

Para a execução da prototipagem física, utilizou-se a ferramenta *First Run Study (FRS)*, citada no item 3.3.1.5, proposta por Howell e Ballard (1999). Para isso, os processos a serem feitos na unidade-base foram analisados, sendo considerado o tempo e a seqüência de execução para cada processo, com o objetivo de melhorar o seu desempenho e antecipar o aparecimento de possíveis falhas de projeto.

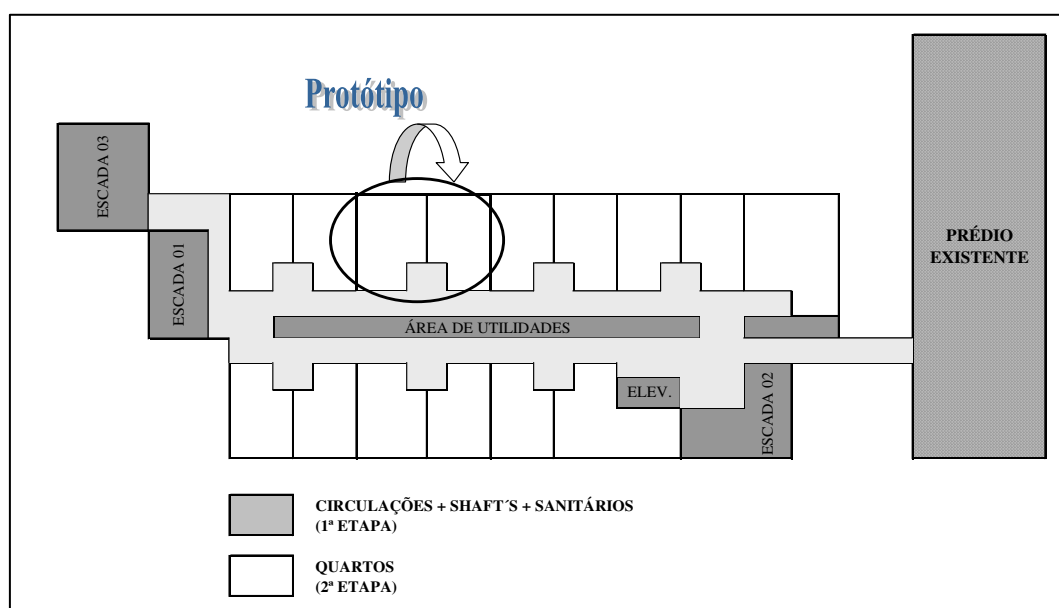


Figura 5.1: Unidade-base do empreendimento

A prototipagem dos quartos teve início em 18 de outubro de 2004 e a data marcada para início da construção dos quartos era 1º de dezembro de 2004. A primeira idéia era terminar o protótipo antes do início da execução dos demais quartos, de modo que todas as restrições de projeto e processo já estivessem removidas (Figura 5.2).

	2004				2005	
	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro
<b>Escadas 01 / 02 / 03</b>						
<b>Fachadas</b>						
<b>Cobertura</b>						
<b>Leitos da Internação</b>						
<b>(Quartos)</b>		← Protótipo →				
<b>Circulações + Shaft's</b>						
<b>Sanitários</b>						

Figura 5.2 – Cronograma de realização das atividades

A Figura 5.3 apresenta a rede de precedência utilizada na realização do protótipo físico dos sanitários e quartos. Foram previstos o tempo necessário para execução de cada processo e a seqüência de execução dos mesmos. A rede de precedência foi elaborada pela pesquisadora da UFSC, juntamente com o engenheiro da obra, com auxílio dos gerentes de produção das empresas fornecedoras, assim como dos encarregados pelos serviços a serem desenvolvidos no protótipo dos quartos. As decisões relativas à prototipagem foram tomadas em reuniões realizadas no canteiro de obras do empreendimento.

Após a conclusão do protótipo, o engenheiro da obra, os gerentes e encarregados responsáveis pelo fornecimento do gesso acartonado, do forro, das instalações elétricas, hidráulicas, de gás e contra incêndio, assim como os pesquisadores envolvidos no estudo, reuniram-se com o objetivo de reavaliar a seqüência de execução. Dessa forma, pôde-se definir a seqüência definitiva para ser aplicada na construção dos demais quartos (Figura 5.4).

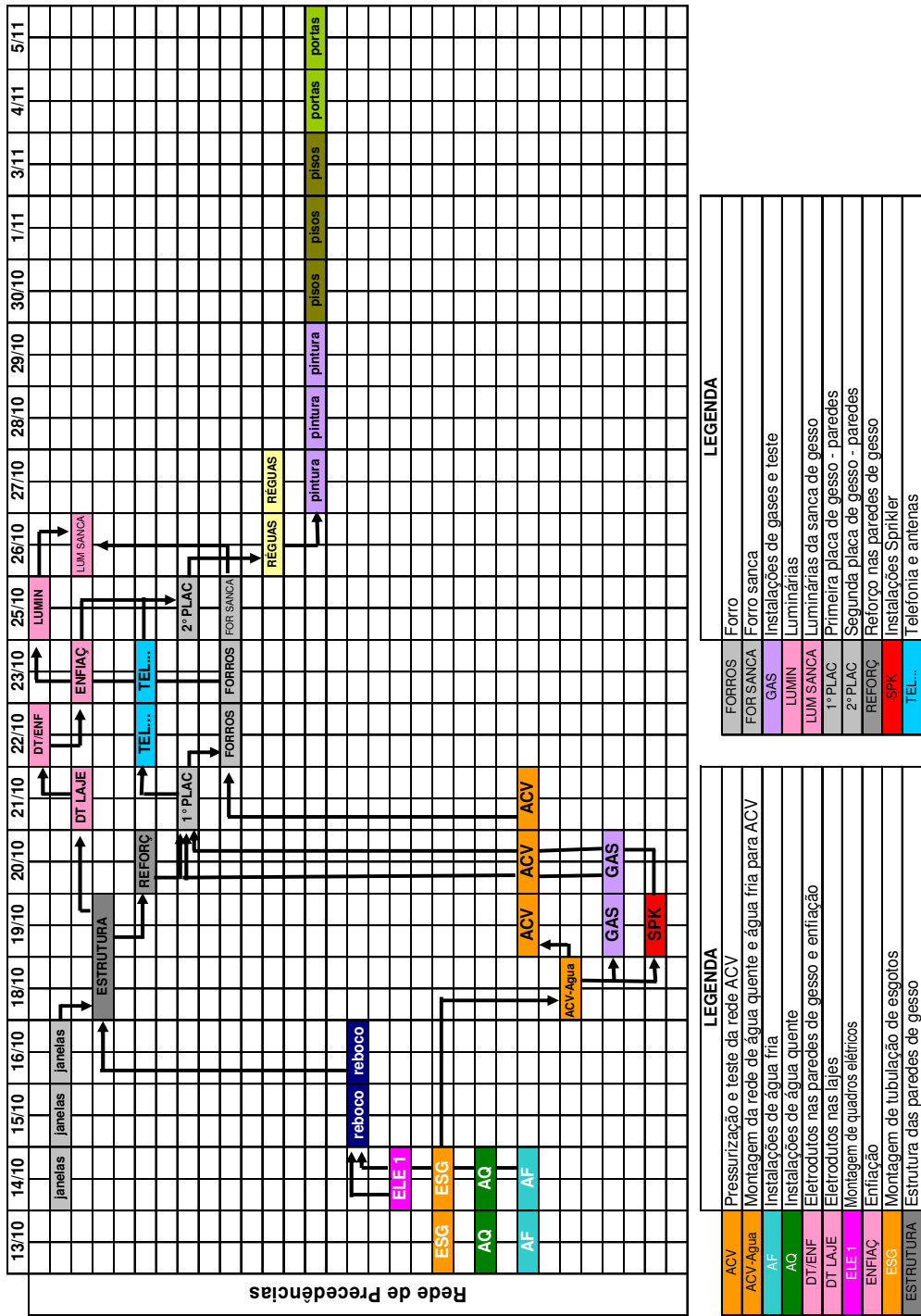


Figura 5.3 – Rede de precedência das atividades

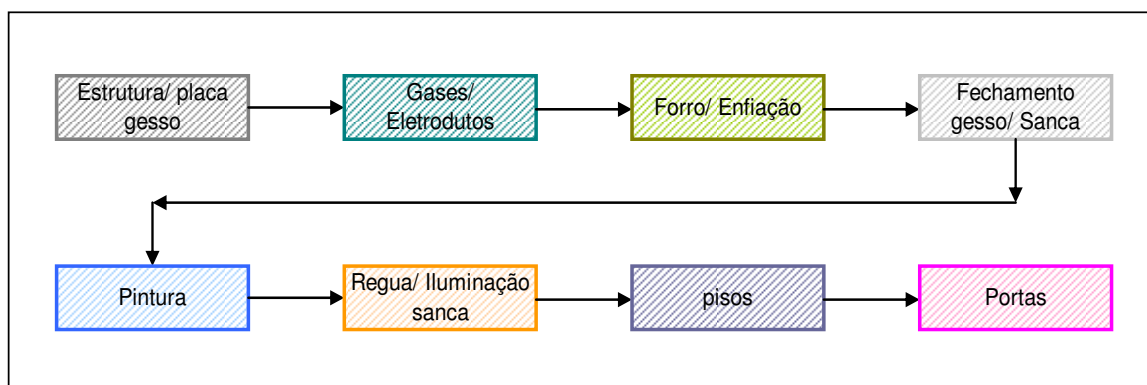


Figura 5.4: Seqüência de execução do empreendimento H-POA1

### 5.1.3 Dimensionamento do tempo de execução dos processos

Ao realizar o protótipo, identificaram-se vários problemas de projeto, o que causou diversas interrupções e atrasos na realização dos trabalhos, prejudicando a avaliação dos tempos de execução pré-determinados, quando da elaboração da rede de precedência. Entretanto, com base na experiência dos funcionários e encarregados envolvidos na execução do protótipo e após os problemas de projeto serem resolvidos, estipularam-se novos prazos para executar os processos (Figura 5.5).

Processo	Tempo - rede de precedência	Tempo – após o protótipo
Estrutura, reforço e 1ª placa de gesso	03 dias	1 dia
2ª placa de gesso acartonado e Sanca	01 dia	1 dia
Pintura (1ª e 2ª demão)	03 dias	2 dias
Instalação da régua e Iluminação da sanca	02 dias	1 dia
Instalação de gases e eletrodutos na laje	02 dias	1 dia
Instalação das portas	02 dias	1 dia
Forro e enfição	02 dias	2 dias
Piso	01 dia	2 dias

Figura 5.5: Definição dos tempos de execução dos processos

### 5.1.4 Definição da estratégia de ataque do empreendimento

Em uma reunião que ocorreu no canteiro de obras, os pesquisadores envolvidos no estudo do PSP e o engenheiro da obra definiram a estratégia de ataque do empreendimento. Os processos analisados no PSP abrangiam desde a divisão dos 62 quartos com gesso acartonado

até a colocação do piso. Entretanto, esses processos só podiam ser iniciados quando a edificação estivesse protegida das intempéries. Na ocasião, a parte da frente da edificação ainda não estava protegida e dependia da colocação de uma pele de vidro, que também foi programada no PSP.

Dessa forma, definiu-se a estratégia de ataque a partir das limitações impostas pela colocação da pele de vidro nos pavimentos do empreendimento, que foi executada na fachada da frente da edificação, de baixo para cima. Os demais processos só podiam ser iniciados no local depois que fosse colocada a pele de vidro, para evitar que ocorrências de chuvas e ventos causassem danos às paredes e forros de gesso. Assim sendo, os processos foram executados primeiramente nos quartos localizados na parte dos fundos e somente depois nos quartos localizados na parte da frente da edificação (quando a pele de vidro já havia sido executada), do quinto para o sétimo pavimento (Figura 5.6).

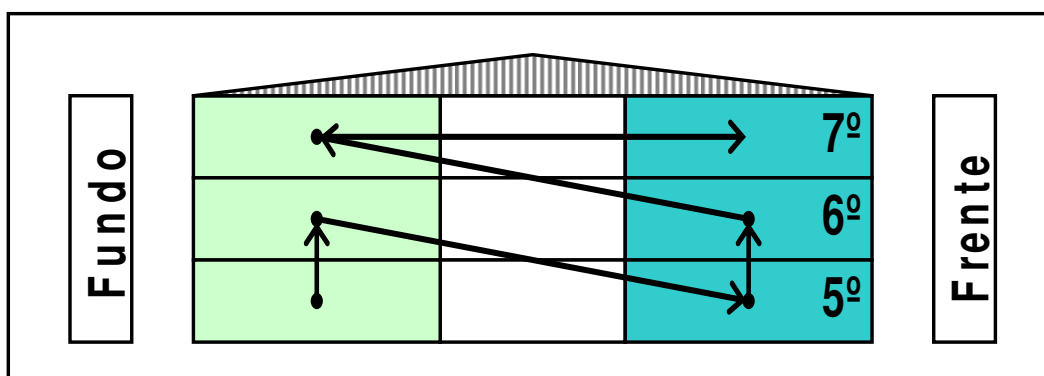


Figura 5.6: Estratégia de ataque do empreendimento

Com relação ao quarto pavimento, o fato de se localizar acima do setor onde estava em funcionamento a maternidade do hospital dificultava sua execução, pois os processos só podiam ser realizados mediante liberação da direção do H-POA1, o que acontecia durante algumas horas por dia, ou nos finais de semana. Logo, o plano do quarto pavimento foi executado separadamente.

### 5.1.5 Estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento

Após as definições da seqüência de execução, estratégia de ataque e reavaliação dos tempos de execução dos processos (observados no protótipo), foi realizado o estudo dos fluxos de



trabalho do empreendimento. A ferramenta utilizada para representar o estudo foi a linha de balanço. Os pesquisadores fizeram este estudo, levando em consideração o prazo final para a conclusão desta etapa da obra, ou seja, dois meses. Foi estipulada a quantidade de equipes necessárias para a execução de cada processo, assim como a trajetória das equipes no empreendimento.

Após a realização do estudo dos fluxos de trabalho, foi realizada uma reunião para a elaboração da linha de balanço, apresentada na Figura 5.7, que foi posteriormente (em nova reunião) apresentada pelos pesquisadores ao engenheiro da obra, aos gerentes de produção e aos fornecedores envolvidos nos processos analisados no PSP. Nesta reunião, foram discutidas possíveis interferências que podiam acontecer entre os processos, assim como a quantidade de equipes que cada fornecedor devia disponibilizar para que o empreendimento fosse executado no prazo determinado pelo cliente (H-POA1).

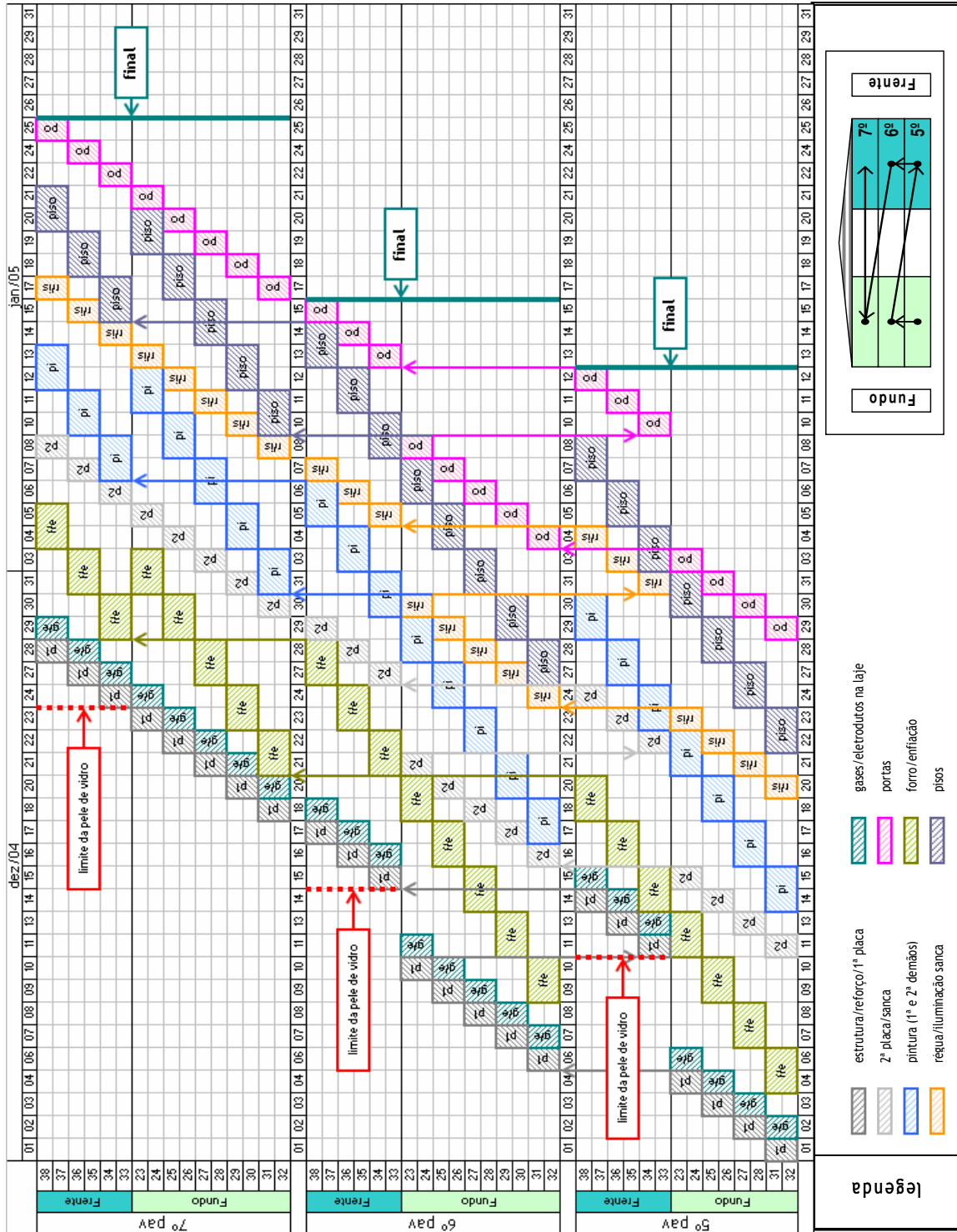


Figura 5.7: Estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento

### **5.1.6 Implementação do PSP no empreendimento**

Após o estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento e identificação da quantidade de equipes necessárias para a sua realização, aconteceram duas reuniões de PSP com os engenheiros da obra, os gerentes e os mestres das empresas responsáveis pelos serviços de instalações elétricas, hidráulicas, de gás e contra incêndio, assim como os fornecedores de serviços de pintura e aplicação de gesso. Nessas reuniões, os pesquisadores apresentaram a linha de balanço e as ferramentas de visualização, explicando como elas deveriam ser utilizadas.

A linha de balanço foi utilizada nas reuniões semanais de planejamento de curto prazo, como base para a definição dos processos a serem efetuados e dos fluxos das equipes na obra. A ferramenta também foi usada nas reuniões de planejamento de médio prazo, auxiliando na organização dos pacotes de trabalho e na identificação e eliminação das restrições.

#### **5.1.6.1 Ferramentas de controle e visualização**

Os pesquisadores elaboraram ferramentas de visualização para facilitar a compreensão dos processos a serem realizados, ou seja, para cada processo foi apresentada uma figura que detalhava seu deslocamento. Um exemplo pode ser observado na Figura 5.8, que apresenta o detalhamento da execução da estrutura do gesso acartonado e da colocação de uma das faces da parede de gesso acartonado nos pavimentos. Nesta figura, a numeração de 01 a 23 corresponde ao deslocamento das equipes nos pavimentos, de acordo com a estratégia de ataque adotada. O tempo de ciclo do processo foi de um dia, ou seja, a cada dia a equipe se deslocava de um lote de produção para o outro.

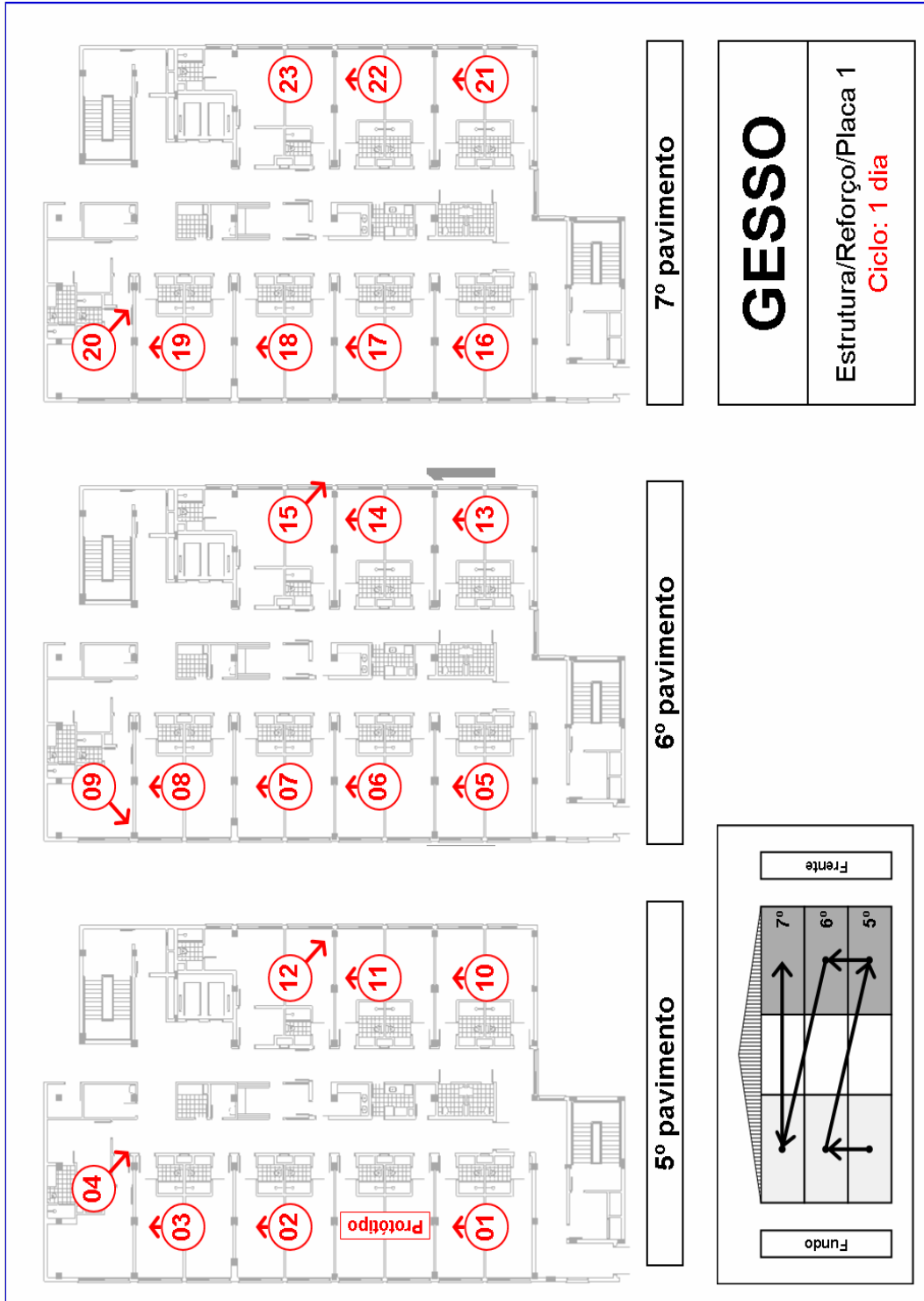


Figura 5.8: Deslocamento da equipe de gesso acartonado no empreendimento

Além da ferramenta que detalhava o deslocamento de cada processo, os pesquisadores também elaboraram uma ferramenta de controle, que foi exposta na entrada de cada apartamento, contendo dados sobre a equipe de trabalho, início e fim de cada processo e deslocamento da equipe após o término do processo. Um exemplo deste dispositivo visual é apresentado na Figura 5.9, referente aos quartos 523 e 524, cujos processos estavam programadas para o período de 1º de dezembro de 2004 a 6 de dezembro de 2004. Nesta ocasião, foi executada a primeira placa de gesso acartonado, iniciada e terminada no mesmo dia, isto é, 1º de dezembro de 2004. Depois do fim do processo, a equipe deslocou-se para os quartos 526 e 527, onde estava exposto outro dispositivo visual com as informações sobre a continuação dos trabalhos.

<b>Construtora Ômega</b> <b>H-POA1</b>		<b>Controle de Execução INTERNAÇÃO</b>		
Semana <b>1/12 a 6/12</b>		<b>523/524</b>		
<b>Equipe</b>		<b>Início</b>	<b>Fim</b>	<b>Vai para</b>
	<b>Gesso</b>	<b>1/dez</b>	<b>1/dez</b>	<b>526/527</b>
	Carlos, Eduardo			

Figura 5.9: Ferramenta semanal de controle de processos

### 5.1.7 Considerações finais sobre o Estudo Exploratório

Mediante este estudo, a pesquisadora pôde entender melhor o seu papel na introdução de melhorias para a gestão do empreendimento. Como dito anteriormente, o estudo foi realizado com outros pesquisadores, o que lhe facilitou a aprendizagem relacionada à maneira de interagir com os engenheiros, fornecedores, encarregados e funcionários do empreendimento.

Foram analisadas as características das obras a serem estudadas, assim como a diferença entre o contexto destas obras e as obras de habitação de interesse social, uma vez que o modelo de Schramm (2004) foi desenvolvido para este ambiente.

Pôde-se perceber que, neste tipo de empreendimento, os clientes têm grande influência no que diz respeito à elaboração do PSP, pois, além de controlar a qualidade e prazo de entrega, eles solicitam modificações nos projetos constantemente, o que exige uma maior flexibilidade no processo de produção.

Um outro fato observado foi o grande número de partes envolvidas durante a construção, como, por exemplo, a variedade de técnicas utilizadas e a maioria dos serviços serem terceirizados, o que exigia muito esforço para gerir e dimensionar os processos, pois eles apresentavam grande interdependência e variabilidade. Como exemplo do elevado grau de interdependência, podem-se citar as instalações elétricas, de gás, contra incêndio e de ar condicionado a serem executadas em um mesmo espaço, localizado nos corredores do H-POA1. Cada um desses processos era de responsabilidade de fornecedores diferentes, e cada fornecedor tinha suas restrições para fazer os serviços.

Foi notada também outra característica: a rapidez com que a obra foi concluída, ou seja, considerando-se a quantidade de trabalhos executados, o Empreendimento H-POA1 dispunha de um prazo para conclusão relativamente curto. Percebeu-se que quanto mais cedo tivesse início a elaboração do PSP, maiores seriam os benefícios que o estudo traria para os empreendimentos.

Com relação à elaboração do PSP para empreendimentos complexos, observou-se que o PSP contribuiu para uma melhor visualização da quantidade e deslocamento das equipes e materiais necessários para cumprir o prazo para entrega. Entretanto, o fato de o PSP ter sido elaborado somente para os quartos, não sendo levadas em consideração a execução dos corredores e as demais atividades que faziam parte do escopo do empreendimento, prejudicou a sua execução, ou seja, em alguns casos, equipes responsáveis pela realização de um processo em um local determinado pelo PSP, deslocava-se para os corredores (que não estava no escopo do estudo). Isso acontecia, porque os encarregados estavam envolvidos no planejamento dos quartos e não atentavam para a colocação de equipes adicionais nos corredores. Por sua vez, os processos de instalações elétricas, de gás, contra incêndio e de ar condicionado dos apartamentos dependiam das instalações vindas dos corredores. Desse

modo, conclui-se que, para haver um melhor aproveitamento, o PSP deve ser elaborado para todo o empreendimento.

