

**DIRETRIZES PARA O PLANEJAMENTO E CONTROLE INTEGRADO DOS  
PROCESSOS DE PROJETO E PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**RICARDO CODINHOTO**

Porto Alegre

Agosto 2003

**RICARDO CODINHOTO**

**DIRETRIZES PARA O PLANEJAMENTO E CONTROLE INTEGRADO DOS  
PROCESSOS DE PROJETO E PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

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  
Agosto 2003

---

C669d CODINHOTO, Ricardo

Diretrizes para o Planejamento e Controle Integrado dos Processos de Projeto e Produção na Construção Civil / Ricardo Codinhoto. – Porto Alegre: PPGEC/UFRGS, 2003.

176 f.

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

1. Processo de Desenvolvimento do Produto  
2. Construção Civil. I. Formoso, Carlos Torres. II. Título.

CDU 69:658

**RICARDO CODINHOTO**

**DIRETRIZES PARA O PLANEJAMENTO E CONTROLE INTEGRADO DOS  
PROCESSOS DE PROJETO E PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

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, 27 de agosto de 2003

Prof. Carlos Torres Formoso  
Ph.D pela Universidade de Salford, Inglaterra  
Orientador

Prof. Francisco P. S. L. Gastal  
Coordenador do PPGEC/UFRGS

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Gilberto Dias da Cunha (PPGEP/UFRGS)**  
Doutor pela Universidade Nova de Lisboa, Portugal

**Prof. Airton Cattani (Faculdade de Arquitetura, UFRGS)**  
Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof. Tarcísio Saurin (UCS)**  
Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

“Ninguém comete erro maior do que não fazer nada porque só  
pode fazer um pouco”.

*Edmund Burke*

---

Aos meus pais Rui e Zilda Codinhoto.  
À minha sobrinha Bárbara.

---

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, ao Prof. Carlos Torres Formoso, orientador deste trabalho pela atenção, dedicação e paciência no exercício de orientação, pela amizade e pelo empenho no desenvolvimento de minha formação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Ao CNPQ e FINEP que financiaram esta pesquisa possibilitando a minha total dedicação aos estudos.

Às empresas e profissionais que participaram desta pesquisa, em especial a BSF Engenharia e aos engenheiros, Basso, Nelson Sterzi, Eduardo Fossati, Alexandre Soares, Diego Betti e Alexandre De Carli, pelo apoio e colaboração.

À família Becker, em especial à Roseli e Betinho, que me acolheram como parte da família.

À Rosana, Felipe e Bruno Inghes pelo companheirismo e amizade incondicional em todas as horas.

Aos meus grandes amigos Fábio Milanezi, Rodrigo Barbosa Pereira, Adriana e Sandra Pazin, Livia Onishi, Tatiana Marsola, Carolina Marques, Marcio Dendena, Andrey Copat, Delcy e Cristiane Cruciol, que me incentivaram e deram apoio, mesmo que distantes.

A todos de minha família, em especial ao meu irmão Rogério Codinhoto, por compreender minha ausência em momentos importantes do desenvolvimento de minha sobrinha.

À grande família do NORIE incluindo todos os professores, pesquisadores, alunos e ex-alunos, bolsistas e funcionários que, com seu trabalho, viabilizaram e enriqueceram o desenvolvimento desta dissertação.

A todos os colegas e amigos do Grupo de Gerenciamento e Economia da Construção: Alexandre De Carli, Alexandre Soares, Andréa P. Kern, Cristóvão C. C. Cordeiro, Dayana B. Costa, Denise Pithan, Diego L. Minozzo, Eduardo L. Isatto, Elvira Lantelme, Guilherme Almeida, Henrique O. Coelho, Kleber Belmonte, Luciana I. G. Miron, Marcelo Azambuja, Maria Carolina Homrich, Maurício Bernardes, Patrícia M. Moura, Regis Vasconcelos, Renato das Neves, Tarcísio Saurin e Thaís Alves, pela amizade e pelas contribuições ao desenvolvimento das pesquisas. Em especial a Ercília Hitomi Hirota pelo apoio e incentivo.

Por serem pessoas especiais, cuja atenção amizade e carinho foram incondicionais durante os dois anos em que estive em Porto Alegre, gostaria de agradecer especialmente a Dayana Bastos Costa e Diego Luiz Minozzo.

---

# SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>9</b>
<b>SIGLAS .....</b>	<b>12</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>13</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>14</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>15</b>
1.1 Contexto .....	15
1.2 Problema de Pesquisa .....	17
1.3 Objetivos da Pesquisa.....	18
1.4 Resumo do Método de Pesquisa.....	18
1.5 Estrutura do Trabalho.....	18
<b>2. Processo de Desenvolvimento do Produto .....</b>	<b>20</b>
2.1 Introdução .....	20
2.2 Contexto .....	23
2.3 Os Problemas do Desenvolvimento do Produto .....	24
2.4 As Fases do PDP.....	26
2.4.1 Planejamento.....	26
2.4.2 Desenvolvimento do Conceito .....	28
2.4.3 Projeto em Nível de Sistemas .....	33
2.4.4 Detalhamento do Projeto .....	35
2.4.5 Teste