## 5.2 ESTUDO EMPÍRICO 1

### 5.2.1 Considerações iniciais

Conforme descrito no item 4.6, a execução do Pavimento H.E do empreendimento H-POA2 teve uma duração de quatro meses e meio. Foi possível acompanhar a elaboração do PSP e a realização da obra até o seu término. A primeira reunião de PSP aconteceu no canteiro da obra do H-POA2 e teve a participação da pesquisadora, dos dois engenheiros responsáveis pelo empreendimento e do gerente geral das obras da Construtora Ômega. Nesta ocasião, os engenheiros apresentaram à pesquisadora o projeto arquitetônico do pavimento e a estratégia de ataque utilizada até o momento. Neste caso, já haviam sido colocados os perfis de gesso acartonado e primeira placa da parede de gesso.

O Pavimento H.E. não apresentava caráter repetitivo, ou seja, não havia salas ou ambientes repetidos, o que dificultava a definição da estratégia de ataque por zonas ou unidade-base. A estratégia de ataque inicial, desenvolvida pelos engenheiros responsáveis pelo empreendimento antes da elaboração do PSP, era dividir o pavimento em quadrantes iguais e executar inicialmente as áreas com menor intensidade de atividades (salas de recepção e corredores de entrada, alguns banheiros e outras salas com pouca intensidade de instalações) e, em seguida, as áreas que apresentavam um maior número de atividades.

Para este estudo, ocorreram sete reuniões de PSP, organizadas com base na experiência adquirida nas reuniões realizadas no Estudo Exploratório. As ferramentas que a pesquisadora aplicou, procederam das informações obtidas nas reuniões realizadas ao longo do estudo.

### 5.2.2 Definição da seqüência de execução do empreendimento

Os processos incluídos no estudo do PSP foram os de instalações (hidráulicas, elétricas, de gás e contra incêndio), fechamento dos perfis de gesso acartonado (2ª placa), pintura e acabamentos. Para a definição da seqüência de execução, aconteceu uma reunião em que a pesquisadora e os engenheiros da obra discutiram inicialmente que tecnologias empregariam, assim como o nível de integração vertical e, em seguida, identificaram as interdependências entre os processos a fim de definir a seqüência a ser utilizada (Figura 5.10).

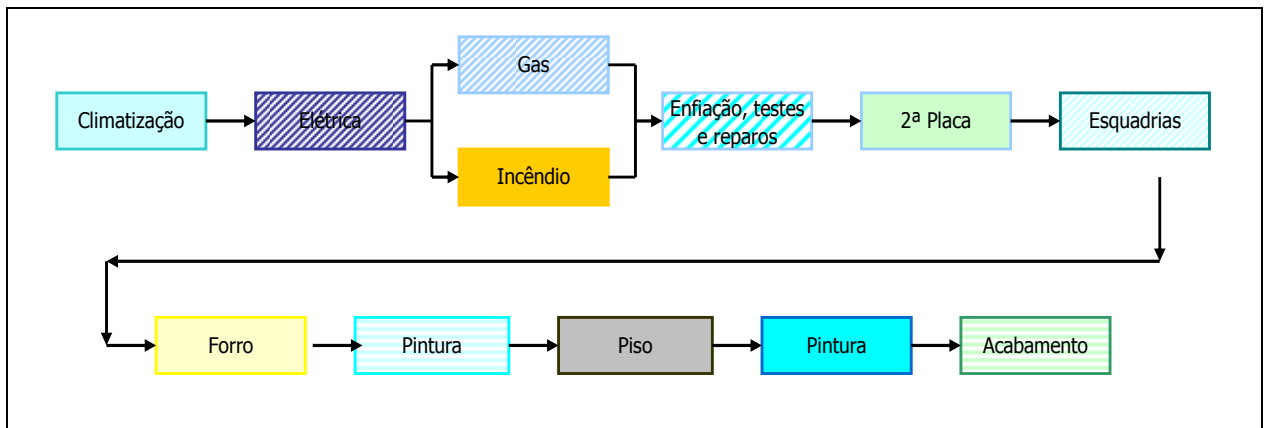


Figura 5.10: Seqüência de execução dos processos do empreendimento do empreendimento H-POA2

Todos os processos do empreendimento foram terceirizados. As instalações elétricas, hidráulicas e contra incêndio eram de responsabilidade de um único fornecedor e a colocação do forro de gesso e a instalação das placas de gesso acartonado de outro. Os demais processos foram realizados por fornecedores diferentes.

### 5.2.3 Identificação da unidade-base

A pesquisadora estudou uma nova estratégia de ataque para o empreendimento, diferente daquela adotada pela empresa, para tornar mais fácil a determinação do tempo de execução dos processos e melhorar a compreensão das áreas a serem trabalhadas. Desse modo, tentou-se induzir uma repetitividade das unidades de produção. Assim o empreendimento foi dividido em 22 módulos, (Figura 5.11), com dimensões diferentes, mas com grau de



intensidade<sup>18</sup> e complexidade das instalações correspondentes. A divisão dos módulos foi feita da seguinte forma: na área externa, estavam localizados a sala de recepção e o hall de entrada (módulos de A a G), a intensidade das atividades era inferior à área interna, e estavam localizadas as salas de procedimentos e consultórios (módulos de 1 a 15).

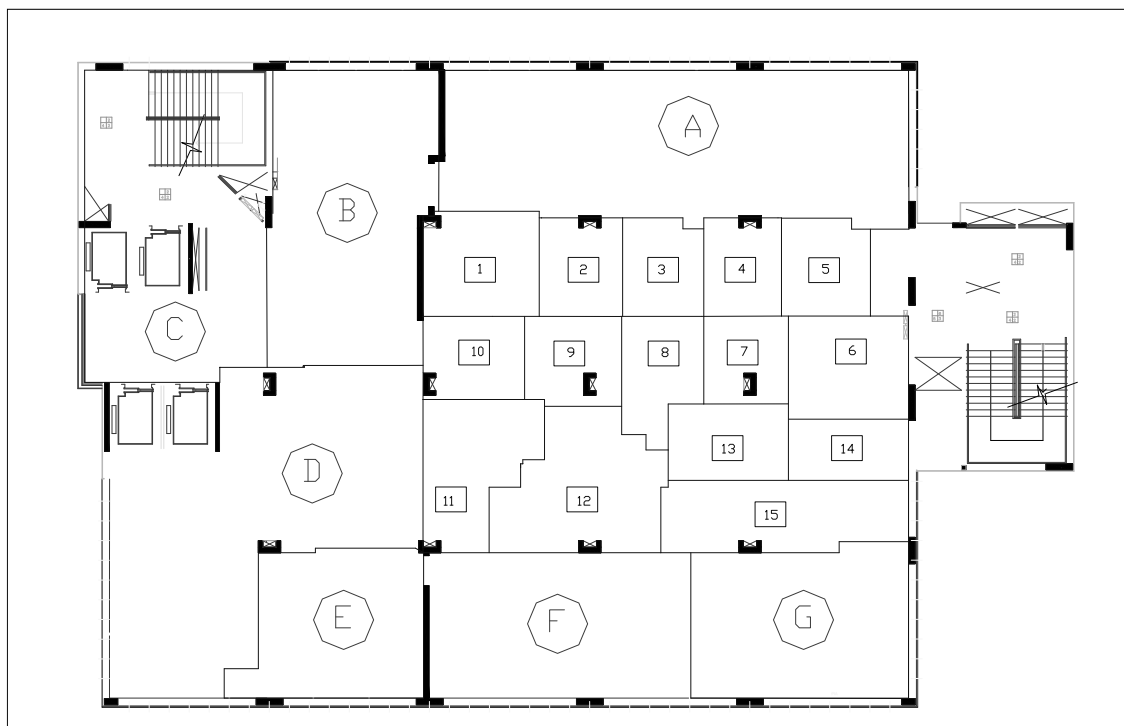


Figura 5.11: Identificação dos módulos de produção

A modificação da estratégia de ataque foi apresentada em reunião para os engenheiros da obra e para os gerentes das empresas fornecedoras, que aprovaram a nova divisão das unidades-base do empreendimento.

#### 5.2.4 Dimensionamento da capacidade de recursos de produção

Determinada a unidade-base, foram definidos os tempos necessários para a execução de cada processo, dos módulos de 1 a 15 e de A a G, de forma que eles fossem realizados paralelamente para cada conjunto de módulos. Em duas reuniões, a pesquisadora explicou a divisão dos módulos de trabalho aos participantes, os engenheiros da obra, os gerentes de

<sup>18</sup> O grau de intensidade está relacionado à quantidade de trabalho a ser realizada pelos diferentes processos em cada ambiente

produção dos fornecedores de gesso acartonado, de forro, de instalações elétricas, hidráulicas, de gás e de contra incêndio. Nessas reuniões também discutiram-se os tempos necessários para executar cada processo, em cada módulo de trabalho. Como os fornecedores de piso, de pintura e de esquadrias ainda não haviam sido contratados, os tempos de execução destes processos foram estimados pelos engenheiros da obra, com base na experiência em outros empreendimentos. Os resultados obtidos na reunião são apresentados nas Figuras 5.12 e 5.13.

PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO - PSP						
Ampliação H-POA2						
<b>Dimensionamento da capacidade de recursos - área externa (módulos de A a G)</b>						
seq.	Processo	duração (dias)	recursos		lotes	precedente
			mão-de-obra	equipamentos	produção	
01	Instalações elétricas	5	4		1 módulo	
02	Instalações hidráulicas	4	4		1 módulo	
03	2ª placa de gesso	2	2		1 módulo	1,2
04	Forro	3	2		1 módulo	1,2,3
05	Pintura - 1ª demão	3	4		1 módulo	4
06	piso	2	2		1 módulo	5
07	Pintura - 2ª demão	1	2		1 módulo	6
08	Acabamento	4	6		1 módulo	7

Figura 5.12: Dimensionamento da capacidade de recursos – área externa

PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO - PSP						
Ampliação H-POA2						
<b>Dimensionamento da capacidade de recursos - área interna (módulos de 1 a 15)</b>						
seq.	Processo	duração (dias)	recursos		lotes	precedente
			mão-de-obra	equipamentos	produção	
01	Instalações elétricas	4	2		1 módulo	
02	Instalações de incêndio	1	2		1 módulo	
03	Instalações de gases	1	2		1 módulo	
04	2ª placa de gesso	1	2		1 módulo	1,2,3
05	Esquadrias	2	2		1 módulo	
06	Forro	2	2		1 módulo	4
07	Pintura - 1ª demão	3	2		1 módulo	6
08	piso	2	2		1 módulo	6,7
09	Pintura - 2ª demão	1	2		2 módulos	8

Figura 5.13: Dimensionamento da capacidade de recursos – área interna

### **5.2.5 Definição da estratégia de ataque do empreendimento**

Com o dimensionamento da capacidade de recursos já determinado, procurou-se definir uma estratégia de ataque, levando-se em consideração o prazo final para a conclusão do empreendimento. Para isso, a pesquisadora propôs a divisão do empreendimento em três grandes zonas a serem realizadas em paralelo (módulos 1 a 7, módulos 8 a 15 e módulos A a G). Após esta definição, houve uma nova reunião, com os mesmos participantes da anterior, na qual foi analisada se a quantidade de funcionários dimensionada pelos fornecedores era suficiente para que o prazo de execução do empreendimento fosse cumprido. Também foi analisada a instalação da água osmolizada, processo que não fazia parte do escopo da Construtora Ômega e que foi executado nos módulos de 8 a 15, sendo necessário um prazo de vinte dias para a conclusão deste serviço. Entretanto, a colocação dos perfis de fechamento do gesso acartonado não podia ser feita nos módulos em que havia interferência do processo de instalação da água osmolizada. Assim, foi adicionado um novo processo para a colocação dos perfis de fechamento de gesso acartonado nos locais em que a água osmolizada era instalada.

### **5.2.6 Estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento**

Com as informações obtidas nas reuniões anteriores, a pesquisadora realizou o estudo dos fluxos de trabalho para cada processo, em que foram definidos produtividade, trajetória e deslocamento das equipes de produção. Na Figura 5.14 são apresentadas a quantidade de equipes dimensionadas, a disposição das equipes no empreendimento e as principais restrições a serem eliminadas antes do início de cada processo.

Atividade	Nº Func	Nº Equipes	Disposição	Restrições
Elétrica	14	4	Três equipes na área interna, com três funcionários em cada (uma das equipes no corredor) e uma equipe com seis funcionários na área externa.	Projeto, Entrega de Materiais
Gás	4	2	Duas equipes com dois funcionários cada na área interna, movendo-se posteriormente para a área externa.	
Incendio	9	2	Duas duplas trabalhando nas instalações das tubulações e cinco funcionários trabalhando na confecção das mesmas.	
Gesso	6	3	Duas equipes, com dois funcionários cada, na área interna e uma equipe com dois funcionários na área externa.	Água osmolizada nos Módulos 11, 12, 13, 14, 15, E, F, G
Hidráulica	10	5	Uma dupla na área interna, duas duplas nos corredores e duas duplas na área externa.	Projeto, Materiais na obra
Forro	6	3	Duas equipes, com dois funcionários cada, na área interna e uma equipe com dois funcionários na área externa.	
Pintura	8	3	Duas equipes, com dois funcionários cada, na área interna e uma equipe com quatro funcionários na área externa.	

Figura 5.14: Dimensionamento e disposição das equipes de trabalho no empreendimento

Com base nestas informações, a pesquisadora elaborou as linhas de balanço para as áreas externa e interna, que foram posteriormente avaliadas em uma reunião com a participação dos engenheiros e dos gerentes de produção das empresas fornecedoras envolvidas na execução do empreendimento. As linhas de balanço elaboradas são mostradas nas Figuras 5.15 e 5.16. No empreendimento H-POA2, doze processos foram detalhados na linha de balanço, sendo fixadas datas-marco para a realização dos demais processos.

A Figura 5.17 apresenta a trajetória do processo de instalações elétricas. De acordo com a estratégia de ataque planejada, as equipes 1 e 2, com três funcionários cada, deveriam deslocar-se sucessivamente dos módulos 1 ao 7 e do 8 ao 15; a equipe 3, com quatro funcionários, deveria deslocar-se dos módulos A a G; e a equipe 4, com quatro funcionários, deveria trabalhar nas instalações feitas no corredor.

Os processos de instalações de gás, contra incêndio, fechamento dos perfis de gesso, de forro, de piso, de pintura e acabamento seguiram a mesma trajetória, modificando apenas na quantidade de funcionários necessários para cada equipe.

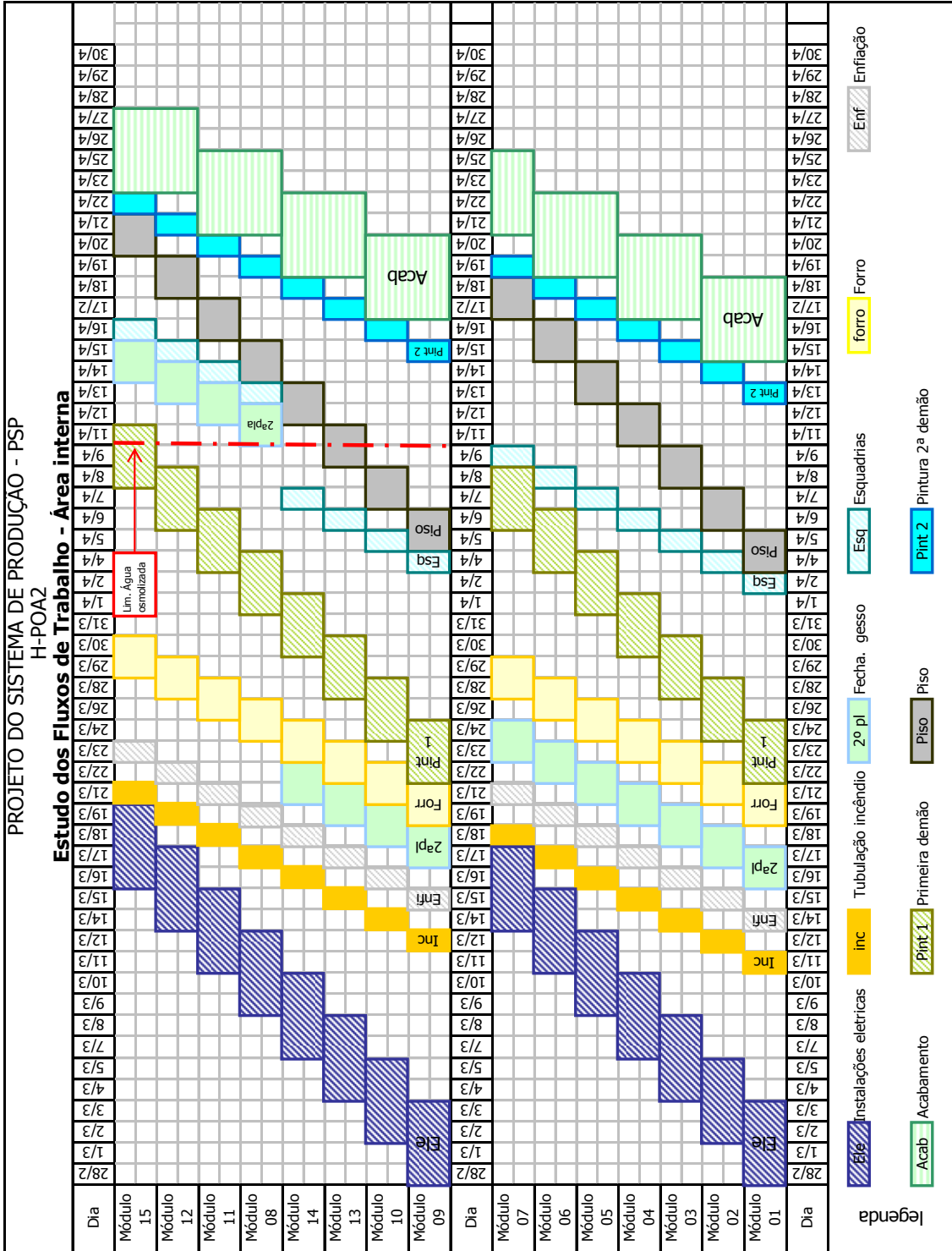


Figura 5.15: Estudo dos fluxos de trabalho – área interna

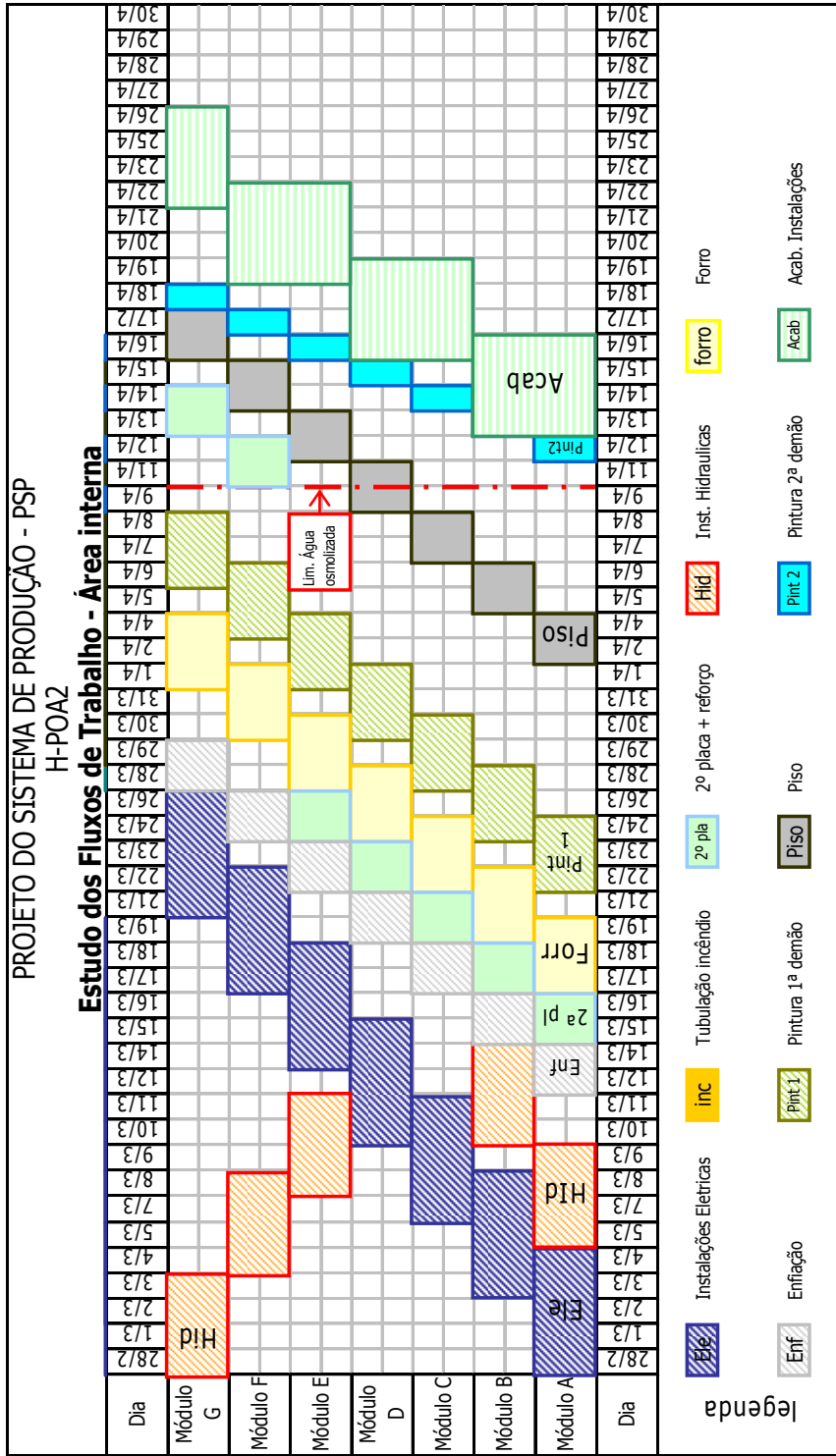


Figura 5.16: Estudo dos fluxos de trabalho – área externa

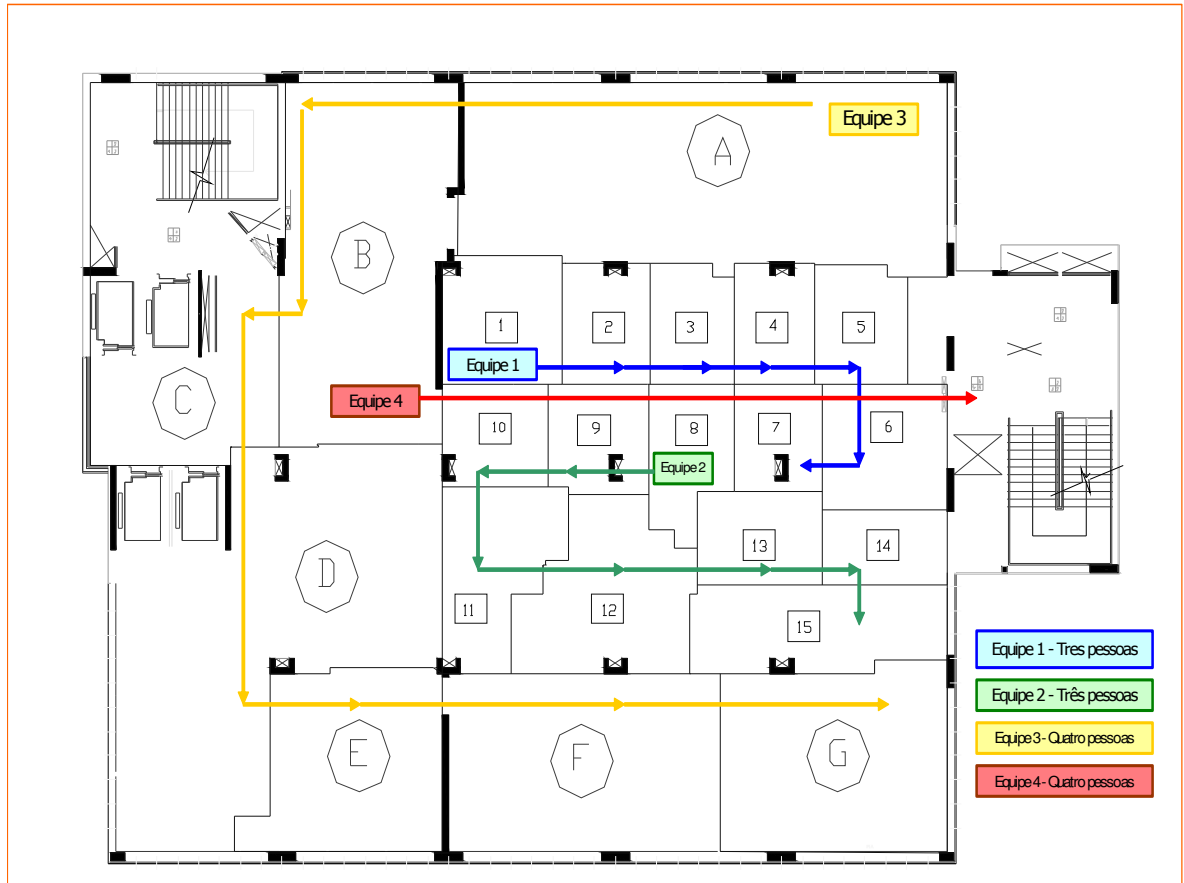


Figura 5.17: Trajetória de trabalho das equipes de instalações elétricas

Com as informações referentes à mão-de-obra, obtidas nas reuniões de PSP, pôde-se dimensionar a capacidade de recursos de produção. Dessa forma, foram analisadas a quantidade de equipes e de funcionários envolvidos em cada processo, assim como a quantidade total de funcionários que iam trabalhar em um mesmo local e também em todo o empreendimento, ao longo do tempo. Esta análise pode ser observada na Figura 5.18.

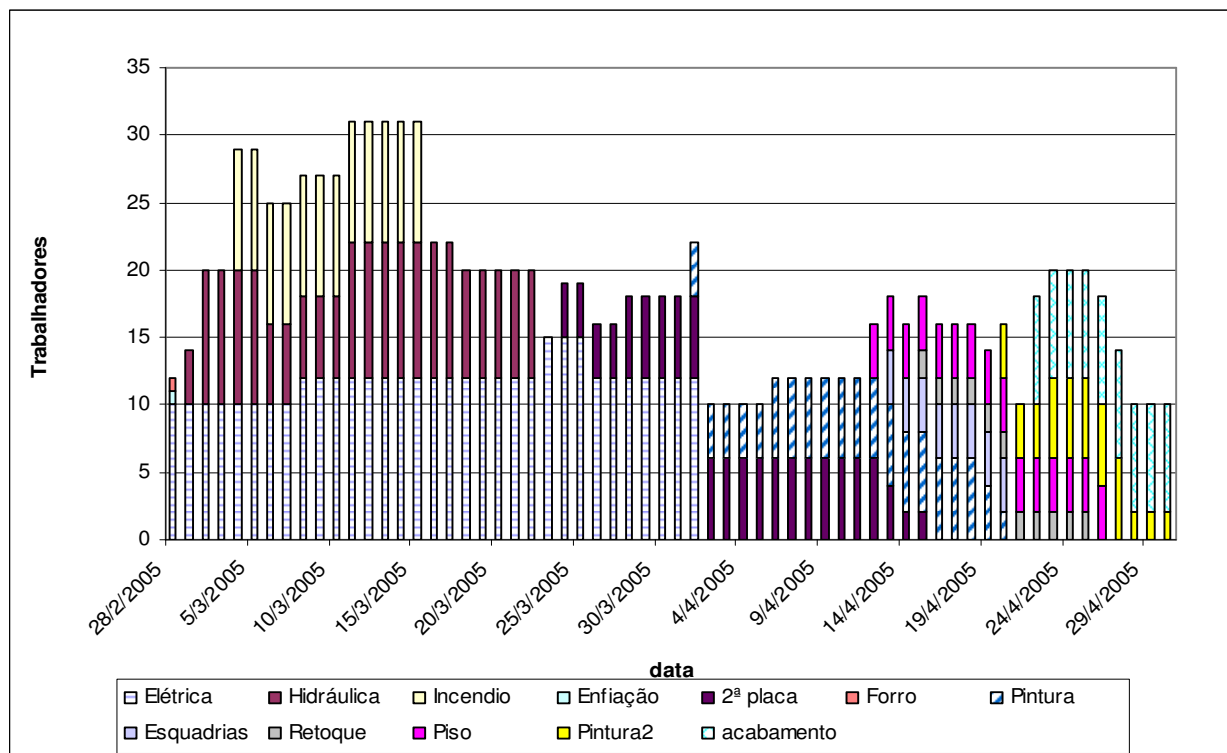


Figura 5.18: Gráfico de necessidade de mão-de-obra

Com o dimensionamento da necessidade de mão-de-obra, cada fornecedor pôde avaliar a quantidade de efetivo necessária para a realização dos processos planejados e programar melhor seus recursos de produção. Observou-se, então, que a semana de 10/03/05 a 15/03/05 necessitava mais mão-de-obra, havendo, por isso, neste período, maior preocupação em controlar os fluxos de trabalho das equipes. Com estas informações pôde-se determinar algumas definições do leiaute das instalações, como o dimensionamento dos vestiários e dos sanitários, assim como das áreas para alocar materiais e equipamentos.

### 5.2.7 Ferramentas de controle e visualização

No empreendimento H-POA2, os módulos de produção não representavam, necessariamente, uma única sala. O módulo 1, por exemplo, era composto por uma sala de recuperação, um posto assistencial e dois sanitários. Esta divisão, que pode ser observada na figura 5.19, dificultava o entendimento e o deslocamento das equipes de um módulo para o outro.



MÓDULO	AMBIENTES
1	Recuperação, posto assistencial, 2 sanitários
2	Sanitários, vestuários masc e fem, espera
3	Elevadores, escada e acesso público
4	Administração, sala de reuniões, espera e recepção
5	Corredor, consultórios e sanitários
6	Posto médico
7	Posto médico
1	Procedimento 4
2	Procedimento 3
3	Procedimento 2
4	Procedimento 1
5	Copa, sanitário, espera, laudos
6	Sala de utilidades, desinfecção
7	Guarda materiais e equipamento
8	Rouparia, aumoxarifado, reuso
9	Sanitários e vestuário dos funcionários
10	Salas de entrevista
11	Sala de enfermeiras, sanitarios
12	DML, copa, rouparia, reuso
13	Sala de médicos
14	Sanitarios, sala de utilidades, aumoxarifado
15	Catetere, treinamento, sanitários

Figura 5.19: Identificação dos ambientes para cada módulo de produção

Diante disso, para aumentar a transparência e facilitar o deslocamento das equipes, a pesquisadora, juntamente com o engenheiro de produção, pôs, em cada ambiente, uma placa de identificação do módulo. Assim sendo, no módulo1, por exemplo, tanto a sala de recuperação, quanto o posto assistencial e os sanitários foram identificados com placas (Figura 5.20).



Figura 5.20: Identificação dos módulos de trabalho – posto assistencial

Também foram fixadas, em locais de fácil acesso aos funcionários da obra, informações contendo as linhas de balanço das áreas externa e interna, a planta de divisão dos módulos de trabalho e a seqüência dos processos, aumentando a transparência dos serviços a serem executados (Figura 5.21).



Figura 5.21: Painel contendo as ferramentas desenvolvidas no PSP

## 5.2.8 Integração do PSP ao PCP

### 5.2.8.1 Planejamento de médio prazo

As reuniões de planejamento de médio prazo aconteciam quinzenalmente. Participavam delas os engenheiros de produção e de planejamento, a pesquisadora (que não interferia nas decisões, apenas observava), assim como os fornecedores e encarregados relacionados aos processos realizados no período de um mês em diante. Nestas reuniões, identificavam-se os pacotes de trabalho<sup>19</sup> para o horizonte de um mês, as equipes necessárias para execução dos trabalhos e as restrições a serem removidas para que eles pudessem ser executados.

---

<sup>19</sup> Um pacote de trabalho corresponde à execução de um processo em um determinado local. Por exemplo, a execução das instalações elétricas no módulo 1 é considerada um pacote de trabalho e a execução da mesma atividade no módulo 2 é considerada um outro pacote de trabalho

O engenheiro de planejamento utilizava a linha de balanço, desenvolvida no estudo do PSP, como ferramenta para visualizar os pacotes de trabalho a serem realizadas no planejamento de médio prazo.

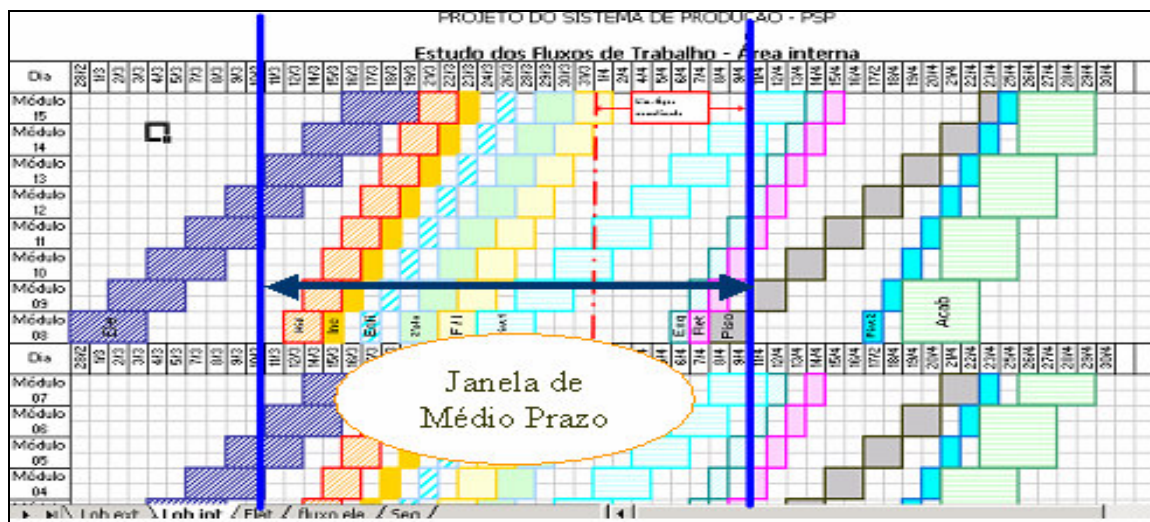


Figura 5.22: Identificação da janela de médio prazo na linha de balanço.

Desse modo, eram identificadas, na linha de balanço, janelas de médio prazo em que os processos no interior da janela eram os que deveriam ser executadas no intervalo de um mês, conforme indicado na Figura 5.22. Isso facilitava a identificação dos trabalhos a serem executados, deixando mais tempo disponível para a análise e remoção das restrições existentes no período.

#### 5.2.8.2 Planejamento de curto prazo

As reuniões de planejamento de curto prazo efetuavam-se semanalmente no canteiro de obras do H-POA2 e contavam com a presença dos engenheiros da obra, dos gerentes de produção das empresas fornecedoras e dos mestres envolvidos nos processos a serem realizados na semana do planejamento. A pesquisadora participou das reuniões de planejamento de curto prazo desde a semana 5 até a semana 14, contribuindo com sugestões para as decisões a serem tomadas. Os engenheiros usavam as informações e as ferramentas obtidas no PSP, incluindo o estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento, para auxiliar e facilitar a tomada de decisões (Figura 5.23).

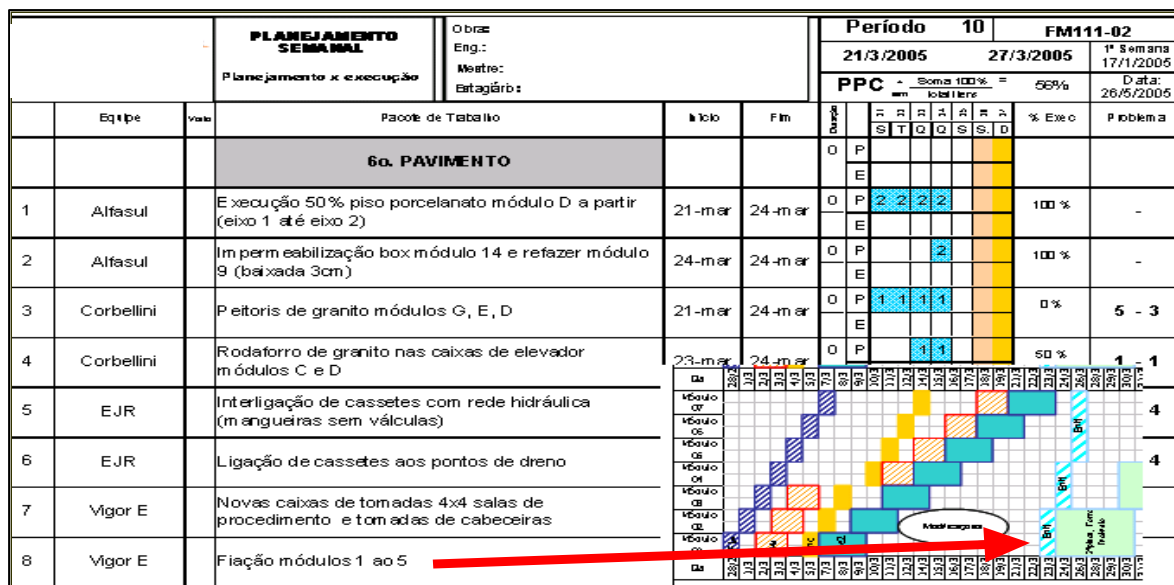


Figura 5.23: Informações relativas aos pacotes de trabalho retiradas da linha de balanço

Uma das preocupações da Construtora Ômega diante da utilização de um novo processo de gestão (PSP) era a geração de ferramentas de controle adicionais para medir e integrar o PSP ao PCP. Entretanto, procuraram-se adaptar as ferramentas já utilizadas no PCP para que as informações existentes no PSP fossem incorporadas sem a necessidade de planilhas adicionais.

Na planilha utilizada para o controle do planejamento de curto prazo, foi enfatizada a importância das informações referentes à quantidade de efetivo necessária para a execução diária de cada pacote de trabalho (Figura 5.24). Desse modo, o controle diário da quantidade de funcionários era feito, juntamente com o controle dos pacotes de trabalho para cada dia. Com isso, as falhas ou não-observância da quantidade planejada de funcionários eram rapidamente identificadas e solucionadas.

		<b>PLANEJAMENTO SEMANAL</b>		Obra:		Período 10		FM111-02					
		Planejamento x execução		Eng.:		21/3/2005		27/3/2005					
				Mestre:		PPC - Soma 100% = 56%		1ª semana 17/1/2005					
				Estagiário:		- em %		Data: 26/5/2005					
Equipe	Valor	Pacote de Trabalho		Início	Fim	Seg	Ter	Qua	Qui	Sab	% Exec	Problema	
		<b>6o. PAVIMENTO</b>				0	P						
1	Alfasul	Execução 50% piso porcelanato módulo D a partir (eixo 1 até eixo 2)		21-mar	24-mar	0	P	2	2	2	2	100 %	-
2	Alfasul	Impermabilização box módulo 14 e refazer módulo 9 (baixada 3cm)		24-mar	24-mar	0	P			2		100 %	-
3	Corbellini	Peitoris de granito módulos G, E, D		21-mar	24-mar	0	P	1	1	1	1	0 %	5 - 3

Figura 5.24: Informações da quantidade de efetivo necessária para a execução dos pacotes diários de trabalho.

### 5.2.9 Análise dos resultados

Após a elaboração do PSP, a execução dos processos no empreendimento HPOA-2 foi acompanhada pela pesquisadora com visitas à obra, para avaliar o grau de adesão do PSP pela empresa, pelos fornecedores e pelos funcionários. Além de participar das reuniões de planejamento de médio e curto prazo, a pesquisadora também acompanhou a execução dos processos com medições no canteiro. Com relação ao PCP, a pesquisadora não interferiu diretamente nas decisões tomadas nas reuniões de planejamento de médio e curto prazo, porém estas decisões eram baseadas no PSP desenvolvido pela pesquisadora, juntamente com os engenheiros e fornecedores.

O estudo do PSP foi dividido em duas etapas. Na primeira, as decisões foram tomadas de forma mais detalhada até a conclusão do processo de enfição, sendo os demais processos (instalação dos perfis de fechamento gesso acartonado, forro de gesso, colocação do piso, das esquadrias, pintura e acabamento) estimados com base em experiências anteriores dos engenheiros, ou até mesmo sem maiores detalhes pelos fornecedores já contratados, que foi o caso do fornecedor de gesso acartonado e forro de gesso. Na segunda etapa, que teve início após o processo de enfição, os demais processos foram mais bem detalhados e analisados.

No início da segunda etapa, houve uma reunião com a participação da pesquisadora, dos engenheiros da obra e dos gerentes de produção dos fornecedores de gesso acartonado e forro,

dos serviços de pintura, de piso e de esquadrias. Nesta ocasião o estudo dos fluxos de trabalho foi revisado, sendo incluídos os novos prazos para conclusão da obra e reavaliados os tempos e as equipes necessárias para execução dos processos no empreendimento.

Na primeira etapa, surgiram problemas relacionados ao fornecedor das instalações elétricas, hidráulicas e contra incêndio, pois o contrato com a empresa que forneceu estes serviços não estava totalmente definido e ela não iniciou os serviços na data programada e nem dispunha do material necessário para executar os pacotes de trabalho. Estas restrições já haviam sido discutidas com os encarregados da empresa, porém só foram removidas quando o contrato foi regularizado. Foi a partir da definição desse contrato, então, que o planejamento sofreu sua primeira modificação, buscando adaptar a situação do fornecedor às exigências e prazos de execução do empreendimento. Portanto, o processo de instalações elétricas foi subdividido em dois outros, sendo o primeiro a marcação e instalação das caixas de interruptores e de passagens nos módulos e o segundo a colocação dos eletrodutos e calhas.

As linhas de balanço elaboradas no início da segunda etapa do PSP para as áreas externa e interna são apresentadas nas Figuras 5.25 e 5.26.

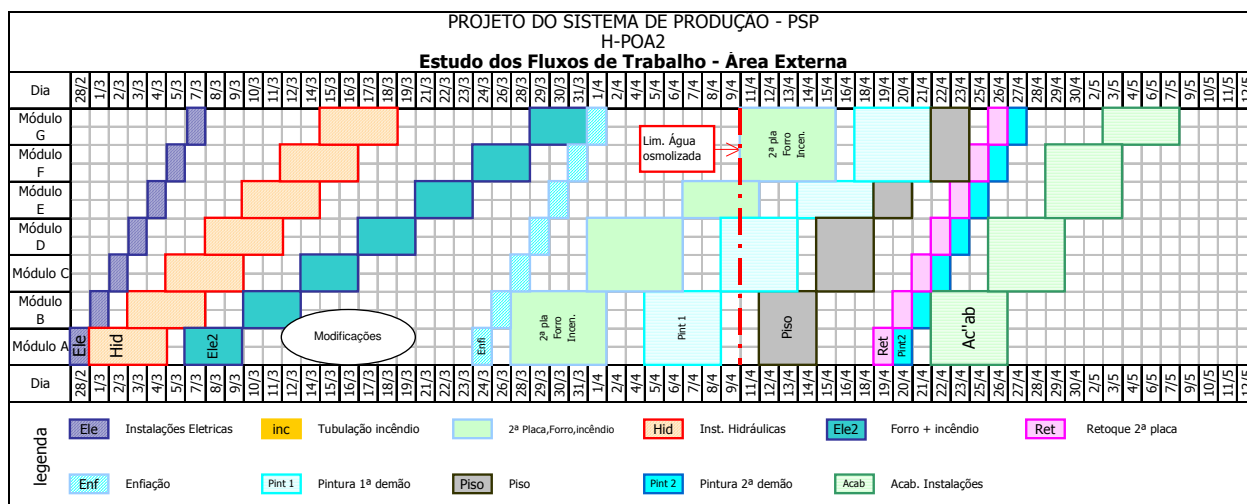


Figura 5.25: Linha de balanço final – área externa



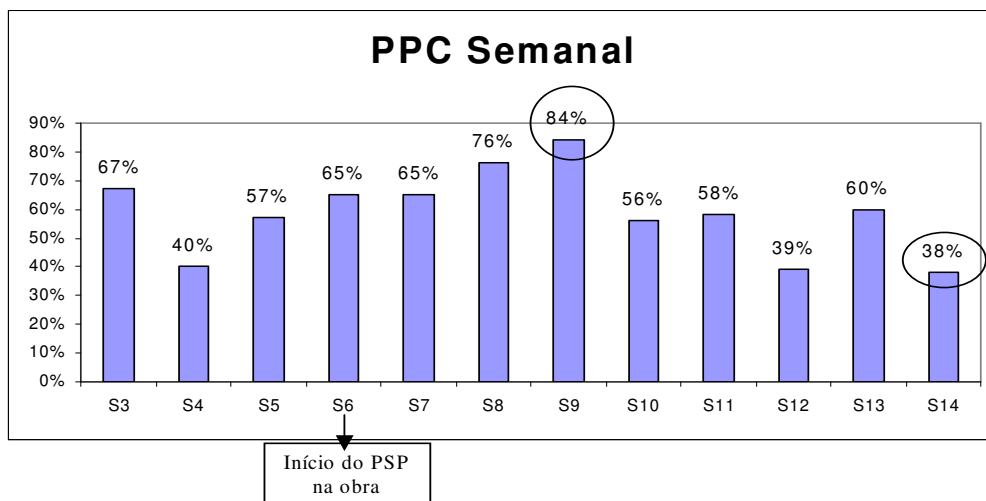


Figura 5.27: PPC semanal – empreendimento H-POA2

Após a sexta semana, percebe-se um aumento no PPC do empreendimento, que ocorreu até a nona semana. A partir deste momento, aumentou a incidência de problemas, principalmente referentes a materiais e mão-de-obra. Isto pode ser observado na Figura 5.28.

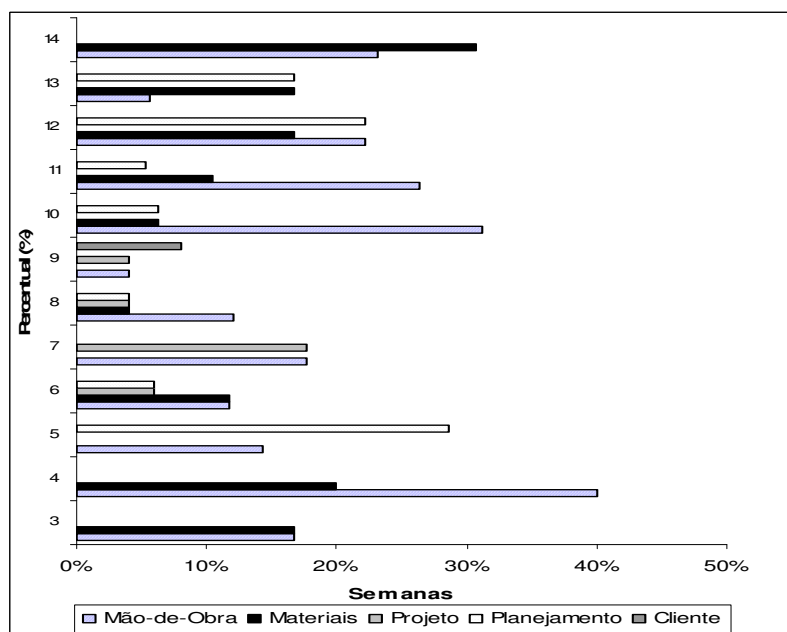


Figura 5.28: Percentual de problemas para cada semana



No início da décima semana houve uma reunião, na qual estiveram presentes os representantes dos fornecedores, a pesquisadora e os engenheiros da obra, para avaliação do PSP. Foi enfatizada, na ocasião, a importância do cumprimento, por parte dos fornecedores em disponibilizar as equipes de trabalho planejadas inicialmente para que os processos fossem realizados nas datas programadas.

A partir da décima semana, também começaram a acontecer modificações nos projetos do empreendimento, ocasionando retrabalhos e esperas para a realização dos processos, contribuindo para reduzir o PPC. A Figura 5.29 mostra que os problemas ocorridos com maior frequência estavam relacionados à mão-de-obra, seguidos pela falta de materiais. Estes dois fatores totalizavam 69,5% de todos os problemas, e são fortemente associados aos fornecedores, visto que tanto a mão-de-obra quanto os materiais eram de sua responsabilidade e toda a programação foi feita com sua aprovação.

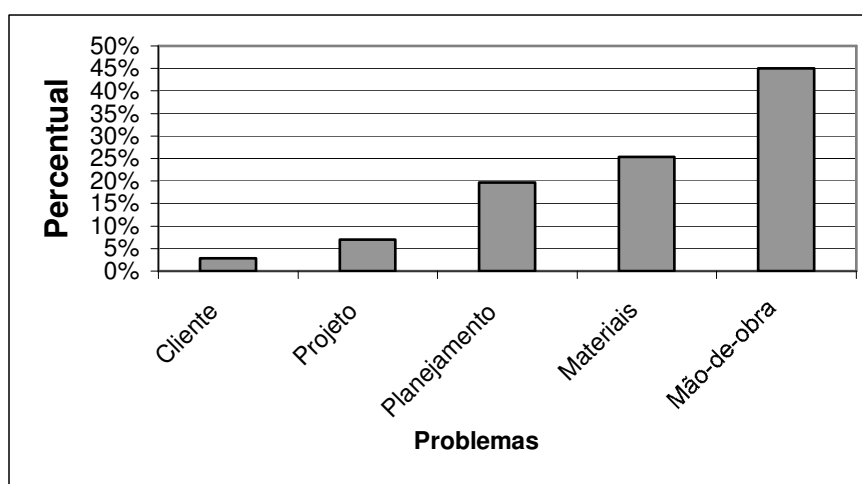


Figura 5.29: Percentual de problemas acumulados

Também foi observado se os pacotes de trabalho estavam sendo executados nos locais planejados no estudo do PSP. As observações foram feitas no período entre a sétima e a décima quarta semana de trabalho. Para esta análise foi utilizada uma planilha de controle de terminalidade. A pesquisadora visitou o empreendimento no primeiro dia de cada semana e observou quais processos tinham sido concluídos na semana anterior. A Figura 5.30 apresenta um exemplo da planilha de terminalidade utilizada pela pesquisadora.

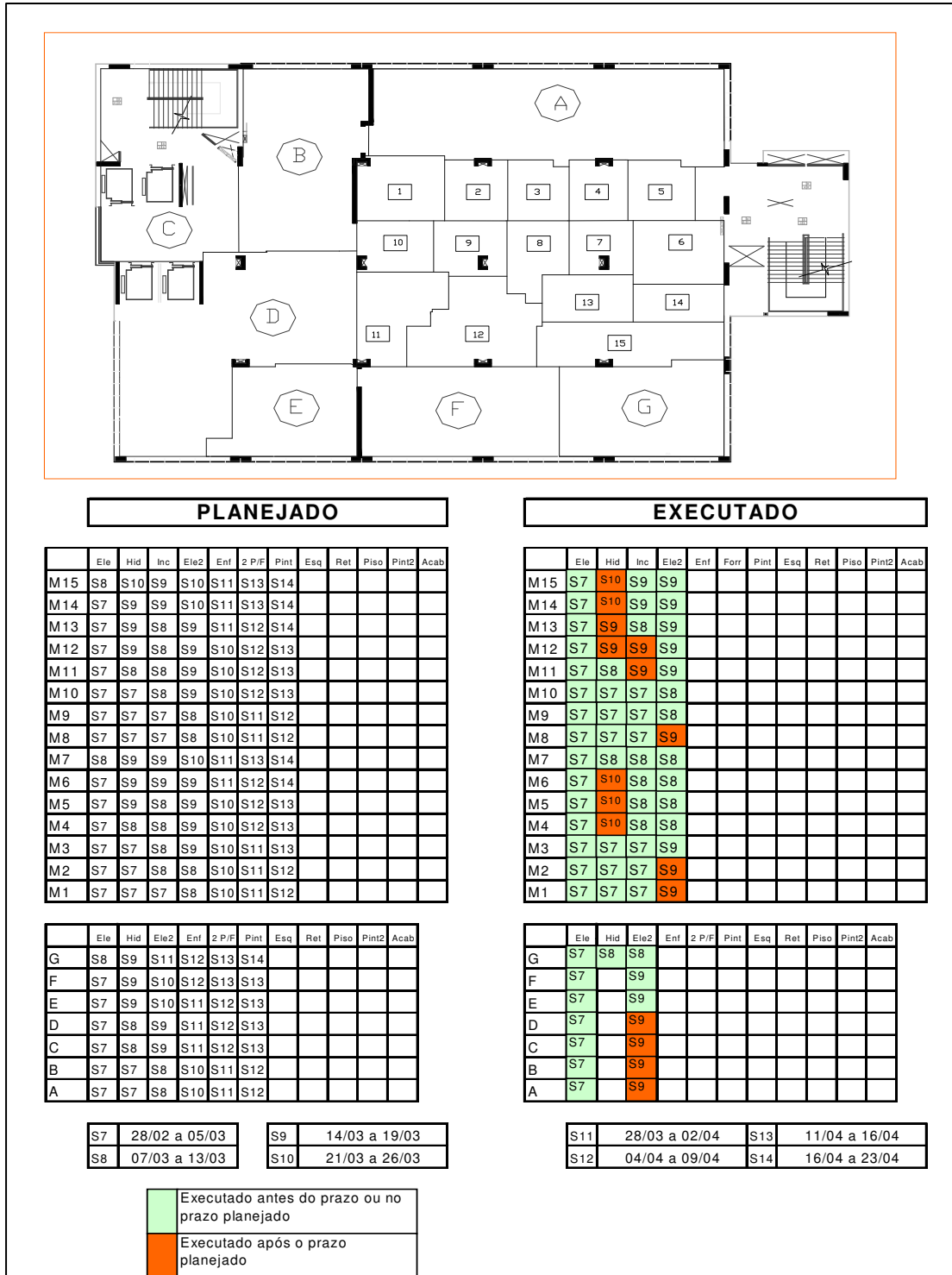


Figura 5.30: Planilha de controle de terminabilidade

Na Figura 5.31, observam-se os gráficos do desvio de ritmo dos processos, para os módulos de 1 a 15. Percebe-se que os processos de instalações hidráulicas e instalação do perfil de fechamento das paredes de gesso e do forro apresentaram uma maior variação do que foi planejado em relação ao que foi executado. Estes fornecedores apresentaram maior dificuldade em cumprir com o planejado no PSP, ou porque não conseguiam entender a forma de gestão adotada pela empresa, ou porque estavam envolvidos em diversas obras e não tinham estrutura suficiente.

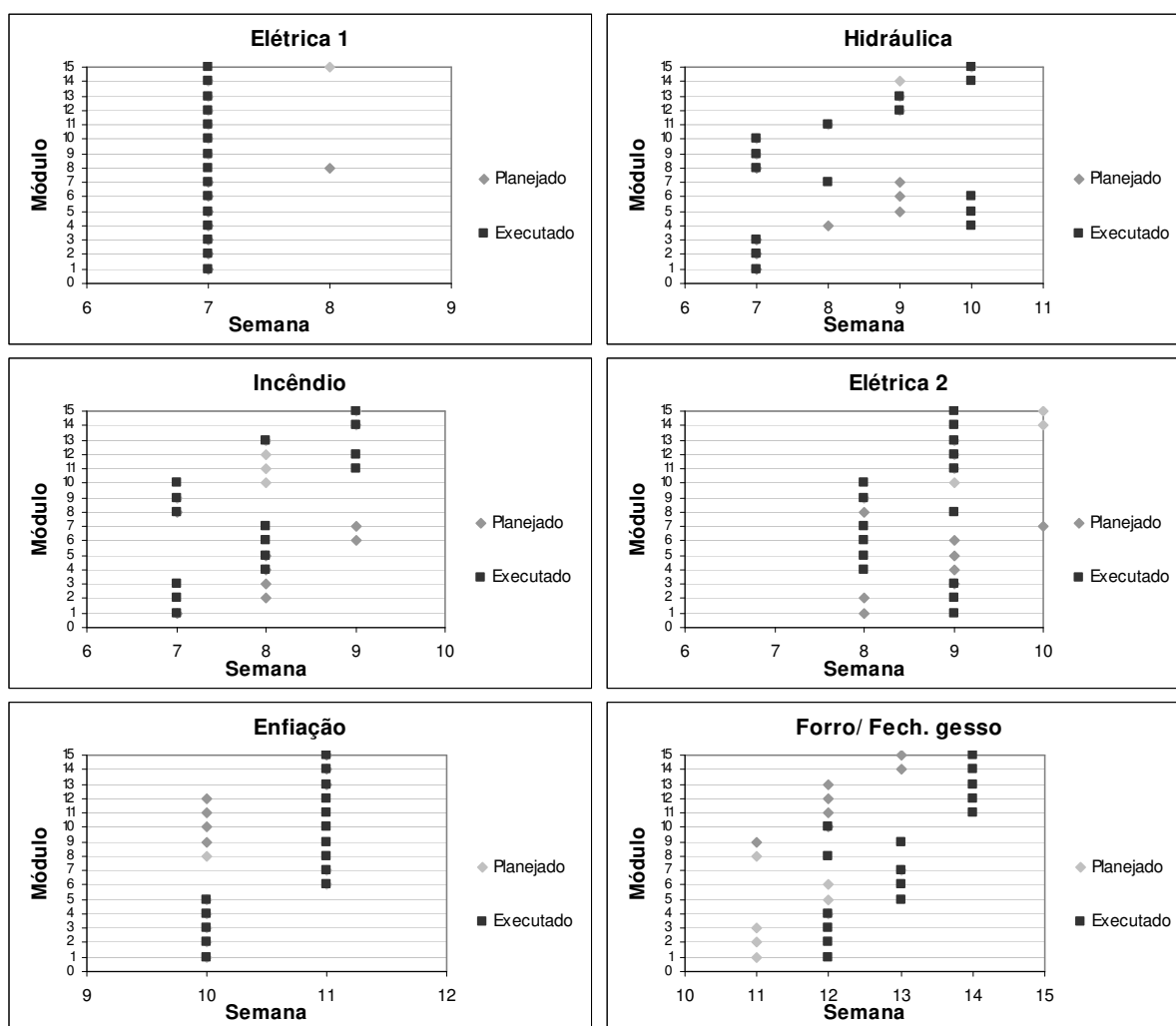


Figura 5.31: Desvio de ritmo

Dos 125 pacotes de trabalho acompanhados, 15% foram executados antes do planejado, 49%, no prazo e 36%, após o planejado. Somente no processo de elétrica 1 (que correspondia à colocação das tubulações nas paredes de gesso), os pacotes de trabalho realizados antes do planejado foram realizados sem que houvesse atrasos nos pacotes subsequentes. Nos outros

processos, o fluxo de trabalho nos módulos foi alterado pelos fornecedores, causando, em alguns casos, atrasos nos pacotes subsequentes.

A Figura 5.32 apresenta a planilha de pacotes de trabalho executados no empreendimento, em que se pode observar o percentual de pacotes efetuados antes do planejado, no prazo planejado e após o planejado, para cada fornecedor. Novamente pode-se observar que o fornecedor de gesso executou 86% do processo após o planejado. Na ocasião, quando solicitado pelos engenheiros da obra, o fornecedor não se dispôs a cumprir os prazos planejados.

Módulos	Elétrica		Hidráulica		Incêndio		Elétrica 2		Enfição	
	Plan	Exe	Plan	Exe	Plan	Exe	Plan	Exe	Plan	Exe
1	7	7	7	7	7	7	8	9	10	10
2	7	7	7	7	8	7	8	9	10	10
3	7	7	7	7	8	7	9	9	10	10
4	7	7	8	10	8	8	9	8	10	10
5	7	7	9	10	8	8	9	8	10	10
6	7	7	9	10	9	8	9	8	11	11
7	8	7	9	8	9	8	10	8	11	11
8	7	7	7	7	7	7	8	9	10	11
9	7	7	7	7	7	7	8	8	10	11
10	7	7	7	7	8	7	9	8	10	11
11	7	7	8	8	8	9	9	9	10	11
12	7	7	9	9	8	9	9	9	10	11
13	7	7	9	9	8	8	9	9	11	11
14	7	7	9	10	9	9	10	9	11	11
15	8	7	10	10	9	9	10	9	11	11
A	7	7	7	11			8	9	10	10
B	7	7	7	11			8	9	10	11
C	7	7	8	11			9	9	11	11
D	7	7	8	11			9	9	11	12
E	7	7	9	11			10	9	11	12
F	7	7	9	11			10	9	12	12
G	8	7	9	8			11	8	12	12
	Elétrica I		Hidráulica		Incêndio		Elétrica 2		Enfição	
	3	14%	1	5%	5	33%	10	45%	0	0%
	19	86%	10	45%	8	53%	7	32%	14	64%
	0	0%	11	50%	2	13%	5	23%	8	36%

Total - 125 atividades	
Adiantado	15%
Dentro do prazo	49%
Atrasado	36%

Figura 5.32: Planilha das tarefas executadas no empreendimento

Percebe-se a importância da integração entre os processos gerenciais dos fornecedores e da empresa construtora. Em muitas ocasiões, o fornecedor não tem uma visão sistêmica do empreendimento, realizando seu processo sem se preocupar com os processos seguintes, prejudicando o andamento da obra.

### **5.2.10 Considerações finais sobre o Estudo Empírico 1**

A análise dos resultados do estudo realizado no empreendimento H-POA2 deixa perceber uma maior necessidade em estudar fatores relacionados aos fornecedores. Esta necessidade foi confirmada pela entrevista realizada com o engenheiro da obra, na qual ele afirmou que a principal dificuldade em fazer as decisões tomadas no PSP serem colocadas em prática era integrar à forma de trabalho dos fornecedores à da empresa.

De acordo com o engenheiro da obra, não houve tempo entre a contratação (entre o H-POA2 e a Construtora Ômega) e o início das atividades no empreendimento para planejar a forma de sua execução. Entretanto, mesmo o PSP tendo sido elaborado após o início da obra, sua realização auxiliou na definição da seqüência, da trajetória e da identificação das interdependências entre os processos, assim como na execução de um fluxo contínuo da produção. A partir daí, percebeu-se a necessidade de estudar o projeto do sistema de produção na fase de contratação, ou até mesmo na fase de orçamento dos empreendimentos, de forma que, quando possível e viável, os fornecedores possam ser contratados antecipadamente e se integrem melhor ao PSP.

Outra contribuição importante deste estudo para o desenvolvimento da pesquisa está relacionada à reavaliação do PSP. Como o ambiente estudado apresentava grande variabilidade e incertezas, o PSP foi reavaliado após a execução de alguns processos. Foram acrescentadas novas informações referentes a modificações, novo prazo para execução e novos fornecedores contratados.

De acordo com o engenheiro da obra, a melhor forma de identificar o momento para reavaliação do PSP é através do PCP, ou seja, à medida que os problemas aparecem, os envolvidos na obra sentirão a necessidade de reestruturar o que foi definido anteriormente. Entretanto, os envolvidos na produção devem esforçar-se ao máximo para conseguir executar os processos de acordo com o planejado.

Logo, para preencher as lacunas existentes na elaboração do PSP em empreendimentos complexos, a pesquisadora buscou observar, nos estudos seguintes, a elaboração do PSP nas fases de contratação e orçamento, assim como identificar ações para melhorar a integração dos fornecedores ao sistema de gestão adotado pela empresa.

## 5.3 ESTUDO EMPÍRICO 2

### 5.3.1 Considerações iniciais

Este estudo foi realizado pela pesquisadora e pelo doutorando do NORIE/UFRGS Fábio Schramm. Ela iniciou sua participação a partir do dimensionamento da capacidade de recursos. Embora o PSP tenha sido elaborado antes do começo da execução do empreendimento, seu projeto inicial sofreu muitas modificações, o que acarretou vários adicionais de contrato e modificações no prazo final para conclusão da obra.

### 5.3.2 Definição da seqüência de execução do empreendimento

O engenheiro de produção, juntamente com o pesquisador Fábio Schramm, elaborou a definição da seqüência de execução dos processos do empreendimento. Eles analisaram os processos, as tecnologias a serem utilizadas e o nível de integração vertical, ou seja, os processos a serem executados com mão-de-obra própria da Construtora Ômega, que foram apenas os blocos de concreto, sendo todos os outros processos terceirizados. A Figura 5.33 apresenta a seqüência de execução dos processos realizados no Empreendimento S.

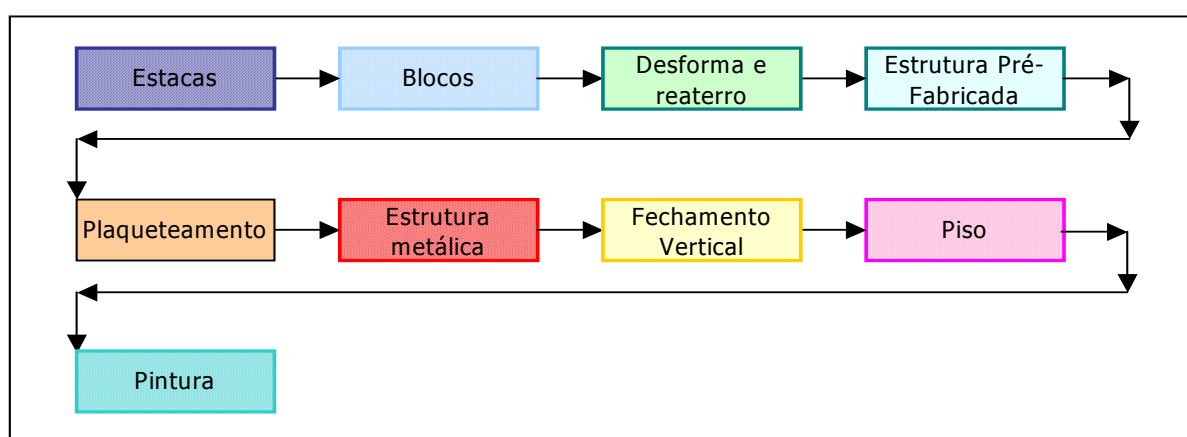


Figura 5.33: Seqüência de execução dos processos do empreendimento S

Com essa análise, observou-se a necessidade de entender melhor o processo de montagem da estrutura de concreto pré-fabricada e da estrutura metálica. Por isso, realizou-se uma reunião

na qual estiveram presentes os gerentes de produção destes fornecedores, o engenheiro da obra e o pesquisador, com a finalidade de definir as datas de montagem, os prazos de execução e identificar as interferências destes processos nos demais.

### 5.3.3 Identificação da unidade-base

Após a definição da seqüência de execução do empreendimento, o pesquisador e o engenheiro da obra determinaram a unidade-base a ser estudada. Como o Setor da Galvanização dependia das definições a respeito da demolição do prédio existente, e o cliente ainda não havia providenciado para que isso acontecesse, o projeto do sistema de produção foi desenvolvido somente para a parte do empreendimento denominado de Setor Trefila, que foi dividido em doze módulos. Cada um media 10 metros de largura por 20 metros de comprimento (Figura 5.34). Os processos iniciaram a partir do módulo 1, que ficava mais afastado do prédio a ser demolido, pois o módulo 12 sofria interferências da demolição do prédio existente.

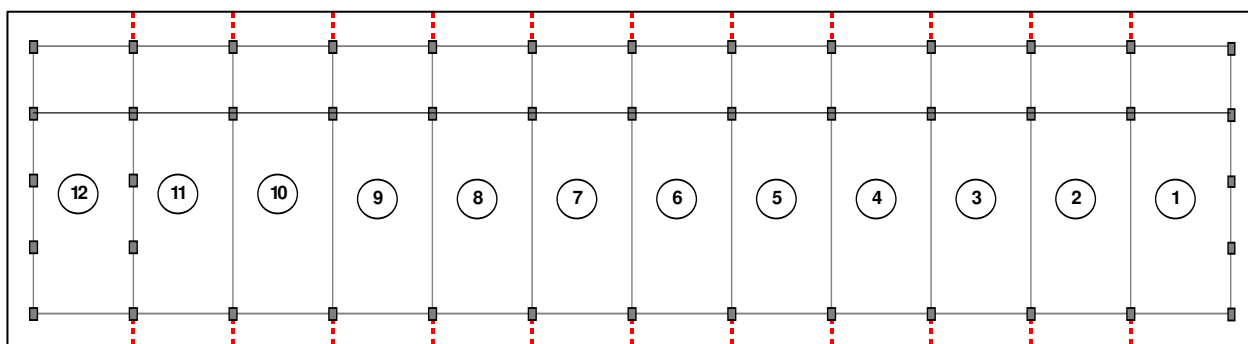


Figura 5.34: Definição da unidade-base do empreendimento

Definiu-se a unidade-base com base no caráter repetitivo dos processos iniciais (execução dos blocos e das estacas) do empreendimento. Entretanto os módulos 1 e 12 apresentavam dois pilares a mais que os demais.

### 5.3.4 Dimensionamento da capacidade de recursos de produção

A partir das decisões anteriores, determinaram-se as equipes necessárias para a execução dos módulos de trabalho, assim como os equipamentos a serem utilizados. Isso foi definido em

uma reunião da qual participaram os pesquisadores, o engenheiro, o mestre da obra e os representantes das empresas de estrutura metálica e da estrutura pré-fabricada. Foi então que os pesquisadores questionaram os participantes sobre o tempo que eles precisariam para executar cada processo, em cada lote de produção, assim como qual seria a mão-de-obra e os equipamentos necessários.

PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO - PSP							
Prédio Trefila - Empreendimento S							
DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE DE RECURSOS							
seq.	Processo	duração	recursos		lotes		precedente
			mão-de-obra	equipamentos	produção	transferência	
01	<b>Estacas (cravação)</b>	<b>7 dias</b>	<b>6 operadores</b>	<b>1 bate-estaca</b>	<b>3 módulos</b>	<b>3 módulos</b>	
02	<b>Blocos de fundação</b>	<b>5 dias</b>	<b>10 profissionais</b>	<b>1 retroescavadeira</b>	<b>3 módulos</b>	<b>3 módulos</b>	<b>01</b>
	escavação		2 serventes	1 retroescavadeira			
	corte		1 servente				
	forma		6 carpinteiros				
	magro		1 pedreiro				
	ferragem		2 ferreiros				
	concreto		1 pedreiro, 1 servente				
	forma cálice		6 carpinteiros				
	concreto cálice		1 pedreiro, 1 servente				
03	<b>Desforma e reaterro</b>	<b>1 dia</b>	<b>2 serventes</b>	<b>1 retroescavadeira</b>	<b>3 módulos</b>	<b>3 módulos</b>	<b>02</b>
04	<b>Estrutura pré-fabricada</b>	<b>2 dias</b>	<b>1 técnico, 2 montadores, 1 encarregado, 2 auxiliares e 1 operador de guincho</b>	<b>1 guindaste e 1 plataforma móvel</b>	<b>3 módulos</b>	<b>3 módulos</b>	<b>03</b>
05	<b>Plaqueamento</b>	<b>2 dias</b>	<b>1 pedreiro, 1 servente</b>		<b>1 módulo</b>	<b>1 módulo</b>	<b>04</b>
06	<b>Montagem da cobertura metálica</b>	<b>2 dias</b>			<b>4 módulos</b>	<b>4 módulos</b>	<b>05</b>
07	<b>Fechamento vertical</b>	<b>3 dias</b>			<b>4 módulos</b>	<b>4 módulos</b>	<b>06</b>
08	<b>Piso e caixas</b>	<b>5 dias</b>		<b>1 rolo, 1 placa vibratória</b>	<b>4 módulos</b>	<b>4 módulos</b>	<b>07</b>
	preparação	2 dias		1 rolo			
	armadura	1 dia					
	concretagem	2 dias		1 placa vibratória			
09	<b>Alvenaria</b>	<b>6 dias</b>	<b>3 pedreiros e 3 serventes</b>	<b>andaime</b>	<b>2 módulos</b>	<b>2 módulos</b>	<b>08</b>
10	<b>Pintura</b>	<b>1 dia</b>			<b>2 módulos</b>	<b>2 módulos</b>	<b>09</b>

Figura 5.35: Dimensionamento da capacidade de recursos

Como os projetos estavam sendo executados de forma concorrente com a etapa de execução do empreendimento, algumas questões ainda não podiam ser definidas, como, por exemplo, a contratação da mão-de-obra para piso e pintura, sendo a produtividade destes fornecedores estimada com auxílio do engenheiro e do mestre-de-obras do empreendimento. A Figura 5.35 apresenta informações relativas à mão-de-obra necessária para execução dos processos, equipamentos a serem utilizados, duração, lotes de produção, lotes de transferência e processos precedentes.



### 5.3.5 Definição da estratégia de ataque do empreendimento

O lote de produção a ser executado nos primeiros processos era composto por três módulos, sendo esta configuração mantida até o início da montagem da cobertura que foi realizada em lotes de quatro módulos devido a detalhes de montagem na estrutura de contraventamento.

Com relação aos blocos e estacas, a trajetória dos processos foi definida em uma reunião, com a participação dos pesquisadores, do engenheiro e do mestre-de-obras, na qual os projetos foram analisados e discutidos. No entanto, devido a indefinições no projeto relativas à construção de um mezanino, as estacas localizadas em uma das extremidades dos módulos 1, 2 e 3 não podiam ser executadas até que as interferências fossem solucionadas (Figura 5.36).

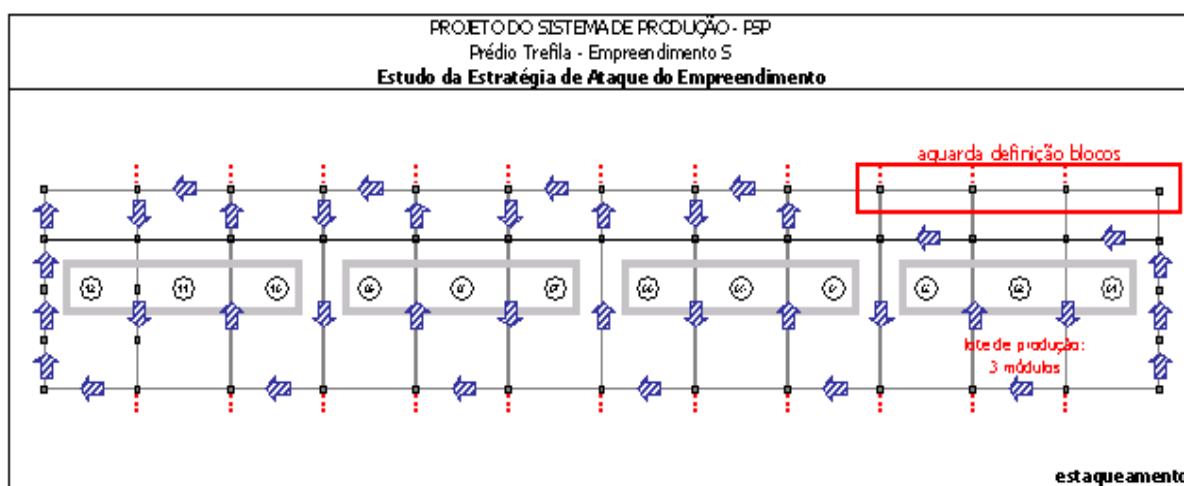


Figura 5.36: Estratégia de ataque – estaqueamento

Com relação ao planejamento da execução das estacas e dos blocos, foram encontradas interferências no solo (como por exemplo, tubulações enterradas que não estavam identificadas no projeto), que modificaram a trajetória determinada inicialmente para este processo.

Outro fator que contribuiu para a realização dos blocos fora do prazo, da seqüência e da trajetória planejados foi a ausência de projeto, visto que nem todos tinham sido definidos. Assim, foram priorizados aqueles que estavam com os projetos disponíveis.

### **5.3.6 Estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento**

Com a seqüência de execução e o dimensionamento da capacidade dos recursos definidos, os pesquisadores executaram o estudo dos fluxos de trabalho, cuja ferramenta utilizada foi a linha de balanço. O estudo foi apresentado aos engenheiros e ao mestre-de-obras, em reunião, que analisaram a linha de balanço e sugeriram algumas modificações referentes aos prazos de execução. Após isso, a linha de balanço foi modificada e aprovada em nova reunião com os mesmos participantes.

O primeiro estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento havia determinado como data de início das atividades 14/02/05 e término 09/06/06, de forma que a obra seria concluída um mês antes do prazo final estipulado pelo cliente e previsto no planejamento de longo prazo da empresa. Entretanto, houve um atraso nas definições referentes ao projeto arquitetônico, o que atrasou a montagem da estrutura pré-fabricada. Assim, novas reuniões foram realizadas para o estudo dos fluxos de trabalho, em que foi estabelecido um novo prazo para a execução do Setor Trefila, que foi concluído em setembro de 2005.

Na linha de balanço (Figura 5.37), o tempo existente entre os processos de execução dos blocos e a montagem da estrutura metálica corresponde à espera prevista para as definições de projeto relacionadas à estrutura de concreto pré-fabricada.

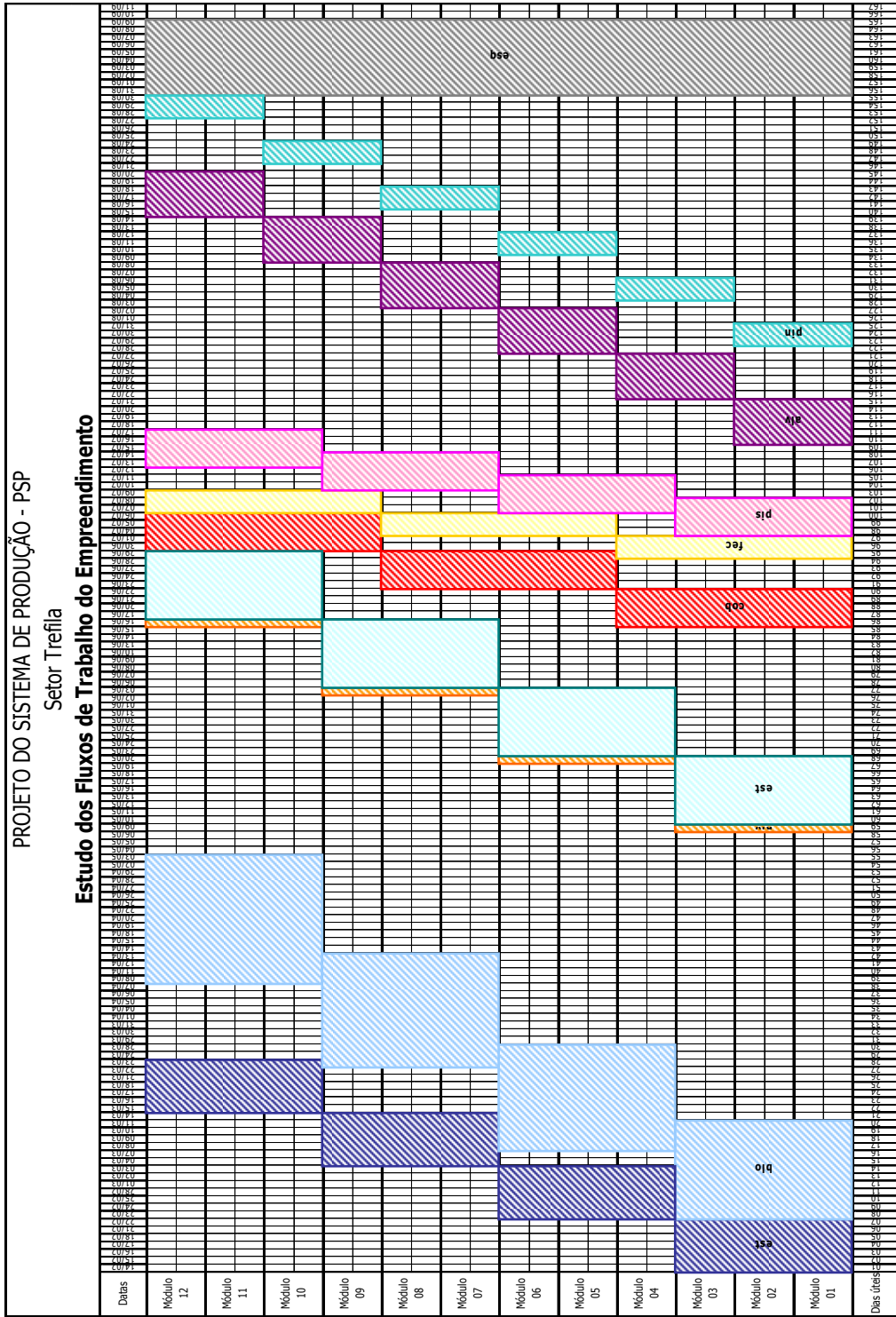


Figura 5.37: Estudo dos fluxos de trabalho – Setor Trefila

### 5.3.7 Estudo de processos críticos

Ao longo do desenvolvimento do empreendimento, a pesquisadora realizou um estudo do processo de montagem da estrutura pré-fabricada. Este processo foi considerado crítico, pois, além de exigir mão-de-obra qualificada, outros processos dependiam de sua conclusão para serem executados, ou seja, com a redução do tempo de montagem da estrutura pré-fabricada, os processos subseqüentes poderiam também ser antecipados.

O objetivo do estudo do processo de montagem da estrutura pré-fabricada foi detalhar o processo, reduzindo as incertezas, buscando eliminar possíveis problemas na montagem da estrutura e reduzir o tempo de execução. Duas semanas antes do início da execução da estrutura pré-fabricada, a pesquisadora entregou uma lista de verificação ao gerente de produção da empresa montadora e ao o engenheiro da obra. A lista de verificação, baseada naquela proposta por Howell e Ballard (1999), continha questões referentes a detalhes de contrato, duração dos processos, materiais necessários, interferências no local de montagem, acesso para passagem de materiais, necessidades relacionadas a segurança, seqüência de montagem das peças, quantidade de funcionários, estoque, entre outros (ver Apêndice 01).

Após o preenchimento da lista de verificação, tanto pelo engenheiro da obra quanto pelo gerente de produção da empresa montadora, a pesquisadora, o engenheiro da obra, o gerente de produção e o técnico de segurança da empresa de estrutura pré-fabricada reuniram-se a fim de definir os detalhes da seqüência de montagem, as datas para a conclusão dos processos e discutir assuntos relativos à segurança do trabalho.

A pesquisadora acompanhou o primeiro ciclo de montagem, executado nos módulos 1, 2 e 3 (Figura 5.36), com o objetivo de identificar os principais problemas e propor melhorias para o fornecedor da estrutura pré-fabricada, assim como para a empresa construtora. Foram analisados os tempos de montagem para cada lote de produção, a seqüência e duração das operações, a capacidade de produção, os equipamentos utilizados e os caminhos percorridos para a execução do processo de montagem.

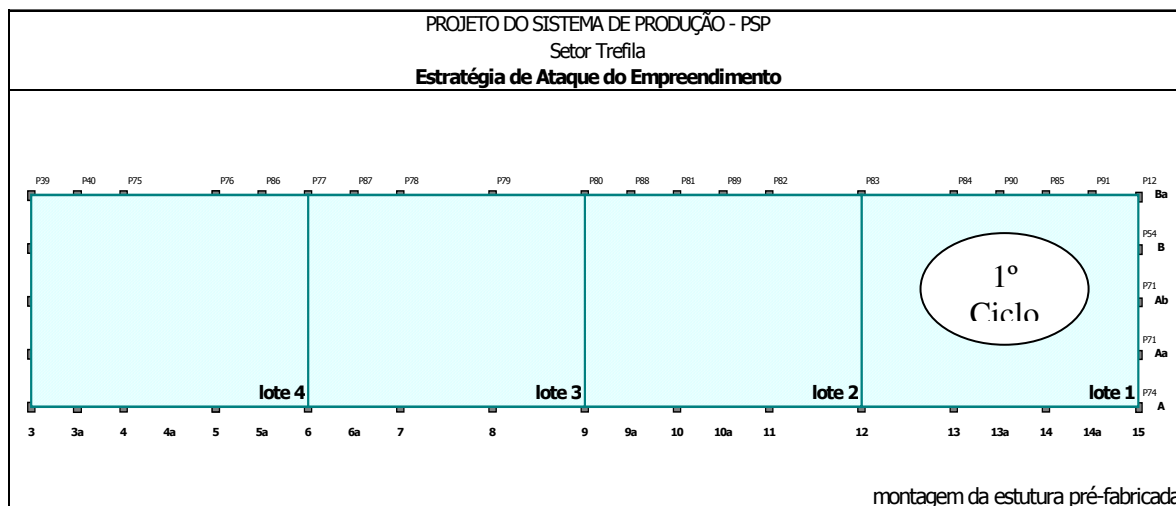


Figura 5.38: Montagem da estrutura pré-fabricada

A empresa de pré-moldados planejou montar, para cada lote de produção (três módulos), os pilares, as vigas de baldrame, as lajes do primeiro nível, as lajes do segundo nível e o fechamento com painéis, sucessivamente. Foram estipulados prazos para conclusão de cada lote de produção.

O primeiro ciclo de execução, correspondente aos módulos 1, 2 e 3, foi realizado no período de 05/07/2005 a 13/07/2005. Após a conclusão do primeiro ciclo, aconteceu uma reunião com a participação da pesquisadora, do engenheiro da obra, do gerente de produção da empresa montadora e do mestre encarregado pela montagem da estrutura pré-fabricada. A pesquisadora apresentou, então, a análise dos principais problemas que ocorreram na montagem deste ciclo e discutiram-se as soluções adequadas para ambas as partes.

A análise do tempo de montagem permitiu que se identificasse a existência de tempos ociosos na utilização dos equipamentos, assim como na equipe de funcionários. No entanto, apesar dos tempos ociosos, a empresa montadora estava cumprindo o prazo estipulado para a execução do processo. Dessa forma, a Construtora Ômega não podia interferir no processo de montagem.

A pesquisadora não continuou o estudo no segundo ciclo, pois a empresa montadora não demonstrou interesse em melhorar o ciclo de montagem, alegando que estavam executando trabalhos em várias outras obras, e que estava sendo cumprido o prazo acertado anteriormente com a Construtora Ômega.

### 5.3.8 Ferramentas de controle e visualização

O engenheiro da obra desenvolveu uma ferramenta de controle e visualização para auxiliar a execução das estacas e dos blocos de concreto (Figura 5.39). Nesta ferramenta, eram identificados os blocos concretados, os blocos em execução e os blocos que apresentavam algum tipo de interferência.

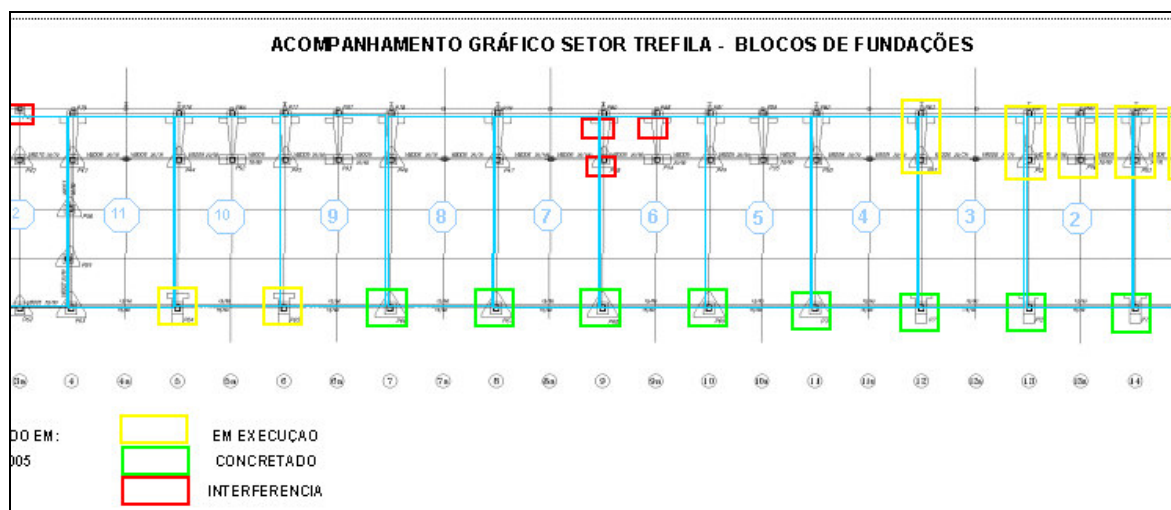


Figura 5.39: Ferramenta de controle de execução dos blocos

Observa-se que os blocos foram executados diferente do programado na estratégia de ataque (figura 5.36), devido a indefinições do cliente referente a colocação de uma ponte rolante, que interferia nos blocos da extremidade. A execução dos blocos foi concluída com atraso de 10 dias, o que não prejudicou o processo subsequente (montagem da estrutura pré-fabricada), pois ele ainda aguardava definições do cliente para iniciar a produção. As demais ferramentas desenvolvidas no estudo (linha de balanço, seqüência de execução e estratégia de ataque) foram expostas em um painel localizado no escritório da obra, que não foi fotografado porque não era permitido fazer registros desta natureza no empreendimento.

### 5.3.9 Considerações finais sobre o Estudo Empírico 2

Em entrevista, o engenheiro da obra afirmou que o PSP elaborado antes do início do empreendimento estava facilitando a visualização e o entendimento da obra como um todo, entretanto, quando as modificações e interferências começaram a acontecer, as decisões

tomadas nas reuniões de PSP começaram a ser definidas com dados incertos, que, na maioria das vezes, eram modificados antes do início dos processos.

Pode-se concluir, então, que quando o grau de definição dos projetos é muito baixo e não há dados suficientes, as reuniões com os fornecedores para antecipar decisões pode levá-los a não acreditarem no PSP. Isso porque antes mesmo que eles comecem a executar o que foi projetado, as informações são modificadas e novas reuniões para introduzir as modificações fazem-se necessárias.

Outra consideração importante está relacionada ao estudo dos processos críticos, que, neste empreendimento, foi a montagem da estrutura pré-fabricada. O objetivo do estudo era melhorar o desempenho da empresa montadora, trazendo benefícios para ela, para a empresa construtora e para o cliente. Entretanto, pode-se observar que só se deve proceder à análise dos processos críticos se todos os envolvidos tiverem objetivos em comum. Neste caso, a empresa montadora cumpriu o prazo de montagem que estipulou no início do estudo, porém, observou-se que ela poderia reduzir à metade este tempo. Entretanto, ela não tinha interesse em melhorar seu desempenho, visto que estava cumprindo com o prazo determinado e tinha outros interesses que não diziam respeito ao empreendimento estudado.

Com relação ao PCP, o PSP não auxiliou diretamente na elaboração das planilhas de médio e curto prazo, pois as datas de início de execução dos processos não foram seguidas em função das incertezas. Entretanto, a seqüência e os tempos de execução, definidos nas reuniões de PSP foram considerados no PCP.

Neste estudo, percebeu-se a importância de captar melhor os requisitos do cliente antes do início da execução do empreendimento, pois atrasos nas definições e modificações de projeto podem causar interrupções de trabalho, tempos ociosos, retrabalhos, além de dificultar o relacionamento entre os fornecedores e a construtora.

## 5.4 ESTUDO EMPÍRICO 3

### 5.4.1 Considerações iniciais

A primeira reunião de PSP realizou-se no escritório da Construtora Ômega. Estavam presentes a engenheira responsável pela obra, o estagiário da construtora e a pesquisadora. A engenheira apresentou os projetos, que foram discutidos e analisados pelos participantes.

As tecnologias a serem utilizadas no empreendimento eram tradicionais, ou seja, estrutura moldada *in loco* e alvenaria de tijolos cerâmicos. Quanto ao nível de integração vertical, a Construtora Ômega optou por terceirizar todos os serviços. O cliente não permitia que os funcionários trabalhassem nos domingos e feriados, reduzindo o tempo disponível para execução do empreendimento.

### 5.4.2 Definição da seqüência de execução do empreendimento

A partir da análise dos projetos e do prazo final de execução, foi definida a seqüência de execução dos processos a serem executados no Empreendimento Igreja (Figura 5.40).

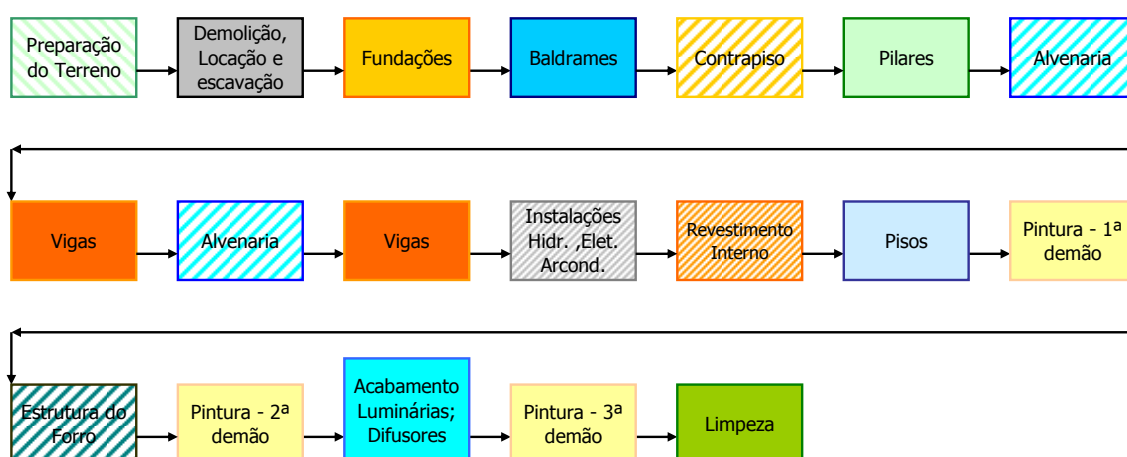


Figura 5.40: Seqüência de execução do Empreendimento Igreja



Esta definição foi realizada em reunião com a participação da pesquisadora, da engenheira responsável pelo empreendimento e do estagiário. Como a obra tinha um prazo curto para execução, seis meses, não era viável o reaproveitamento das formas das vigas e pilares. Optou-se por utilizar a alvenaria como escoramento para as vigas do primeiro e segundo nível, reduzindo o tempo a ser gasto com esperas. O cliente era muito exigente em relação ao acabamento. Diante disso, foram previstas três demãos de pintura, sendo a última realizada após o término de todos os processos.

Ao analisar os projetos para a definição da seqüência de execução, percebeu-se que existiam vigas e pilares que não tinham função estrutural. Também foram identificados conflitos entre os projetos de instalações elétricas e hidráulicas. Surgiu, nesse caso, a necessidade de conversar com o Gerente Regional e solucionar algumas dúvidas referentes aos projetos.

### **5.4.3 Identificação da unidade-base e definição da estratégia de ataque do empreendimento**

A pesquisadora e a engenheira da obra, em reunião, determinaram a estratégia de ataque do empreendimento. Assim, o Empreendimento Igreja foi dividido em três grandes áreas, sendo cada área por sua vez subdividida em quatro pequenos módulos. O critério empregado para a divisão dos módulos foi a existência de uma junta de dilatação que separava o empreendimento entre as áreas A e B (Figura 5.41).

Estão localizados nas áreas A e B salas de aula, biblioteca, salas de bispado, sanitários e sala de batismo. A área C é composta pela capela. As atividades iniciaram pela área A, seguidas pela área B e finalmente pela área C. Esta escolha foi feita devido à complexidade dos processos a serem realizados nas áreas A e B ser superior às da área C. Devido, porém, a diferenças no nível do pé direito das áreas A e B em relação ao pé direito da área C, a execução da cobertura iniciou pela área C, tendo em vista ter um pé direito superior às demais áreas. Em seguida a cobertura foi realizada nas áreas A e B.

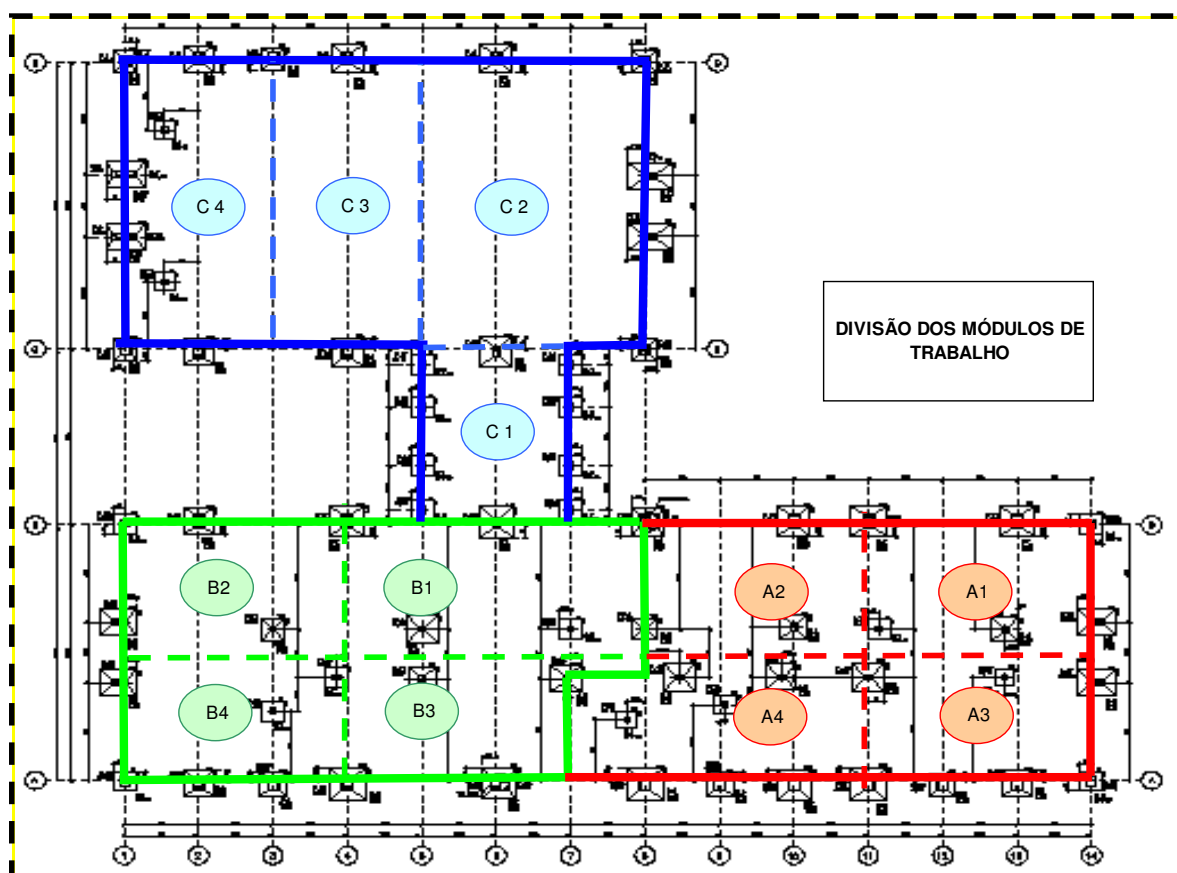


Figura 5.41: Identificação da unidade base

#### 5.4.4 Dimensionamento da capacidade de recursos de produção

Após a definição da estratégia de ataque e da divisão dos módulos de trabalho, ocorreram três reuniões que contaram com a pesquisadora, a engenheira e o estagiário da obra. A pesquisadora questionou a engenheira sobre os tempos necessários para a execução de cada processo em cada módulo. Os tempos de execução foram dimensionados de acordo com experiências anteriores da engenheira e também de informações contidas nos orçamentos de alguns fornecedores.

A pesquisadora, a engenheira, o mestre-de-obras de uma outra obra da mesma igreja, localizada em Canoas-RS, reuniram-se para dimensionar dados de estimativa de produção mais consistentes. O mestre consultado tinha 22 anos de experiência na construção de igrejas

semelhantes em diversas partes do RS. A engenheira apresentou os tempos estimados e a estratégia de ataque adotada para o empreendimento. O mestre desta obra forneceu informações, que propiciaram a reavaliação dos tempos de execução dos processos do empreendimento. Além da duração, foram dimensionados as equipes de mão-de-obra e os equipamentos necessários para a execução de cada processo, assim como os lotes de produção a serem executados (Figura 5.42).

PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO - PSP					
Dimensionamento da Capacidade de Recursos					
seq.	atividade	duração	recursos		lotes
			mão-de-obra	equipamentos	produção
01	Preparação do terreno e canteiro da obra	10 dias			12 módulos
02	Fundações/Aterro	5 dias	8 carpinteiros, 5 serventes, 3 ferreiros	Retroescavadeira e ferramentas de mão	4 módulos
03	Vigas baldrame	6 dias	8 carpinteiros, 5 serventes, 3 ferreiros	Ferramentas de mão	4 módulos
04	Contrapiso	2 dias	3 pedreiros, 3 serventes	Ferramentas de mão	4 módulos
05	Pilares	6 dias	4 carpinteiros, 2 serventes, 3 ferreiros	Ferramentas de mão, andaime	4 módulos
06	Alvenaria 1º nível	6 dias	5 pedreiros, 5 serventes	Ferramentas de mão, betoneira	4 módulos
07	Vigas 1º nível	6 dias	6 carpinteiros, 3 serventes, 3 ferreiros	Ferramentas de mão, andaime	4 módulos
08	Alvenaria 2º nível	4 dias	4 pedreiros, 4 serventes	Ferramentas de mão, andaime e betoneira	4 módulos
09	Vigas 2º nível	4 dias	6 carpinteiros, 3 serventes, 3 ferreiros	Ferramentas de mão e andaime	4 módulos
10	Instalações elétricas	5 dias			4 módulos
11	Revestimento	7 dias	8 pedreiros, 8 serventes	Ferramentas de mão, betoneira	4 módulos
12	Piso	6 dias	3 pedreiros, 1 azulejista, 4 serventes	Ferramentas de mão	4 módulos
13	Pintura	8 dias			4 módulos
14	Forro	5 dias			4 módulos
15	Acabamentos e pintura 2º demão	6 dias			4 módulos
16	Pintura 3º demão	5 dias			4 módulos
17	Limpeza final	3 dias			6 módulos

Figura 5.42: Dimensionamento da capacidade de recursos

### 5.4.5 Estudos dos fluxos de trabalho do empreendimento

Os estudos dos fluxos de trabalho, detalhados nos próximos itens, foram realizados tanto para a área interna quanto para a área externa do Empreendimento Igreja.

#### 5.4.5.1 Estudo dos fluxos de trabalho da área interna do Empreendimento Igreja

Como citado no item 4.8, a realização do PSP no empreendimento foi paralisada durante o período em que a prefeitura avaliava os projetos. Em agosto de 2005, quando se retomaram os trabalhos, a Construtora Ômega optou por contratar os serviços iniciais (estrutura e alvenaria) de uma empresa de propriedade do mestre-de-obras que havia sido consultado, no início do estudo, para estimar os tempos de execução dos processos. Esta decisão levou em consideração a experiência do profissional em obras anteriores, visto que a construtora tinha maior preocupação em cumprir o prazo de entrega, pois a partir desta obra, dependeriam outras concorrências a serem realizadas.

Um novo engenheiro foi contratado para assumir a execução do empreendimento. O estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento foi realizado pela pesquisadora, com auxílio do engenheiro responsável pela obra e do fornecedor dos serviços de estrutura e alvenaria. Este estudo foi explicado por meio de uma linha de balanço, apresentada na Figura 5.43. Após a elaboração da linha de balanço, houve uma reunião com a participação do engenheiro da obra, do fornecedor de estrutura e alvenaria e da pesquisadora, que teve como finalidade analisá-la e submetê-la à aprovação.

Para o estudo dos fluxos de trabalho, inicialmente tentou-se detalhar os processos, separando o processo de fundações, vigas baldrame, pilares e vigas, em forma, ferragem e concretagem. Entretanto, observou-se que, devido à ausência de repetitividade e incertezas, a melhor solução era não detalhá-los e trabalhar com o lote de produção por áreas.

Para o Empreendimento Igreja, foram previstas duas etapas de PSP. Na primeira, o estudo teve foco no detalhamento e discussão dos processos iniciais até o de alvenaria, pois o fornecedor dos serviços de estrutura e alvenaria já havia sido contratado e eles seriam realizados em, aproximadamente, metade do tempo de execução de todo o empreendimento. No processo de instalações, os tempos foram estimados com base na experiência do engenheiro da obra. Assim, a segunda fase do estudo iniciou com o processo de instalações, sendo necessária uma reavaliação dos fluxos de trabalho após a contratação dos fornecedores. A pesquisadora não participou da reavaliação do PSP para a segunda fase.

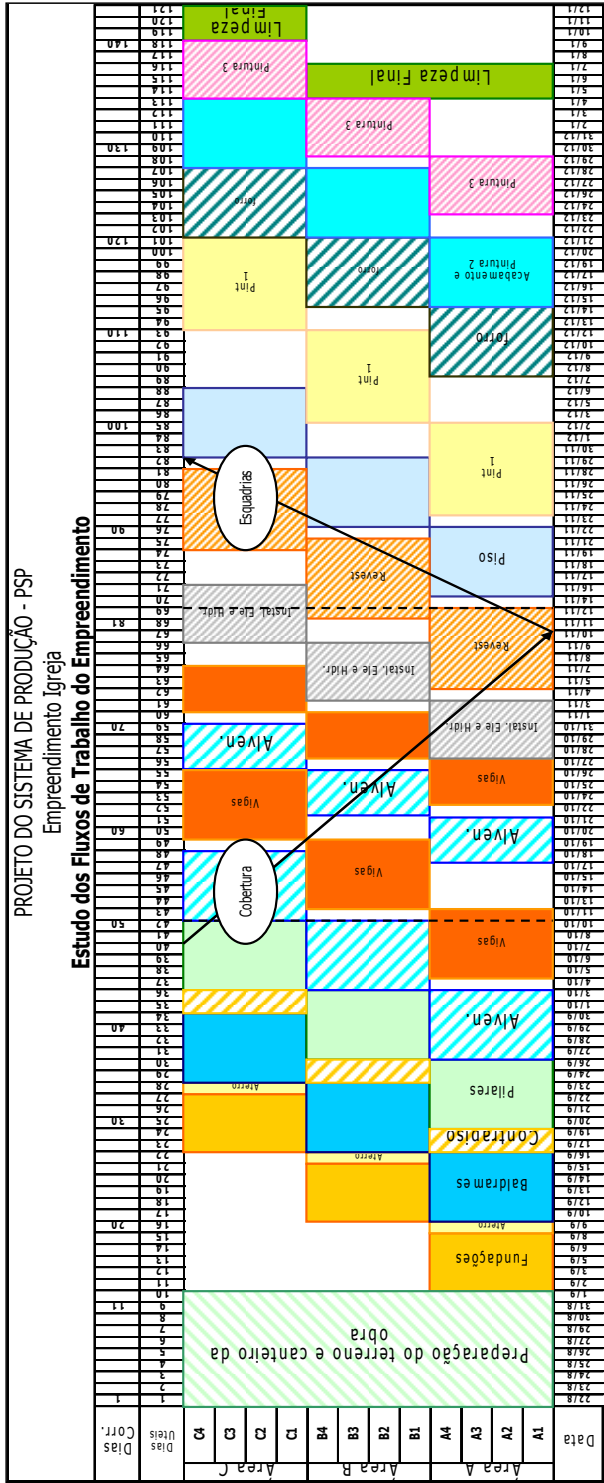


Figura 5.43: Estudo dos fluxos de trabalho do Empreendimento Igreja – área interna



Com as informações de início dos processos contidas na linha de balanço e com o *lead time* dos materiais e serviços, o engenheiro da obra pôde elaborar uma planilha de insumos iniciais para o empreendimento (Figura 5.46).

<b>PROGRAMAÇÃO DE RECURSOS</b>						
<i>Item</i>	<i>Descrição dos recursos</i>	<i>Quant.</i>	<i>Ud</i>	<i>Data de início/entrega</i>	<i>Data início cotação</i>	<i>Data da compra</i>
1	Concreto	173,00	m <sup>3</sup>	1/9/05	15/ago	22/ago
2	Mão-de-obra	1,00	vb	22/8/05	15/ago	22/ago
3	Aço com corte e dobra	14558,00	kg	1/9/05	15/ago	22/ago
4	Esquadrias de ferro	1,00	vb	10/10/05	17/set	3/out
5	Esquadrias de madeira	1,00	vb	19/10/05	17/set	11/out
6	Cobertura - Estrutura metálica + telhas	990,00	m <sup>2</sup>	19/9/05	18/ago	26/ago
7	Instalações elétricas	1,00	vb	10/10/05	17/set	3/out
8	Instalações hidrossanitárias	1,00	vb	10/10/05	17/set	3/out
9	Pintura (sistema de material + mo)	1,00	vb	28/10/05	10/out	21/out
10	Instalações de combate a incêndio	1,00	vb	10/10/05	17/set	3/out
11	Paisagismo	1,00	vb	10/10/05	20/set	1/out
12	Revestimento de granito	1,00	vb	14/10/05	4/out	14/set
13	Revestimentos cerâmicos	1,00	vb	14/10/05	4/out	30/set
14	Piso de concreto - estacionamento	1330,00	m <sup>2</sup>	10/10/05	26/set	4/out

Figura 5.46: Programação inicial dos recursos de produção

A pesquisadora também elaborou, com base no estudo dos fluxos de trabalho e com auxílio do fornecedor dos serviços de estrutura e alvenaria, o gráfico da necessidade de mão-de-obra para os processos iniciais (desde a preparação do canteiro até o término da execução das vigas do segundo nível). Assim foi possível determinar a quantidade de ferreiros, de carpinteiros, de pedreiros e de serventes que deveriam ser contratados para terminar a obra no prazo estipulado (Figura 5.47).

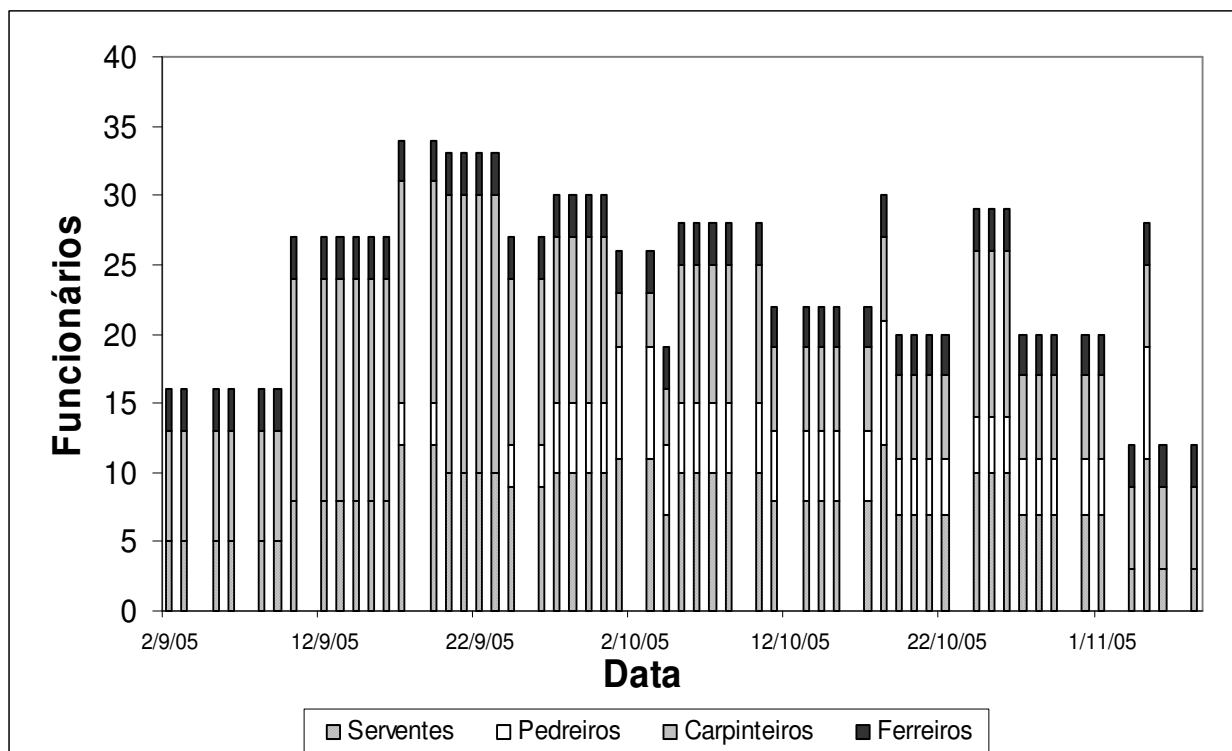


Figura 5.47: Gráfico da necessidade de mão-de-obra

Com estas informações, foi possível dimensionar o leiaute das instalações com dados mais consistentes. A Construtora Ômega também pôde avaliar se a quantidade de efetivo planejada pelos fornecedores estava sendo cumprida.

#### 5.4.6 Elaboração do *kit* de informações para os fornecedores

Em estudos realizados anteriormente, percebeu-se a necessidade de integrar os métodos de gestão dos fornecedores aos métodos de planejamento utilizados pela Construtora Ômega, pois um dos principais problemas na execução do PSP era a falta de conhecimento e integração do fornecedor ao planejamento da empresa, causando atrasos no empreendimento.

A partir do estudo do Empreendimento Igreja, foi inserido no contexto do PSP um *kit* de informações para os fornecedores. A idéia era que cada fornecedor envolvido na obra recebesse um kit contendo as informações relativas às decisões tomadas no projeto do sistema de produção do empreendimento. Desse modo, o fornecedor podia entender a obra de forma sistêmica, compreendendo que o não-cumprimento dos prazos determinados para a execução de seu processo poderia comprometer os processos subseqüentes.



Era de responsabilidade dos gerentes de produção dos fornecedores repassar as informações contidas no *kit* para os mestres encarregados pelas atividades. No caso do Empreendimento Igreja, em que as definições de prazo, seqüência de execução e fluxo dos trabalhos foram definidos antes do início do empreendimento, foi sugerido ao engenheiro que os fornecedores recebessem as informações contidas no *kit* à medida que fossem contratados, devendo ele ser discutido e avaliado por cada fornecedor, juntamente com o engenheiro da obra, adaptando as decisões tomadas antes da contratação à realidade de cada fornecedor e buscando uma melhor solução para todos os envolvidos.

O *kit* de informações para os fornecedores era composto por: tabela de seqüência de execução dos processos, planta com a divisão dos módulos de trabalho, definição da estratégia de ataque do empreendimento, estudos dos fluxos de trabalho (linhas de balanço e gráfico de barras), previsão da necessidade de mão-de-obra e lista de verificação das atividades (a mesma utilizada para o estudo do processo de montagem da estrutura pré-fabricada do Estudo Empírico 2, descrita no item 5.3.7).

#### **5.4.7 Considerações finais sobre o Estudo Empírico 3**

Analisaram-se várias dúvidas sobre o projeto e sobre a forma de execução do empreendimento na elaboração do PSP e buscou-se encontrar uma solução eficaz para o sistema de produção. A pesquisadora e a engenheira apresentaram para o cliente as ferramentas desenvolvidas no PSP. Ele pôde, então, ter uma idéia de como a obra seria executada. Percebeu-se que, quanto mais o cliente se sentir seguro em relação à forma de planejamento do empreendimento, melhor será a sua percepção em relação à construtora, o que pode contribuir para aumentar as chances de contratação da empresa em próximos empreendimentos.

Com o PSP sendo elaborado na fase de contratação, pôde-se ter um plano de longo prazo melhor estruturado e mais exeqüível, pois o tempo de execução dos processos, o tempo de ciclo dos produtos e o fluxo e trajetória dos processos são analisados antes do início do empreendimento, o que beneficia a elaboração dos planejamentos de médio e curto prazo.

Este estudo também propôs uma nova maneira de envolver o fornecedor. Neste empreendimento, o PSP foi realizado antes da contratação dos fornecedores. Dessa forma, eles (exceto o fornecedor de estruturas e alvenaria) não estavam presentes na tomada das decisões. Entretanto, à medida que os fornecedores são contratados, a empresa deve discutir as decisões anteriores, referentes a seus processos, estabelecendo uma relação de cooperação mútua, de forma que ambas as partes sejam beneficiadas com o PSP. É importante ressaltar que as decisões não devem ser impostas aos fornecedores, mas sim sugeridas.

## 5.5 ESTUDO EMPÍRICO 4

### 5.5.1 Considerações iniciais

O Estudo Empírico 4 foi realizado na fase de orçamento do Empreendimento Fábrica T. Caso a Construtora Ômega fosse contratada, existia a possibilidade de ampliar o escopo de contratação do empreendimento, o que permitia aditivos de contrato.

O estudo foi realizado em um período de 15 dias, em que a pesquisadora trabalhou junto com o gerente de contrato e o diretor de engenharia da Construtora Ômega. Os responsáveis pelo orçamento participaram do estudo na reunião inicial, fornecendo informações sobre as características do empreendimento.

A Construtora Ômega não tinha conhecimento da forma de gestão e planejamento do Empreendimento Fábrica T, o que dificultou as tomadas de decisões referentes à sua construção. A Construtora não ganhou a concorrência para execução do Empreendimento Fábrica T, por isso, as decisões tomadas no PSP na fase de orçamento não foram colocadas em prática.

### 5.5.2 Definição da seqüência de execução do empreendimento

A definição da seqüência de execução do Empreendimento Fábrica T foi relativamente simples, devido ao reduzido número de processos relacionados ao escopo da Construtora

Ômega. Entretanto, o prazo para a conclusão do empreendimento era de 90 dias, o que exigia um maior esforço no planejamento.

A pesquisadora e o gerente de contratos da Construtora Ômega definiram a seqüência de execução em uma reunião (Figura 5.48). Neste encontro, a pesquisadora questionou o gerente de produção sobre o nível de integração vertical e sobre as tecnologias a serem utilizadas para a realização do empreendimento. Após a análise dos projetos e dos processos, delimitou-se a seqüência de execução, que foi a mesma para todos os prédios a serem executados.

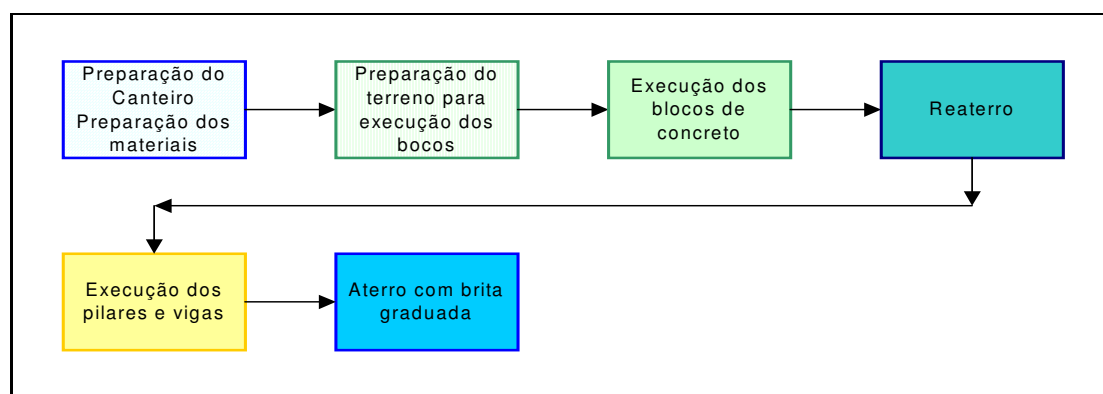


Figura 5.48: Seqüência de execução do Empreendimento Fábrica T

### 5.5.3 Identificação da unidade-base

Na mesma reunião em que se determinou a seqüência de execução dos processos, identificou-se a unidade-base do empreendimento. Esta divisão foi feita tendo com base as discussões entre a pesquisadora e o gerente de contratos da Construtora Ômega.

Como descrito no item 4.9.1, o empreendimento era composto pelo prédio do escritório, fábrica, pintura, montagem de pneus, utilidades, guarita de veículos, guarita de caminhões, prédio de resíduos, área de lazer e áreas externas. No entanto, uma considerável parte do escopo da obra era composto pelo prédio da fábrica. Assim, ele foi subdividido em seis módulos de produção (Figura 5.51) e os demais prédios foram considerados um módulo cada.

### 5.5.4 Dimensionamento da capacidade de recursos de produção

Para dimensionar a capacidade de recursos de produção, os gerentes de contrato e o gerente de produção estimaram a duração de cada processo, assim como a mão-de-obra e os equipamentos necessários para executá-los (Figura 5.49).

<b>PRÉDIOS A, B e P</b>					
Seq	Atividade	Duração	Recursos		Produção aproximada
			mão-de-obra	equipamentos	
1	Preparação do canteiro e deslocamento de materiais	15 dias	Serventes		***
2	Preparação do terreno para blocos de concreto	34 dias	Serventes	Betoneira	20 blocos/ dia
3	Execução dos blocos de concreto	60 dias	Carpinteiros, Ferreiros e	Serra circular, Makita	10 blocos / dia
4	Reaterro dos blocos	24 dias	Serventes		20 blocos/dia
5	Execução dos pilares	37 dias	Serventes, Guincheiro	Guincho	10 pilares/ dia
6	Aterro com brita Graduada	36 dias	Servente		***
<b>PRÉDIOS C, D, E, F, G, I e Z</b>					
Seq	Atividade	Duração	Recursos		Produção aproximada
			mão-de-obra	equipamentos	
1	Preparação do canteiro e deslocamento de materiais	21 dias	Serventes		***
2	Preparação do terreno para blocos de concreto	18 dias	Serventes	Betoneira	20 blocos/ dia
3	Execução dos blocos de concreto	23 dias	Carpinteiros, Ferreiros e	Serra circular, Makita	10 blocos / dia
4	Reaterro dos blocos	13 dias	Serventes		20 blocos/dia
5	Execução dos pilares	18 dias	Serventes, Guincheiro	Guincho	10 pilares/ dia
6	Aterro com brita Graduada	19 dias	Servente		***

Figura 5.49: Dimensionamento da capacidade de recursos de produção

O dimensionamento da capacidade de recursos foi realizado em uma reunião em que a pesquisadora questionou o gerente de contratos e o gerente de produção sobre a duração, mão-de-obra, equipamentos necessários e a produção aproximada para cada processo definido anteriormente na seqüência de execução do empreendimento.

### 5.5.5 Definição da estratégia de ataque do empreendimento

Na mesma reunião em que foi pré-dimensionada a capacidade de recursos de produção, a pesquisadora consultou os engenheiros sobre a localização dos prédios no terreno. O gerente de contrato disse-lhe que esta informação não tinha sido liberada pela empresa responsável pela contratação dos serviços. Era possível, porém, identificar que os prédios do escritório, pintura e fábrica estavam localizados próximos uns aos outros.

A pesquisadora e o gerente de contratos propuseram a estratégia de ataque do empreendimento. De acordo com o planejado, os prédios da fábrica, do escritório e da pintura, que representavam mais da metade do escopo da obra, seriam executados inicialmente. Após trinta dias, a execução dos demais prédios seria iniciada.

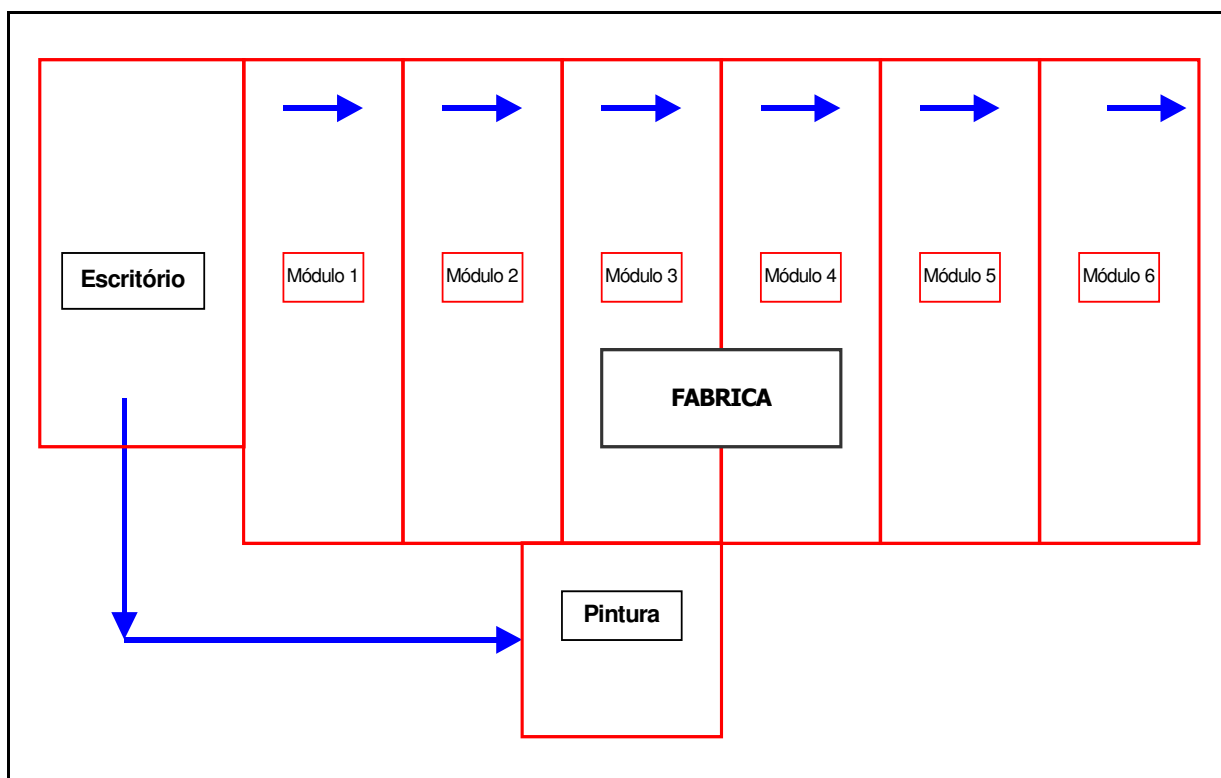


Figura 5.50: Estratégia de ataque dos prédios da fábrica, do escritório e da pintura.

Na Figura 5.50, está representada a estratégia de ataque adotada para os prédios da fábrica, do escritório e da pintura. A execução do empreendimento deveria iniciar pela fábrica, seguida pelo prédio do escritório e, por último, viria o prédio da pintura.

Os demais prédios seriam construídos de acordo com a seguinte seqüência: (a) montagem de pneus; (b) utilidades; (c) guarita de veículos; (d) resíduos; (e) área de lazer e área externa. Esta seqüência estava sujeita a modificações, visto que havia sido definida sem muitos detalhes de projeto.

### **5.5.6 Estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento**

Com as informações obtidas anteriormente, a pesquisadora realizou o estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento e, em seguida, discutiu o resultado do estudo em reunião com o gerente de contrato (Figura 5.51 e 5.52).

O estudo dos fluxos de trabalho foi realizado com base no prazo final da obra e os processos não foram detalhados em virtude da ausência de maiores informações de projeto.

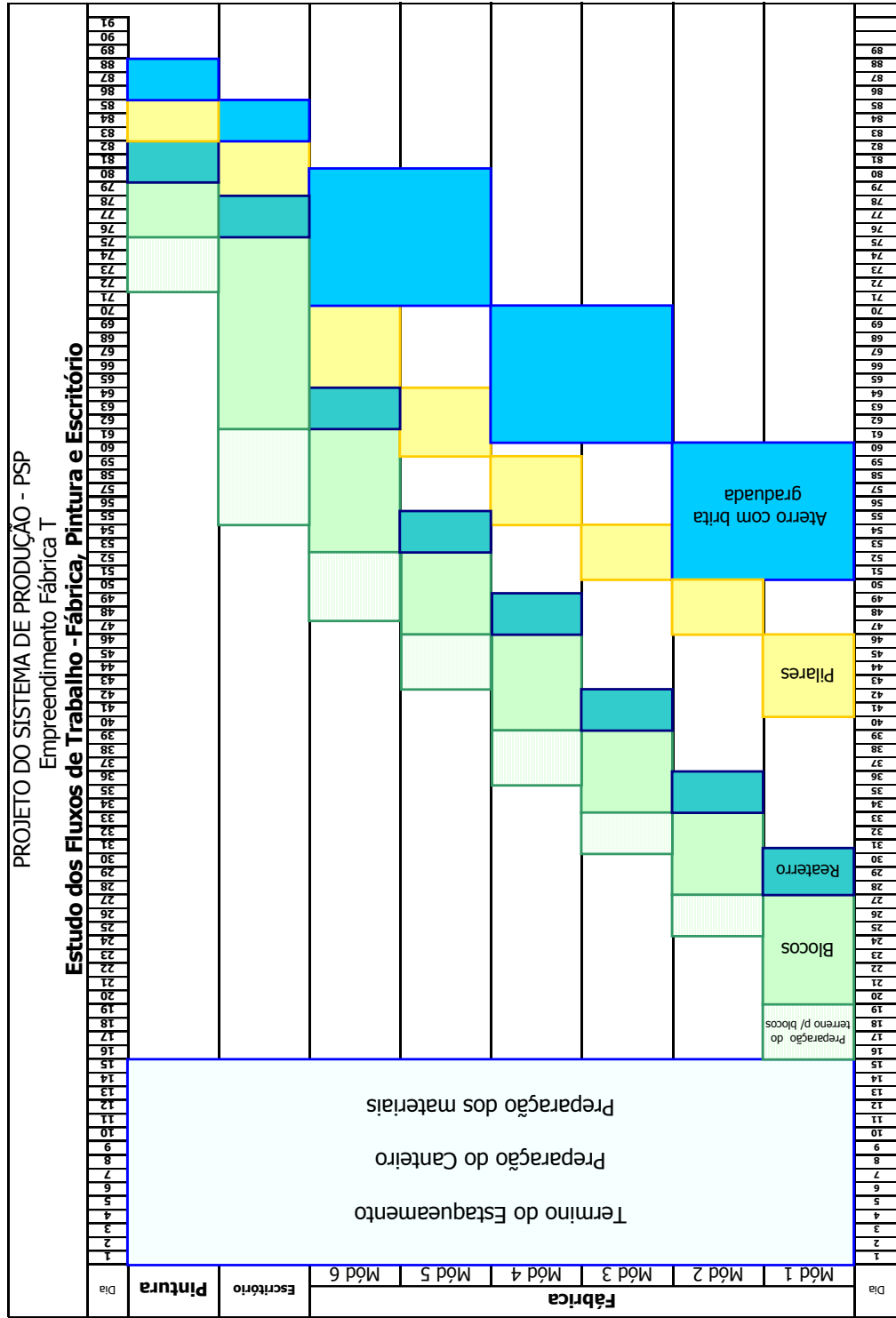


Figura 5.51: Estudo dos fluxos de trabalho – fábrica, escritório e pintura

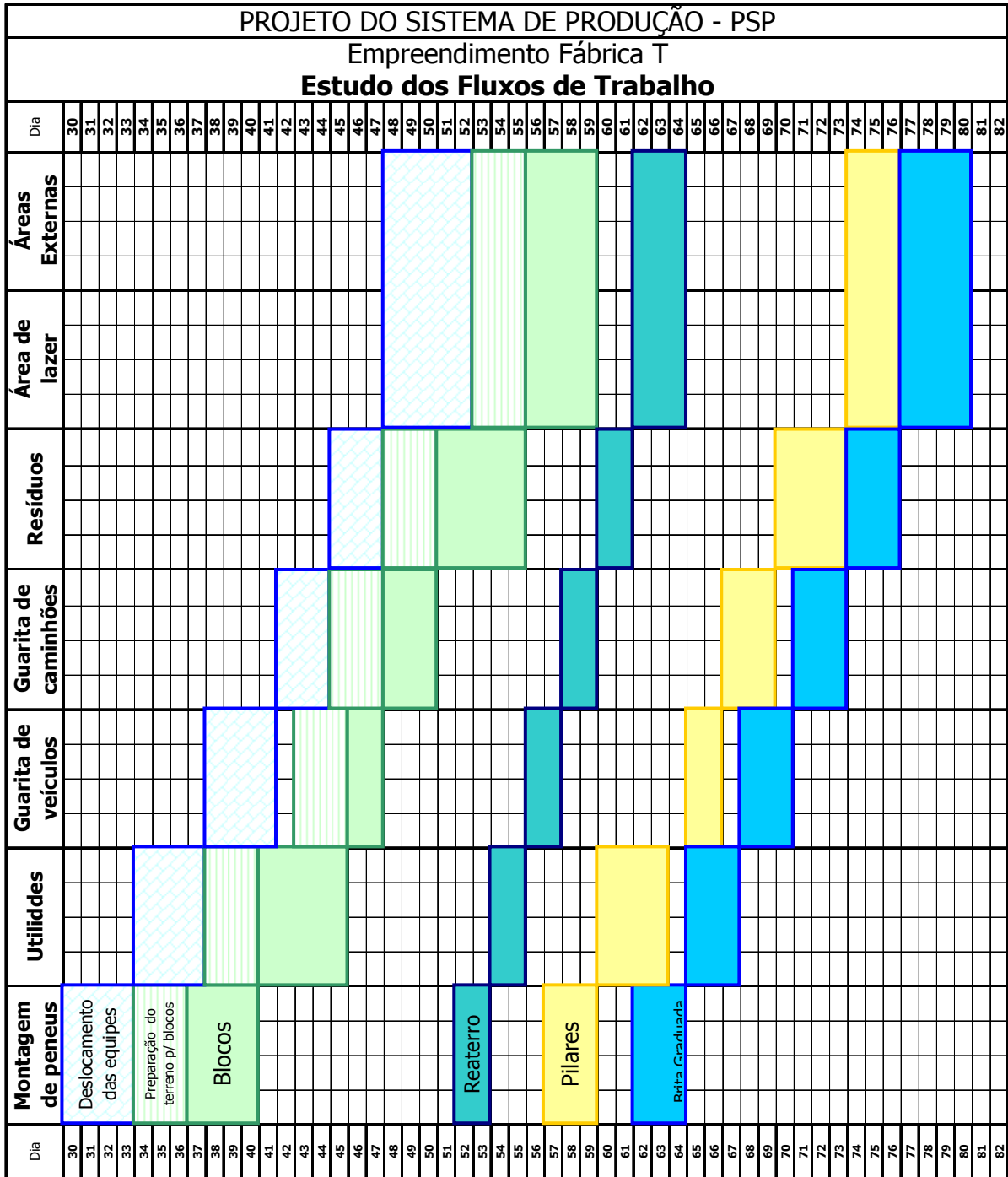


Figura 5.52: Estudo dos fluxos de trabalho dos prédios de montagem de pneus, utilidades, guarita de veículos, guarita de caminhões, resíduos, área de lazer e áreas externas.



### **5.5.7 Considerações finais sobre o Estudo Empírico 4**

As ferramentas relacionadas ao projeto do sistema de produção (PSP) adicionadas à proposta de orçamento do empreendimento Fábrica T foram: definição da seqüência de execução (Figura 5.48), dimensionamento da capacidade de recursos (Figura 5.50), definição da estratégia de ataque (Figura 5.51) e o estudo dos fluxos de trabalho (Figuras 5.52 e 5.53).

Realizar o PSP na fase de orçamento auxiliou a compreender melhor o projeto e a visualizar como ele seria construído e desenvolvido. As decisões foram tomadas com base na experiência dos engenheiros. Entretanto, a existência de fornecedores que participem das discussões na fase de orçamento é fundamental, pois eles podem prestar esclarecimentos, possibilitando um conhecimento antecipado dos projetos e dos trabalhos a serem realizados, além de auxiliar na identificação de melhores soluções para a execução do empreendimento.

O PSP realizado na fase de orçamento não deve analisar os processos de forma detalhada, pois nesta etapa os projetos ainda são bastante incertos e não estão bem definidos. O PSP deve ser reavaliado após a contratação da empresa e também em grandes etapas do empreendimento.

A realização do PSP na fase de orçamento pode antecipar decisões que geralmente são tomadas após o início do empreendimento, assim como agregar valor aos serviços a serem prestados pela empresa, visto que, além do orçamento, apresenta-se um planejamento inicial do sistema de produção e uma forma de controle (PCP). Além disso, pode-se dar ao cliente informações claras, com auxílio da linha de balanço, sobre os processos a serem desenvolvidos ao longo do empreendimento.

## **5.6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

### **5.6.1 Modelo de PSP proposto para empreendimentos complexos**

Com base no referencial teórico e nos estudos realizados, foi desenvolvido um modelo de projeto do sistema de produção, levando-se em consideração as características complexas dos empreendimentos. Com relação aos estudos efetuados, a Figura 5.53 apresenta o escopo de

decisões que fez parte do projeto do sistema de produção para cada empreendimento, Observa-se que a captação das necessidades dos clientes só aconteceu no estudo empírico 3, pois percebeu-se a necessidade de promover esta etapa por causa das ponderações que se fizeram nos estudos anteriores.

	Estudo Exploratório	Estudo Empírico 1	Estudo Empírico 2	Estudo Empírico 3	Estudo Empírico 4
Captação das necessidades dos clientes				X	
Definição da seqüência de execução das atividades	X	X	X	X	X
Definição da unidade-base	X	X	X	X	X
Dimensionamento da capacidade de recursos	X	X	X	X	X
Estudo dos fluxos de trabalho	X	X	X	X	X
Estudo dos processos críticos	X		X		

Figura 5.53: Escopo de decisões do PSP para cada estudo realizado

O estudo dos processos críticos não foi desenvolvido no Estudo Empírico 1, pois a obra teve um curto prazo de execução e os processos não necessitavam de maiores detalhes. No Estudo Empírico 3, a execução do empreendimento não foi acompanhada pela pesquisadora, entretanto a montagem da cobertura representava um processo crítico, com possibilidade de ser avaliado posteriormente.

Assim, para a elaboração do projeto do sistema de produção no contexto de obras complexas são propostas seis etapas: captação das necessidades dos clientes; definição da seqüência de execução do empreendimento; definição da unidade-base; dimensionamento da capacidade de recursos de produção; estudo dos fluxos de trabalho; e estudo dos processos críticos.

As decisões estratégicas da produção são consideradas requisitos de entrada para a elaboração do projeto do sistema de produção. Os critérios competitivos adotados pela empresa devem

ser analisados antes da elaboração do PSP, de forma que este contribua para atingir os objetivos competitivos da empresa.

Bertelsen e Emminitt (2005) e Williams (2002) atentam para a importância da captação das necessidades dos clientes na gestão de empreendimentos complexos. Diante disso, os requisitos do cliente, ou seja, as informações referentes à qualidade esperada, prazo de entrega, tecnologias utilizadas, custo, flexibilidade, entre outras, também são requisitos de entrada para a elaboração do PSP.

As decisões tomadas em cada etapa do modelo podem ser definidas em nível estratégico ou tático e servem como informações de entrada para a tomada de decisões operacionais, principalmente no processo de planejamento e controle da produção. A Figura 5.54 apresenta as principais definições estratégicas e táticas que devem ser obtidas para cada etapa do PSP.

Etapas do Modelo de PSP para Obras Complexas	Principais Definições	
	Nível Estratégico	Nível Tático
<b>Definição da seqüência de execução do empreendimento</b>	Nível de integração vertical; capacidade; tecnologias; entrega	Interdependência entre as atividades; tempo de ciclo, ritmo
<b>Definição da unidade-base</b>	Critérios de entrega e rapidez; decisões relacionadas a instalações	Tamanho dos lotes de produção
<b>Dimensionamento da capacidade de recursos</b>	Nível de integração vertical; seleção de equipamentos; definição de sistemas gerenciais	Quantidade e tamanho das equipes; equipamentos e materiais, <i>lead time</i> dos materiais; tempo de execução
<b>Estudo dos fluxos de trabalho</b>	Critérios de entrega e rapidez	Identificação do gargalo; definição dos ritmos de produção

Figura 5.54: Decisões – PSP para empreendimentos complexos

Considerando as características complexas dos empreendimentos, como, por exemplo, alto grau de incertezas, grande número de partes envolvidas e elevada interdependência entre os processos, torna-se inviável detalhar todas as decisões no seu início. Conforme citado por Bertelsen (2003b), o PSP deve ser executado de forma co-evolutiva, detalhando os processos

com a aquisição das informações. Desse modo, o PSP deve ser elaborado de acordo com as fases do empreendimento:

- a) fase de orçamento e contratação: nesta fase, deve-se elaborar o PSP para todo o empreendimento, sendo as decisões amplas e pouco detalhadas. Assim, com as informações disponíveis, devem-se realizar reuniões para captar as necessidades dos clientes, definir a seqüência de execução do empreendimento, dividi-lo em unidades de produção, determinar uma estratégia de ataque inicial, dimensionar a capacidade dos recursos de produção (com base na experiência dos engenheiros e mestres); fazer um estudo prévio dos fluxos de trabalho e identificar os possíveis processos críticos que devam ser analisados posteriormente;
- b) fase inicial da obra: é preciso reavaliar as decisões tomadas na fase de orçamento e contratação, com base em novas informações que surgirem. Para o estudo dos fluxos de trabalho e o dimensionamento da capacidade de recursos, devem-se detalhar somente os processos iniciais do empreendimento, ou seja, aqueles que já tenham seus fornecedores contratados ou que tenham seus projetos definidos. Os demais processos devem ser previstos, baseado em experiências anteriores, com poucos detalhes. Os processos críticos, que fizerem parte dos processos iniciais, devem ser estudados, visando a identificar interferências e melhorar o processo produtivo;
- c) etapas do empreendimento: devido às incertezas dos empreendimentos complexos, as fases do PSP precisam ser reavaliadas após o início do empreendimento, ou seja, é necessário dividir o PSP em etapas, que podem ser definidas depois que os fornecedores forem contratados ou a partir de novas definições nos projetos. Para cada etapa, a capacidade dos recursos de produção deve ser reavaliada, acrescentando-se informações referentes a modificações de projeto, novos prazos para conclusão, entre outros. Os fluxos de trabalho dos processos que ainda não foram executados também devem ser reavaliados.

O modelo para elaboração do projeto do sistema de produção para empreendimentos complexos é apresentado na Figura 5.55 e, assim como apresentado no modelo proposto por Schramm (2004), nos empreendimentos complexos as decisões não são tomadas de forma linear, sendo que modificações em uma etapa podem levar a modificações nas etapas anteriores.

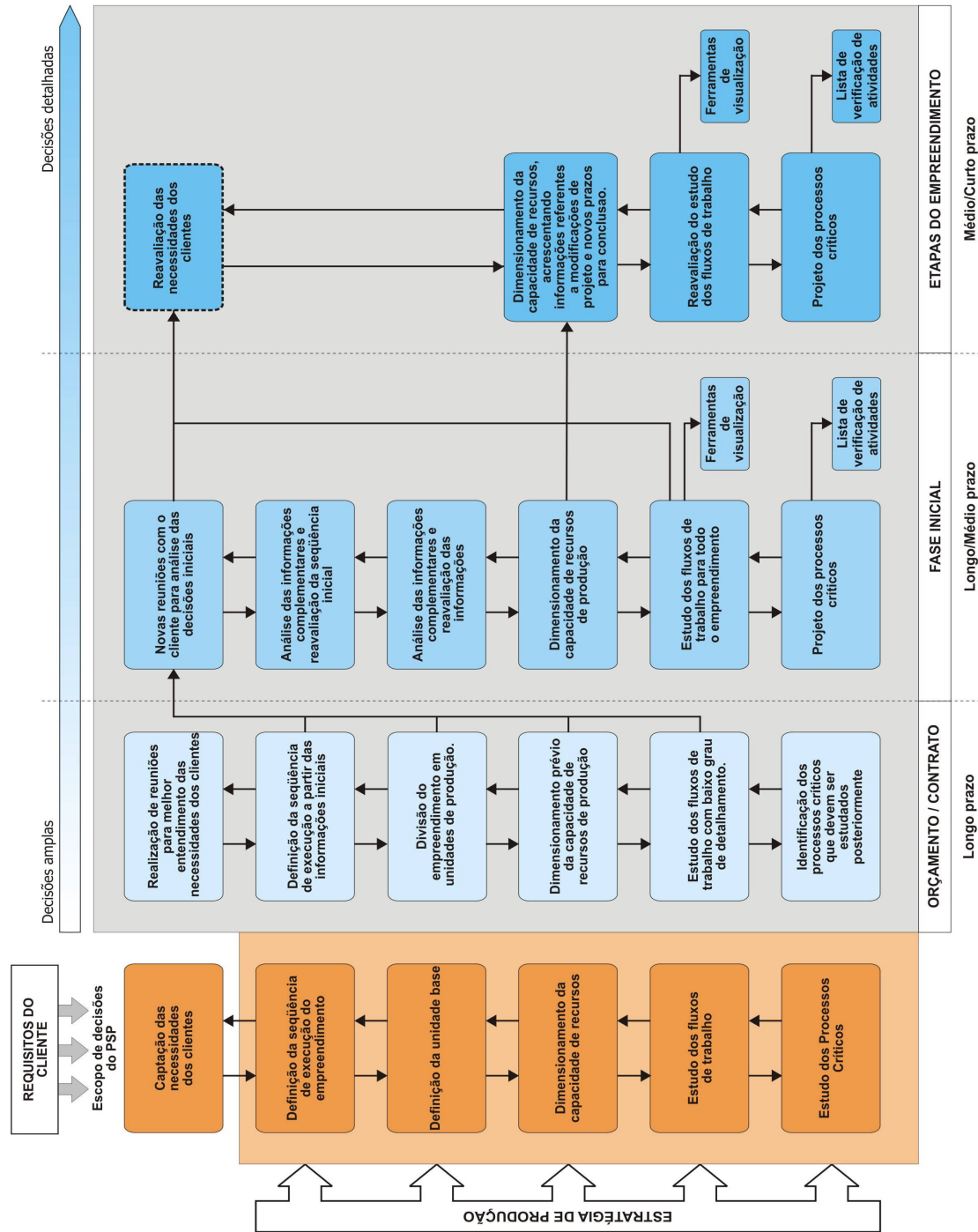


Figura 5.55 – Modelo de PSP para empreendimentos complexos

De acordo com o modelo proposto nesta pesquisa, a captação das necessidades dos clientes ocorre, principalmente, nas fases de orçamento, contratação e na fase inicial empreendimento, e eventualmente as necessidades dos clientes são reavaliadas nas etapas do empreendimento. Com relação a definição da seqüência de execução e da unidade-base do empreendimento, estas devem ser realizadas na fase de orçamento e contratação, e reavaliadas na fase inicial, não sendo necessário novas revisões.

Diferente do modelo de PSP apresentado por Schramm (2004) para empreendimentos habitacionais de interesse social, para os empreendimentos complexos propõe-se um modelo em que o PSP leva em consideração a necessidade de captação das necessidades dos clientes como uma importante etapa para a sua elaboração. Além disto, no modelo apresentado por Schramm (2004) a elaboração do PSP deve ocorrer antes do início da execução do empreendimento. Já no modelo apresentado nesta pesquisa, o PSP deve ter início antes da execução do empreendimento, devendo, entretanto, ser reavaliado ao longo de sua execução, devido ao maior grau de incerteza dos empreendimentos complexos em relação aos empreendimentos habitacionais de interesse social.

A Figura 5.56 apresenta o esforço necessário para a elaboração do PSP nos empreendimentos estudados. Nota-se que, no Estudo Empírico 2, o número de reuniões é consideravelmente maior, comparando-o com os demais estudos. Isso pode ser explicado devido às modificações nos projetos, sendo necessárias algumas reuniões para reavaliar as decisões tomadas. Com relação ao Estudo Empírico 4, o número de reuniões foi inferior, pois as decisões na fase de orçamento não necessitam ser muito detalhadas, possibilitando um menor esforço na elaboração do PSP.

	Estudo Exploratório	Estudo Empírico 1	Estudo Empírico 2	Estudo Empírico 3	Estudo Empírico 4
Nº de reuniões	6 reuniões, cada uma com duração aproximada de duas horas	6 reuniões, cada uma com duração aproximada de duas horas	11 reuniões, cada uma com duração aproximada de duas horas	8 reuniões, cada uma com duração aproximada de duas horas	3 reuniões cada uma com duração aproximada de 3 horas.

Figura 5.56: Esforços necessários para realização do PSP em cada estudo realizado

Diante das diferenças entre a natureza e o grau de complexidade dos empreendimentos, não é possível determinar um número exato de reuniões necessárias para a elaboração do PSP. Entretanto, os estudos apontaram para a necessidade de uma ampla participação de pessoas

nas reuniões, incluindo tipicamente o engenheiro e o mestre-de-obras do empreendimento, os gerentes de produção dos fornecedores, os encarregados por cada processo e, em alguns casos, um representante do cliente.

#### 5.6.1.1 Captação das necessidades dos clientes

Para diminuir a incidência de modificações tardias de projeto e atender a requisitos de prazo e qualidade, as empresas devem captar as necessidades dos clientes e projetar o sistema de produção voltado para o atendimento destes requisitos. Com os estudos realizados, percebeu-se a importância de envolver o cliente no processo de elaboração do PSP de forma que sejam entendidas as conseqüências de suas decisões para a execução de todo o empreendimento.

No Estudo Empírico 2, constatou-se que as mudanças causadas pelos atrasos nas definições do cliente prejudicaram a elaboração do PSP, assim como o cumprimento das decisões tomadas e o entrosamento entre os fornecedores e a empresa construtora. Neste estudo, o cliente fez várias modificações nos projetos, o que levou a inúmeros adicionais de contrato e a uma ampliação do prazo de conclusão da obra.

O gerente de contrato da Construtora Ômega afirmou em entrevista que, mesmo com os adicionais de contrato, as modificações e interferências dos clientes no projeto têm um impacto negativo para a empresa, pois, além de passar a impressão de que ela está atrasando a entrega do empreendimento, os adicionais de contrato normalmente não remuneram a empresa o suficiente para cobrir as conseqüentes despesas com as modificações. Por isso, a captação das necessidades do cliente deve ser realizada desde o início do envolvimento da empresa construtora com o mesmo, se possível desde as fases de orçamento e de contrato do empreendimento. Entretanto, como visto no Estudo Empírico 4, o cliente pode ter dificuldade em comunicar suas necessidades. Assim, a empresa deve desenvolver competências para a captação de requisitos, instigando o cliente a realizar algumas decisões críticas de forma antecipada.

O cliente também pode participar de decisões e ser consultado sobre sua satisfação em relação às decisões tomadas no PSP. No Estudo Empírico 3, por exemplo, ele foi consultado após a realização do primeiro estudo dos fluxos de trabalho. Nesta ocasião, foram apresentadas as

etapas do PSP realizadas até aquele momento, e ele expressou sua opinião sobre o cumprimento do prazo e a realização dos processos. Este tipo de participação é importante sobretudo quando a obra é realizada no local em que o cliente desenvolve suas atividades regulares.

Em alguns empreendimentos, como, por exemplo, os empreendimentos H-POA1 e H-POA2, são vários os envolvidos na tomada de decisões (médicos, enfermeiros, administradores, usuários, entre outros). Nestes casos, tentar agrupar os requisitos de todos os clientes é a melhor forma de minimizar as incertezas de projeto e as possíveis modificações. Este agrupamento pode ser alcançado, promovendo-se reuniões com os principais clientes envolvidos nas quais se incentive a antecipação das decisões.

A seguir são apresentados alguns dos requisitos que devem ser captados antes da realização do PSP, que são itens importantes para a sua elaboração:

- a) requisitos de entrega, ou seja, o prazo final para entrega do empreendimento e como o cliente deseja receber a obra (por partes ou totalmente terminada);
- b) requisitos de qualidade: a empresa deve captar os requisitos de qualidade exigidos pelo cliente e garantir que eles sejam cumpridos;
- c) requisitos de segurança: em alguns casos, a empresa contratante tem normas próprias de segurança, que devem ser cumpridas pela construtora e pelos fornecedores envolvidos no processo de produção; nesses casos, a empresa construtora deve analisar os requisitos de segurança exigidos pelo cliente e adaptar à sua forma de trabalho;
- d) requisitos de espaço físico: muitas vezes, os empreendimentos complexos são executados em locais em funcionamento, como, por exemplo, em reformas ou ampliações; nestes casos, o cliente dispõe de restrições referentes ao espaço físico que pode ser utilizado pela construtora para estoque de materiais e vestiários.

#### 5.6.1.2 Definição da seqüência de execução do empreendimento

A definição da seqüência de execução do empreendimento deve, se possível, ser realizada na fase de orçamento e de contratação. Devem-se analisar os projetos e as tecnologias a serem utilizadas, buscando a seqüência de execução mais adequada, de forma a facilitar a obtenção de um fluxo contínuo dos processos, reduzir o retrabalho e auxiliar na identificação das interdependências entre os processos. Nesta etapa, é preciso começar a analisar o tempo de ciclo dos processos e o ritmo que eles terão. Dependendo do prazo final da obra, que é



estabelecido pelo cliente, identifica-se o ritmo dos processos, assim como o tamanho do lote de produção e quais deles necessitam ser executados em paralelo, para que o prazo de entrega do empreendimento seja cumprido.

Outra consideração importante a ser estabelecida nesta fase é o nível de integração vertical adotado pela empresa construtora, ou seja, os processos que são executados com mão-de-obra própria e os que são terceirizadas. Com esta decisão, a empresa construtora identifica o *lead time* de aquisição dos materiais e dos serviços a serem realizados. O próprio engenheiro da obra, auxiliado pelo mestre-de-obras, pode executar este estágio. Entretanto, em alguns casos, surgem dúvidas relacionadas às interferências entre alguns processos que precisam ser realizados em paralelo, ou que interfiram diretamente nos demais. Nestes casos, convoca-se uma reunião com os fornecedores envolvidos para que a seqüência seja bem definida. No Estudo Empírico 3, por exemplo, havia dúvidas sobre a possibilidade de execução da cobertura, junto com os demais processos que foram projetados para serem executados ao mesmo tempo. Consultou-se, então, o fornecedor de mão-de-obra dos processos estruturais, e as dúvidas foram esclarecidas.

Para que as decisões tenham maior consistência, é importante que, quando possível, a contratação dos principais fornecedores (principalmente daqueles que participam dos processos iniciais ou dos processos críticos do empreendimento) seja efetuada na fase de orçamento ou de contratação entre o cliente e a empresa construtora, desenvolvendo-se boas relações com os fornecedores, o que, conforme salientado por Lubben (1998), é fundamentalmente importante. Assim, os fornecedores devem, quando possível, participar da elaboração do PSP desde a fase de orçamento, auxiliando na identificação de melhores soluções para execução do empreendimento.

#### 5.6.1.3 Identificação da unidade-base

O objetivo desta etapa é dividir o empreendimento em módulos ou unidades-base de produção, facilitando a visualização das áreas a serem trabalhadas e a definição da estratégia de ataque. No entanto, em empreendimentos complexos nem sempre é possível encontrar repetitividade nos lotes de produção. Quando o ambiente não apresentar essa característica,

tenta-se induzi-la, levando-se em conta o grau de intensidade e complexidade dos processos nos diferentes ambientes.

No Estudo Empírico 1, a intensidade das instalações, ou seja, a quantidade de trabalhos a ser desempenhada em cada ambiente possibilitou que se identificasse a unidade-base. O Estudo Empírico 3 também não apresentava características repetitivas, e a existência de um elemento construtivo (junta de dilatação), que dividia o prédio, permitiu a caracterização da unidade-base.

Logo, para a definição da unidade-base, o empreendimento é dividido em módulos de trabalho. Esta divisão pode ocorrer por diversos fatores, entre eles:

- a) nível de complexidade dos principais processos nos ambientes;
- b) repetitividade dos lotes de produção;
- c) exigência do cliente relacionada à entrega do empreendimento; e
- d) detalhes arquitetônicos, como, por exemplo, juntas de dilatações que dividam naturalmente o empreendimento.

Esta definição é feita pelos engenheiros da obra, podendo ser auxiliado pelo mestre, e exige conhecimento dos projetos e das necessidades dos clientes em relação à entrega da obra. Esta etapa deve ser executada na fase de orçamento e de contratação, devendo ser reavaliada na fase inicial do empreendimento.

#### 5.6.1.4 Dimensionamento da capacidade de recursos

Conforme salientam Slack e Lewis (2003), as decisões de capacidade devem ser tomadas em nível estratégico, tático e operacional. No que diz respeito ao PSP, elas são tomadas em nível estratégico e tático, devendo ser o dimensionamento da capacidade de recursos realizado de acordo com as fases do empreendimento. O objetivo desse estágio é elaborar um dimensionamento da capacidade dos recursos e analisar se eles são suficientes para satisfazer as necessidades de custos e prazo para a conclusão do empreendimento.

Na fase de orçamento e de contratação deve ser feito um dimensionamento da capacidade de recursos, que consiste na determinação de informações referentes a:

- a) tempo de execução dos principais processos;

- b) recursos necessários para a execução dos processos (mão-de-obra e equipamentos); e
- c) lotes de produção (número de unidades-base que devem ser executados ao mesmo tempo para cada processo);

Estas definições devem ser realizadas inicialmente para a unidade-base e, conforme a estratégia de ataque adotada, estendidas para todo o empreendimento. O dimensionamento deve ser reavaliado na fase inicial, acrescentando-se as possíveis modificações, assim como as informações referentes aos novos fornecedores contratados pela empresa.

Para a execução desta fase, o engenheiro da obra e os fornecedores envolvidos na execução do empreendimento devem realizar reuniões para definir o dimensionamento da capacidade de recursos. É importante que os fornecedores e a empresa construtora estabeleçam prazos que sejam exequíveis e disponibilizem a mão-de-obra e os materiais determinados no planejamento. O atraso em um processo poderá acarretar atrasos nos demais e no prazo de entrega da obra, além de dificultar a obtenção do fluxo contínuo da produção. Isso pôde ser observado no Estudo Empírico 1, em que o fornecedor de instalações hidráulicas disponibilizou apenas 50% da quantidade de funcionários que havia dimensionado no planejamento inicial. Como consequência, somente 45% do processo de instalações hidráulicas foram executados nos locais e tempos pré-determinados, prejudicando o desenvolvimento da obra.

Os engenheiros responsáveis pelo empreendimento, com base em experiências com obras anteriores também devem atentar para o superdimensionamento dos prazos de execução estipulados pelos fornecedores. Um exemplo disso ocorreu na montagem da estrutura pré-fabricada do Estudo Empírico 2, em que, ao se analisar o primeiro ciclo de montagem, concluiu-se que o fornecedor teria capacidade de executar a montagem na metade do tempo estipulado por ele anteriormente.

As informações obtidas nesta etapa são importantes, pois, além de auxiliarem no estudo dos fluxos de trabalho, ajudam na elaboração do projeto do leiaute do empreendimento, uma vez que a quantidade máxima de funcionários define o dimensionamento de algumas instalações, assim como os espaços necessários para cada equipe alocar seus recursos, de acordo com a sua demanda. Com essas informações, também é possível controlar os períodos com maior

incidência de funcionários e identificar se o fornecedor está ou não cumprindo o planejamento.

#### 5.6.1.5 Estudo dos fluxos de trabalho

Segundo Koskela (2000), a obtenção do fluxo contínuo da produção acarreta em vários benefícios para o empreendimento, entre eles a eliminação de falhas, ganhos de produtividade e qualidade. Assim, o objetivo desta etapa é sincronizar os fluxos de trabalho dos principais processos, identificando as interdependências entre eles e buscando o fluxo contínuo da produção.

Uma das principais considerações é o prazo para a conclusão da obra. Com base no prazo para a entrega e nas informações obtidas no dimensionamento da capacidade de recursos, determina-se a estratégia de ataque do empreendimento, assim como o número de equipes necessárias para que ele seja executado no prazo estabelecido. Os fluxos de trabalho dos processos devem ser sincronizados. Para isso, identifica-se o gargalo da produção, e todos os processos devem ser planejados de acordo com o mesmo, de forma a tornar os fluxos de produção mais eficientes (COX; SPENCER, 2002).

Nesta etapa, devem participar os principais envolvidos no processo de execução do empreendimento. No caso da Construtora Ômega, os envolvidos eram o engenheiro de contrato, o engenheiro de produção, o gerente geral da obra, os fornecedores e, eventualmente, os encarregados por cada processo. No Estudo Exploratório e nos Estudos Empíricos 1 e 2, os fornecedores e encarregados participaram de todas as definições necessárias para a elaboração do estudo dos fluxos de trabalho. Entretanto, como citado anteriormente, nos Estudos Empíricos 3 e 4, os fornecedores não haviam sido contratados, tendo sido o estudo dos fluxos de trabalho desenvolvido pela pesquisadora, mestre-de-obras e engenheiro de produção do empreendimento. Em todos os estudos, a ferramenta utilizada para traduzir os fluxos de trabalho foi a linha de balanço, que possibilita uma boa visualização destes fluxos e auxilia na identificação de interferências entre as equipes de trabalho.

O estudo dos fluxos de trabalho deve ser elaborado para todo o empreendimento. Entretanto, as decisões não devem ser excessivamente detalhadas, devido à complexidade do ambiente. Após a execução da linha de balanço, são identificadas as grandes fases do empreendimento

e, no início de cada fase, este estudo deve ser revisto, acrescentando-se as informações de novos fornecedores e revendo os prazos para a execução do empreendimento.

No Estudo Empírico 1, identificaram-se duas fases, a primeira finalizando com o processo de enfição e a segunda começando com a execução do fechamento dos perfis de gesso acartonado e finalizando com o acabamento da obra. Com relação ao Estudo Empírico 3, distinguiram-se três fases, terminando a primeira com a realização da estrutura metálica, a segunda com as instalações e a última com os acabamentos do empreendimento. Em cada uma destas fases, o estudo dos fluxos de trabalho foi reavaliado, levando-se em consideração o estado da obra e as informações adicionais dos processos que não puderam ser detalhados no início dos estudos.

#### 5.6.1.6 Estudo dos processos críticos

Consideram-se processos críticos aqueles que limitam a capacidade dos demais, seja por serem de difícil execução, seja por exigirem mão-de-obra qualificada (COX; SPENSER, 2002). Deve-se realizar um esforço maior de definição da seqüência, métodos e equipamentos para a sua execução, de forma a buscar a melhoria de desempenho da produção desta etapa. A lista de verificação das atividades, proposta neste trabalho, pode auxiliar na análise destes processos.

Um processo crítico pode ser formado por uma ou mais processos, como visto no Estudo Exploratório, em que foram avaliados as interferências de projeto e os problemas de processo entre os processos de instalações elétricas, hidráulicas, de gás e contra incêndio, assim como a instalação dos perfis de gesso acartonado. Neste caso, um estudo de prototipagem física foi realizado para auxiliar no estudo deste conjunto de processos.

Várias ferramentas podem ser utilizadas para auxiliar no estudo dos processos críticos, entre elas o *First Run Study*, o CAD 3D e a prototipagem física. Estas ferramentas podem ser utilizadas, quando necessário, como forma de antecipar a identificação dos problemas de processo e melhorar a produção do processo crítico, melhorando todos os outros processos que dependem de sua execução.

### 5.6.2 Benefícios do PSP para os empreendimentos complexos

Quando se realiza o PSP antes do início da execução do empreendimento, a identificação das interdependências entre os processos e os problemas de projeto são antecipados. Com isso, a empresa construtora, os fornecedores e o cliente se beneficiam, pois, ao antecipar decisões, as restrições podem ser eliminadas mais cedo e pode-se encontrar a solução que melhor satisfaça a necessidade dos consumidores, assim como da empresa construtora e dos fornecedores. Diante disto, um dos principais benefícios que o PSP traz para a gestão de empreendimentos complexos é a de que a sua elaboração auxilia o gestor a ter uma visão sistêmica, ou seja, uma visão, do empreendimento como um todo e das inter-relações entre os principais fluxos, identificando soluções mais adequadas para a execução do empreendimento.

A figura 5.57 apresenta os principais benefícios no que se refere à realização do PSP nos empreendimentos estudados nesta pesquisa.

	Estudo Exploratório	Estudo Empírico 1	Estudo Empírico 2	Estudo Empírico 3	Estudo Empírico 4
Auxílio na determinação do número de equipes e trajetórias que deveriam ser executadas	X	X	X	X	X
Maior facilidade na execução dos planejamentos de médio e curto prazo	X	X			
Melhoria no relacionamento entre a empresa construtora e os fornecedores	X	X	X	X	
Melhoria no relacionamento entre a empresa construtora e os clientes		X	X	X	
Maior conhecimento dos projetos a serem executados	X	X	X	X	X
Identificação de melhores soluções de engenharia	X	X	X	X	X

Figura 5.57: Benefícios da realização do PSP nos empreendimentos estudados

Observa-se que, em todos os empreendimentos estudados, o PSP auxiliou na determinação da seqüência de execução, das trajetórias e das equipes de trabalho, organizando as decisões e, conseqüentemente, o sistema de produção. Também nota-se como benefício comum entre os

estudos a identificação de melhores soluções de engenharia<sup>20</sup>, visto que os projetos são mais bem analisados.

Com relação à elaboração dos planos de médio e curto prazo, o PSP auxilia na determinação dos pacotes de trabalho a serem executados, possibilitando um aumento nos esforços para remover restrições. Verifica-se isso no Estudo Exploratório e no Estudo Empírico 1. Entretanto, no Estudo Empírico 2 várias indefinições de projeto e interferências dos clientes dificultaram o estudo dos fluxos de trabalho e conseqüentemente os benefícios que o PSP poderia trazer para a elaboração dos planos. Já nos Estudos Empíricos 3 e 4 não foi possível identificar os benefícios do PSP na elaboração dos planos de médio e curto prazo, porque a execução do empreendimento não foi acompanhada pela pesquisadora.

A elaboração do PSP também é benéfica no que diz respeito ao relacionamento entre a construtora e os fornecedores, pois as decisões que fazem parte do PSP são elaboradas junto com eles, de forma a satisfazer ambas as partes. Percebe-se isso em todos os estudos, exceto no Estudo Empírico 4, que não teve a participação de fornecedores em sua elaboração. Em entrevista com o gerente de contrato da Construtora Ômega, que participou diretamente do Estudo Empírico 4 e indiretamente dos demais, ele afirmou que a análise do plano de ataque, a utilização da linha de balanço, a identificação dos gargalos, a melhor participação dos fornecedores e a organização dos trabalhos em lotes são os maiores benefícios da elaboração do PSP para o empreendimento.

Se realizado na fase de orçamento, o PSP pode agregar valor ao produto oferecido para o cliente, assim como auxiliar na identificação de melhores soluções de engenharia para o empreendimento, possibilitando a elaboração de melhores propostas para o orçamento. Também é importante a participação dos fornecedores na tomada de decisões, o que auxilia na elaboração de soluções adequadas para possíveis problemas.

O orçamento precisa ter uma ligação forte com a produção e com o planejamento da obra. Quando se realiza um estudo de PSP na fase de orçamento, por mais que as decisões estejam longe da forma real com que o empreendimento será construído, as decisões tomadas irão identificar fatores que têm influência direta com custo, tempo e fluxos de trabalho, gerando um orçamento mais consistente para o cliente (Gerente de contrato da Construtora Ômega).

---

<sup>20</sup> A identificação de melhores soluções é obtida através de uma melhor análise do projeto, em que são identificadas as possíveis soluções para a execução do empreendimento, sendo escolhido o melhor caminho para a execução dos processos.

### 5.6.3 Dificuldades para implementação do PSP em empreendimentos complexos

Com base nos estudos realizados, pode-se identificar que as principais dificuldades para implementação do PSP em empreendimentos complexos estão relacionadas à falta de interação entre a empresa construtora e seus fornecedores, o acúmulo de responsabilidades do engenheiro do empreendimento, e indefinições dos clientes. A figura 5.58 apresenta os principais problemas para a elaboração e a implementação do PSP nos empreendimentos estudados.

	Estudo Exploratório	Estudo Empírico 1	Estudo Empírico 2	Estudo Empírico 3	Estudo Empírico 4
Indefinições do Cliente	X	X	X	X	X
Dificuldades de interação entre a empresa construtora e seus fornecedores		X	X		
Acúmulo de responsabilidades do engenheiro da obra	X	X	X	X	
Contratação tardia de fornecedores	X	X			
Dificuldades de identificar as necessidades dos clientes	X	X	X		X
Falta de fornecedores estratégicos	X	X	X	X	X
Quantidade limitada de informações			X		X
Falta de tempo entre a contratação e o início da obra	X	X			

Figura 5.58: Principais dificuldades para implementação do PSP nos empreendimentos estudados

Em geral, a construtora apresenta formas de gestão diferentes das dos fornecedores. A falta de interação entre a construtora e os fornecedores é um dos principais problemas para a implementação do PSP. Este fato pode ser observado no Estudo Exploratório e nos Estudos Empíricos 1 e 2, em que alguns fornecedores se preocupavam com a execução do seu processo e não davam a devida importância às decisões elaboradas no PSP.

No Estudo Exploratório e no Estudo Empírico 1, alguns fornecedores foram contratados tardiamente, dispondo de pouco tempo para analisar os projetos antes da sua execução. Isso tornou difícil que decisões fossem tomadas e melhores soluções fossem encontradas para a execução dos processos. Em nenhum dos estudos, a empresa dispôs de fornecedores que



contribuíssem na elaboração do PSP desde a fase de orçamento, o que poderia auxiliar na elaboração do mesmo.

Outro problema está relacionado a estrutura organizacional das empresas. Geralmente, os engenheiros envolvidos na construção de empreendimentos devem desempenhar várias atividades, como, por exemplo, compras, cotações de preços e contratações, por isso eles dispõem de pouco tempo para analisar os projetos antecipadamente e elaborar o PSP.

Um problema comum para os empreendimentos estudados (com exceção do estudo empírico 4, em que o empreendimento não foi executado) relaciona-se com as indefinições e as incertezas do cliente. Conforme citado por Williams (2002), as indefinições dos clientes estão associadas às incertezas nos objetivos, que é uma das características dos empreendimentos complexos. O cliente tem dificuldade de expressar suas necessidades, o que leva a diversas modificações nos projetos, causando atrasos e retrabalhos e desmotivando as equipes de trabalho. Outra dificuldade observada é que, nos empreendimentos estudados, com exceção do Estudo Empírico 3, o tempo disponível entre a contratação do empreendimento pelo cliente e o início da obra era curto e o engenheiro dispunha de pouco tempo para analisar e organizar a sua execução antes do início da obra.

#### **5.6.4 Ferramentas utilizadas na elaboração do PSP**

Para a elaboração do PSP, em todos os empreendimentos, a linha de balanço foi utilizada como ferramenta para traduzir os estudos dos fluxos de trabalho. Esta ferramenta facilita a visualização dos processos a serem realizados e a identificação das interferências que um processo produz nos demais.

A linha de balanço é mais transparente, traz o conceito de fluxo e lotes, força o pensamento de como a obra será executada e mostra as interferências entre as equipes (Gerente de produção da Construtora Ômega).

No projeto do sistema de produção, utilizam-se, além da linha de balanço, ferramentas de visualização que facilitam o entendimento das decisões tomadas. Os objetivos do desenvolvimento das ferramentas de visualização são tornar as decisões mais transparentes

para os encarregados e fornecedores e estudar a trajetória das equipes que devem trabalhar no mesmo local, ao mesmo tempo, de forma que as interferências sejam discutidas e analisadas.

As principais ferramentas que podem ser usadas na elaboração do PSP são:

- a) tabela de dimensionamento da capacidade de recursos: esta ferramenta contém informações sobre a seqüência em que os processos serão executados; o lote de produção; o número de funcionários envolvidos; os equipamentos a serem utilizados e os processos precedentes. Esta tabela serve como base para o estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento. Exemplos da tabela de dimensionamento da capacidade de recursos podem ser observados nas Figuras 5.13 e 5.35;
- b) linha de balanço: esta ferramenta é utilizada para representar o estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento (ver, por exemplo, as Figuras 5.7 e 5.15). Nela são inseridas as informações contidas na tabela de seqüência de execução do empreendimento, assim como o ritmo e o fluxo dos processos que deverão ser desenvolvidos ao longo da obra;
- c) representação da trajetória das equipes: trajetória das equipes de trabalho, facilitando o entendimento dos fornecedores, dos funcionários e do engenheiro da obra, assim como o controle da produção. Exemplos podem ser vistos nas Figuras 5.8 e 5.17;
- d) lista de verificação das atividades (Apêndice 01): esta ferramenta deve ser entregue, pelo menos 15 dias antes do início da realização do processo, aos principais fornecedores e aos responsáveis pelos processos críticos. Os fornecedores devem preencher a lista de verificação, que auxilia na identificação e conseqüentemente a na remoção das restrições que ainda não tenham sido identificadas;
- e) placas de identificação: facilitam a identificação dos módulos de trabalho e a localização das equipes nos locais planejados (ver, como exemplo, a Figura 5.20).

Essas ferramentas devem ser aplicadas ao longo do empreendimento, podendo ser disponibilizadas nas reuniões de médio ou curto prazo, em que os fornecedores envolvidos estarão presentes. Cada fornecedor deve receber um *kit* contendo as ferramentas desenvolvidas, sendo que estas também devem ser expostas na sala de reuniões e no canteiro da obra, com o objetivo de aumentar a transparência do PSP.

### **5.6.5 Iteração do PSP com PCP**

Algumas decisões de PSP sobrepõem às decisões tomadas no PCP (SCHRAMM, 2004). Isso ocorre porque muitas decisões que geralmente são tomadas no PCP são antecipadas e melhor

analisadas no PSP. Como exemplo, cita-se o dimensionamento da capacidade de recursos e a identificação da trajetória das equipes. Diante disso, é difícil identificar a fronteira entre as duas abordagens. Quando se realiza o PSP, a concepção das decisões é antecipada, sendo que a gestão destas decisões é realizada no PCP.

O PSP deve ser realizado antes do planejamento de longo prazo, e as informações nele contidas servem de entrada para a elaboração deste plano. Em todos os estudos, verifica-se que o plano de longo prazo elaborado e apresentado em um gráfico de barras não representa o que realmente aconteceu na produção, sendo este abandonado no início do empreendimento. O PSP não substitui o plano de longo prazo, mas auxilia na elaboração de um plano mais confiável, visto que leva em consideração fatores relacionados a fluxo de produção, trajetória, seqüência, assim como antecipa o aparecimento de problemas de projeto. O estudo dos fluxos de trabalho concebido no PSP auxilia na elaboração dos planos de médio e curto prazo, reduzindo os esforços para definição dos pacotes de trabalho e aumentando o empenho na remoção de restrições.

O PPC pode ser utilizado como ferramenta de controle do PSP, ou seja, se o percentual de pacotes completados estiver abaixo do esperado, devem-se analisar as causas e, se necessário, reavaliar o PSP, redimensionando as equipes e buscando novas soluções para o sistema de produção.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A pesquisa realizada nesta dissertação propõe um modelo de projeto do sistema de produção para empreendimentos com características complexas. O modelo foi desenvolvido a partir dos estudos realizados, tendo suporte do referencial teórico apresentado nos capítulos 2 e 3. Este capítulo apresenta um resumo das principais conclusões obtidas e, ao final do mesmo, são sugeridos temas para trabalhos futuros que venham a contribuir para a melhoria desta área de pesquisa.

### 6.2 CONCLUSÕES

Durante a realização desta pesquisa procurou-se responder a questão principal de pesquisa apresentada no item 1.2. Buscou-se elaborar um modelo de projeto do sistema de produção para empreendimentos caracterizados por elevada complexidade, tais como aqueles que têm baixa repetitividade, curtos prazos para execução, grande número de partes interdependentes, assim como grande interferência dos clientes.

Inicialmente, procurou-se entender a natureza e as características dos empreendimentos complexos e identificar formas de gestão apropriadas para gerir estes empreendimentos. Nos empreendimentos complexos, a soma das partes não representa as características do todo, sendo que a abordagem tradicional de gestão, em que o planejamento detalhado é executado no início, para todo o empreendimento, não é eficaz. Esta compreensão foi possível a partir da revisão bibliográfica (capítulo 2), assim como do estudo exploratório, apresentado no item 5.1.

Além do estudo exploratório, foram realizados quatro estudos empíricos, nos quais foram elaborados projetos de sistema de produção em diferentes fases de empreendimentos de uma mesma construtora (itens 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5). Em todos os estudos realizados, com exceção do estudo empírico 4, o PSP foi desenvolvido durante a fase de produção dos empreendimentos. Por esta razão, o modelo desenvolvido nesta pesquisa enfatiza pouco as decisões estratégicas,

tendo um caráter mais operacional. Para elaboração do PSP, foram realizadas reuniões com a participação dos pesquisadores, dos gerentes de produção dos fornecedores envolvidos na construção do empreendimento, dos engenheiros responsáveis e, eventualmente, de representantes dos clientes.

A partir da realização dos estudos, concluiu-se que as decisões estratégicas da empresa e os requisitos do cliente são importantes dados de entrada para a elaboração do PSP. As decisões que fazem parte do projeto do sistema de produção para empreendimentos complexos devem ser realizadas tanto em nível estratégico quanto tático, devendo ser iniciadas na fase de orçamento e contratação do empreendimento. Nas fases iniciais, as decisões não devem ser muito detalhadas. Após a contratação (entre o cliente e a construtora), o PSP deve ser reavaliado, devendo ser detalhadas apenas as decisões referentes aos processos iniciais do empreendimento. Os demais processos devem ser detalhados a partir de novas revisões do PSP. Nestas revisões devem ser incluídas as novas informações, entre elas possíveis modificações de projeto e novos prazos de execução.

Durante a realização do estudo, diversas técnicas e ferramentas foram utilizadas para elaboração do PSP. Em todos os estudos foi utilizada a linha de balanço para explicitar o estudo dos fluxos de trabalho, embora nem todos os empreendimentos apresentassem repetitividade nos lotes de produção. Para estes empreendimentos, a repetitividade foi induzida a partir da caracterização de complexidade das instalações (Estudo Empírico 1), ou até mesmo de detalhes arquitetônicos (Estudo Empírico 3). Para todos os empreendimentos a linha de balanço contribuiu para visualizar a execução do empreendimento pelos fornecedores e engenheiros. A linha de balanço também foi utilizada em reuniões entre os engenheiros da construtora e o cliente, auxiliando na interação entre os mesmos. Também foram utilizadas outras ferramentas de visualização, que auxiliaram no entendimento do estudo dos fluxos de trabalho.

Outra ferramenta importante foi a lista de verificação das atividades, utilizada a partir do Estudo Empírico 2. Esta ferramenta permite melhorar o entendimento de cada processo, assim como auxilia na identificação das principais restrições a serem removidas.

A implementação do PSP pôde ser acompanhada nos Estudos Empíricos 1 e 2. Com isto, percebeu-se que os principais problemas relacionados à elaboração e execução do projeto do

sistema de produção para empreendimentos complexos foram a insuficiente captação das necessidades dos clientes, assim como a adaptação da forma de gestão dos fornecedores ao sistema de gestão adotado pela empresa. Outro problema comum foi o excesso de responsabilidades assumidas pelo engenheiro de produção, o que limita o tempo disponível para o estudo mais detalhado do PSP.

Com relação a interação com o PCP, o estudo do PSP auxilia na elaboração de um plano de longo prazo mais exequível, pois as decisões tomadas no PSP servem como entrada para as decisões do PCP. As ferramentas utilizadas no PSP também auxiliam na elaboração dos planos de médio e curto prazo, facilitando a tomada de decisões, possibilitando o aumento dos esforços para remover possíveis restrições. Entretanto, algumas decisões tomadas no PSP estão sobrepostas às decisões do PCP, isso ocorre porque muitas das decisões de concepção tomadas no PCP são antecipadas quando se realiza o PSP. Assim estas decisões devem ser gerenciadas no PCP.

A realização do PSP em empreendimentos complexos auxilia em um melhor entendimento do todo, dessa forma vários problemas de projeto e processo são antecipados e solucionados a tempo, facilitando a execução de um fluxo contínuo e a eliminação de atividades que não agregam valor. Outro benefício da realização do PSP em empreendimentos complexos é a participação mais efetiva dos fornecedores nas tomadas de decisões e na busca de melhores soluções para execução dos projetos do empreendimento. Por fim, a realização do PSP auxilia a identificação de melhores soluções que satisfaçam as necessidades dos clientes, assim como dos fornecedores e da empresa construtora.

### **6.3 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS**

- a) investigar o papel do PSP como um processo de promoção de um maior engajamento e cooperação entre a empresa construtora e seus fornecedores, de forma a tornar as decisões mais debatidas e legítimas perante os envolvidos;
- b) promover, através do PSP, uma maior participação do cliente no processo de tomada de decisão, tornando-o ciente das consequências de eventuais alterações nos seus requisitos ou no escopo de contratação;
- c) investigar a possibilidade de antecipação do PSP ainda para a etapa de elaboração dos projetos, colaborando para uma maior simultaneidade entre os processos de projeto do empreendimento e projeto do sistema de produção.

## REFERÊNCIAS

- ASKIN, R. G.; GOLDBERG, J. B. **Design and Analysis of Lean Production Systems**. New York: John Wiley & Sons, 2002.
- BACCARINI, D. The Concept of Project Complexity- a Review. **International Journal of Project Management**, v.14, p. 201-204. 1996.
- BALLARD, G. Construction: One Type of Production Systems. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP OF LEAN CONSTRUCTION, 13., Sydney, 2005. **Proceedings...** Sydney: IGLC, 2005.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. What Kind of Production is Construction? In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP OF LEAN CONSTRUCTION, 6., Guarujá, 1998. **Proceedings...** Guarujá: 1998.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production: An Essential Step in Production Control. **Journal of Construction Engineering and Management**. ASCE, 124 (1). p. 18-24. 1998 b.
- BALLARD, G. et al. Production System Design in Construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP OF LEAN CONSTRUCTION, 9, Singapore, 2001. **Proceedings...** Singapore: IGLC, 2001.
- BARNES, D. The Complexities of Manufacturing Strategy Formation Process in Practice. **International Journal of Operations & Production Management**. 2002. Vol. 22. no. 10. p. 1090 – 1111.
- BARROS NETO, J. P. **Proposta de Modelo de Formulação de Estratégias de Produção para Pequenas Empresas de Construção Habitacional**, 2001. Tese (Doutorado em Administração) – Programa de Pós Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- BECKERMAN, L. P. Application of Complex Systems Science to Systems Engineering. **Systems Engineering**. 2000. Vol. 3, No.2.
- BERTELSEN, S. Construction as a Complex System. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP OF LEAN CONSTRUCTION, 11., Blacksburg, 2003. **Proceedings...** Blacksburg: IGLC, 2003 (a).
- BERTELSEN, S. Complexity – Construction in a New Perspective. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP OF LEAN CONSTRUCTION, 11., Blacksburg, 2003. **Proceedings...** Blacksburg: IGLC, 2003 (b).
- BERTELSEN, S. Construction Management in a Complexity Perspective. 1 St International SCRI Symposium. 2004. Salford.

- BERTELSEN, S.; EMMITT, S. The Client as a Complex System.. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP OF LEAN CONSTRUCTION, 13., Austrália, 2005. **Proceedings...** Austria: IGLC, 2005.
- BLACK, J. T. **O Projeto da Fábrica com Futuro**. Porto Alegre: Bookman, 1998.
- BLACK, J. T. Design for System Success. **Journal of Manufacturing Systems**. Vol.20. n.6. 2001/2002.
- BULHÕES, I. R. et al. Fluxo Contínuo na Construção Civil: um Estudo de Caso Exploratório. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO. 5., 2005. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SIBRAGEC.
- CALVANO, C. N.; JOHN, P. Systems Engineering in an Age of Complexity. **IEEE Engineering Management Review**, 2004, Vol. 32. No 4. p. 29-38.
- CAMPOS, V. F. **TQC — Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni: Bloch Editores, 1992.
- COLIN, E.; HUXHAN, C. Action Research for the Study of Organizations. In: Clegg, S.R./Hardy, C./Nord, W.R. (Hrsg.): Handbook of Organization Studies, Thousand Oaks, CA: Sage, S. 526-542. 1996.
- COX, J. F.; SPENCER, M. S. **Manual de Teoria das Restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos de Administração da Produção**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- DICK, B. **You Want to do an Action Research Thesis?** Interchange Document, University of Queensland. 1992.
- DILWORTH, J. B. **Operations Management: Providing Value in Goods and Services**. 3 ed. Dryden Presss. 2000.
- DRAPER, J.; MARTINEZ, J. The Evaluation of Alternative Production System Designs With Discrete Event Simulation. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP OF LEAN CONSTRUCTION, 10., Gramado, 2002. **Proceedings...** Gramado: IGLC/UFRGS, 2002.
- FORMOSO, C. T. et al. **Termo de Referência para o Processo de Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras**. Porto Alegre: NORIE/PPGEC/UFRGS, 1999.
- FOSTER, J. et al. Teaching Complexity and Systems Thinking to Engineers. In: ANNUAL CONFERENCE ON ENGINEERING EDUCATION, 4. Thailand, 2001. **Proceedings...** Thailand: UICEE, 2001.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. 8ª ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.



GIANESI, I. G. N.; CORRÊA, H. L., **Administração Estratégica de Serviços**, São Paulo: Atlas, 1994.

GIDADO, K.I. Project Complexity: The Focal Point of Construction Production Planning.. **Construction Management and Economics**. 1996. V.14. p. 213-225.

HAPIN, D. H.; WODHEAD, R. W. **Design of Construction and Process Operations**. [s.l.]: John Wiley & Sons, 1976.

HERMANN, J.W. Design for Production: Concepts and Applications. In: SOCIETY OF MANUFACTURING ENGINEERS ANNUAL MEMBERS CONFERENCE.

**Proceedings...**Bethlehem: Society of Manufacturing Engineers, 2003.

HEYLIGHEN, F. The Growth of Structural and Functional Complexity during Evolution, in: F. Heylighen & D. Aerts (eds.) (1996): "The Evolution of Complexity". 1996. Disponível em: <<http://pespmc1.vub.ac.be/Papers/ComplexityGrowth.html>>. Acesso em 03/03/06.

HOPP, W.; SPEARMAN, M. **Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management**. Boston: McGraw-Hill, 1996.

HOUAISS, A. (Ed.). **Dicionário Eletrônico da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: 2001: 1 CD-ROM.

HOWELL, G.; BALLARD, G. Design of Construction Operations. **White paper 04**. [s.l.]: Lean Construction Institute, 1999. Disponível em <<http://www.leanconstruction.org>>. Acesso em 21/11/05.

ISATTO, E. L. **As Relações entre Empresas Construtoras de Edificações e Seus Fornecedores de Materiais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

JACOBSEN, P. et al. Philosophy Regarding the Design of Production Systems. **Journal of Manufacturing Systems**. Vol. 20. No 6. 2001/2002. p 405-415.

JURAN, J. M. **A Qualidade Desde o Projeto: Novos Passos para o Planejamento da Qualidade em Produtos e Serviços**. São Paulo: Pioneira, 1992.

KOSKELA, L. **An exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction**. 2000. PhD Tesis – Technical Research Center of Finland, Espoo.

KOSKELA, L. Application of the New Production to Construction. **Technical Report 72**, Finland: CIFE, 1992.

LEAN INSTITUTE BRASIL (LIB). **Léxico lean. Glossário Ilustrado para Praticantes do Pensamento Lean**. Tradução de Lean Institute Brasil. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

LUBBEN, R.T. **Just-in-Time: Uma Estratégia Avançada de Produção**. São Paulo: McGraw-Hill, 1989.

- MELHADO, S. B.; FABRICIO, M. M. Projeto da Produção e Projeto para Produção: Discussão e Síntese de Conceitos. In ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC/ANTAC, 1998.
- MELHADO, S. B. **Qualidade desde o Projeto na Construção de Edifícios: Aplicação ao Caso das Empresas de Incorporação e Construção.** 1994. Tese (Doutorado em Engenharia)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MEREDITH, J. R.; SHAFER, S. M. **Administracao da Producao para MBAs.** Porto Alegre: Bookman, 2002.
- MIRON, L. I. G. **Proposta de Diretrizes para o Gerenciamento dos Requisitos do Cliente em Empreendimentos da Cosntrução.** 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- MITLETON-KELLY, E. Complexity: Partial Support for BPR?. In **Henderson P. (Ed), Systems Engineering for Business Process Change**, Springer-Verlag. 2000.
- MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações.** 2ed. São Paulo: Pioneira, 1996.
- OGLESBY, et al. **Productivity Improvement in Construction.** McGraw-Hill, New York, 1989.
- PAIVA, E. L. et al. **Estratégia de Produção e de Operações.** Porto Alegre: Bookman, 2004.
- PORTER, K. et al. Manufacturing Classification : Relationship With Production Control Systems. **Integrated Manufacturing Systems.** v. 10, n. 4, p. 189-198 [SI]: MCB University Press, 1999.
- RAPOPORT, R.N. Three Dilemmas in Action Research, **Human Relations.** No 23, vol. 4, 1970, p. 499-513.
- RESCHER, N. **Complexity: a Philosophical Overview.** Transaction, 1998.
- RODRIGUES, A. BOWERS, J. The Role of System Dynamics in Project Management. **International Journal of Project Management.** V 14. n. 4, p 213-220. 1996.
- RODRIGUES, L. H.; MACKNESS, J. R. Teaching the Meaning of Manufacturing Synchronisation Using Simple Simulation Models. **International Journal of Operations & Production Management.** v. 18, n.3, p. 246-259. [S.l.]: MCB University Press, 1998.
- ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando Fluxo Contínuo: um Guia de Ação para Gerentes, Engenheiros e Associados da Produção.** São Paulo: Lean Institute, 2002.
- SAURIN, T. A. **Método de Diagnóstico e Diretrizes para Planejamento de Canteiros de Obras de Edificações.** 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

- SCHRAMM, F. **O Projeto do Sistema de Produção na Gestão de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- SENGE, P. M. **A Quinta Disciplina**. 13ª ed. Editora Best Seller, 1990.
- SLACK, N. **Vantagem Competitiva em Manufatura**. São Paulo: Atlas, 2ª ed. 2002.
- SLACK, N. et al. **Administração da Produção** São Paulo: Atlas, 1997.
- SLACK, N., LEWIS, M. **Operations Strategy**. Prentice Hall, 2003.
- STERMAN, J. D. System Dynamics Modeling for Project Management. **Technical Report** MIT System Dynamic Group. Cambridge, MA.
- SUSMAN, G. I.; EVERED, R. D. An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. **Administrative Science Quarterly**, V.23. December, 1978.
- THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-ação**. São Paulo. Cortez: Autores Associados. 10ª edição. 2000.
- THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação nas Organizações**. São Paulo. Atlas, 1997.
- TOMMELEIN, I. D.; RILEY, D.; HOWELL, G. Parade Game: Impact of Work Flow Variability on Trade Performance. **Journal of Construction Engineering and Management**. n. 125. v.5, p. 304-310. ASCE: 1999.
- TSAO, C. C. Y. et al. Case Study for Work Structuring: Installation of Metal Door Frames. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP OF LEAN CONSTRUCTION. 8. Brighton, 2000. **Proceedings...** Brighton: 2002.
- ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development**. United States of America: The McGraw-Hill Companies, 2nd ed., 2000.
- UMBLE, M. M., SRIKANTH, M. L. **Synchronous Manufacturing: Principles for World-Class Excellence**. Wallingford: The Spectrum Publishing Company, 1995.
- WILLIAMS, T. The Need for New Paradigms for Complex Projects. **International Journal of Project Management**. 1999. 17. No 5. p 269-273.
- WILLIAMS, T. **Modeling Complex Projects**. John Wiley & Sons, LTD. New York, 2002.
- WHEELWRIGHT, S. Manufacturing Strategy: Defining the Missing Link. **Strategic Management Journal**, v. 5, 1984.
- YANG, I.; IOANNOU, P. G. Resource-Driven Scheduling for Repetitive Projects: a Pull-System Approach. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 9. Singapore, 2001. **Proceedings...** Singapore. IGLC, 2001.
- YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

**APÊNDICE 1 – LISTA DE VERIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES (Baseado em: BALLARD; HOWELL, 1999) – Estudo do processo de montagem da estrutura pré-fabricada**

ESTUDO DOS PROCESSOS CRÍTICOS  
MONTAGEM DA ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA – PRÉDIO TRFILA  
First Run Study  
Check List

**1 - Requisitos**

Descrição do estudo	Data de conclusão e duração	Detalhes de contrato (Construtora- Montadora)	Detalhes de contrato (Construtora- Cliente)
O estudo irá analisar o processo de montagem da estrutura pré-fabricada e projetar o processo de montagem, visando otimizar o tempo, reduzir a variabilidade do processo e, com isto, minimizar os custos e reduzir o prazo de cumprimento do ciclo de montagem.	O início das atividades acontecerá no dia 05/07/05 e a conclusão prevista é para 09/08/05. O estudo acontecerá no primeiro ciclo de montagem, com início no dia 05/07/05 e previsão de conclusão para o dia 13/07/05	A montadora é responsável pelo fornecimento das peças para montagem da estrutura pré fabricada, assim como os equipamentos e funcionários necessários para montagem da estrutura. A mesma também disponibilizará um técnico de segurança duas vezes por semana. A obra será fiscalizada pelo mestre de obras da construtora e pelo técnico da montadora.	Entre a construtora o cliente está especificado que qualquer atividade da empresa montadora é de responsabilidade da construtora. Esta especificação está detalhada em um documento exigido pelo cliente.

**2 - Estado das operações**

Questões	Sim	Não	Observações
Os materiais para o primeiro ciclo estão disponíveis?	X		
Existe alguma interferência no local de montagem?	X		A empresa irá utilizar uma plataforma móvel, que poderá causar transtornos relacionados a segurança
O acesso para passagem das peças até o local já foi verificado?	X		Foi solicitado a alteração do portão de acesso, pois seu tamanho é insuficiente para a passagem do caminhão
Existe local para armazenagem das peças (mesmo que em pouca quantidade)?	X		A construtora e o cliente não irão permitir estoques de materiais na obra (somente em ultimo caso)
Já foram verificadas necessidades relacionadas a segurança?	X		As exigências relacionadas ao guincho ainda não foram entregues

Questões	Respostas
Quantos funcionários irão trabalhar na montagem? Quais as suas funções? Os mesmos já fizeram integração?	A equipe de montagem será de sete funcionários (todos já fizeram a integração), sendo 1 técnico de segurança, 1 encarregado, 2 montadores, 2 auxiliares de montagem e 1 operador de guincho. Ainda terá um topógrafo (cuja integração ainda não foi verificada)
Quais as ferramentas e equipamentos que serão utilizados? Já estão disponíveis?	1 guindaste, um carro elevatório, ferramentas de mão, Lixadeira.
Quais os pré requisitos para início da atividade de montagem?	Os eixos e os níveis do bloco têm que estar verificados pelo topógrafo (também está no escopo de atividades da empresa montadora)

<b>Questões</b>	<b>Respostas</b>
Qual a seqüência de montagem das peças?	Mód 15 a 12 - 05/07 a 13/07; Mód 12 a 9 - 14/07 a 20/07; Mód 09 a 06 - 21/07 a 27/07; Mód 06 a 04 - 28/07 a 03/08; Mód 04 a 03 - 04/09 a 09/09
Quantas frentes de trabalho serão abertas?	Será aberta uma frente de trabalho.
Onde a operação irá iniciar?	A montagem será iniciada da periferia para o centro.
Qual a direção de progresso das atividades?	Do módulo 15 ao módulo 1
Quais os critérios de realização dos trabalhos para os próximos passos ou operações?	Montagem das vigas do 1º nível, montagem da laje do 1º nível, montagem das vigas do 2º nível, montagem da laje do 2º nível, fechamento dos painéis, vigas de ponte

#### **4 - Plano de operações detalhado**

Volume de pré fabricados/ Pré-montagem: 390 m<sup>3</sup>

Estoque intermediário - na fábrica: 210 m<sup>3</sup>

Recursos compartilhados - CLIENTE-CONSTRUTORA-MONTADORA : Material da obra para pequenos serviços, como por exemplo, concretagem das ligações dos pilares. Para isto serão utilizados materiais como betoneira, cimento e areia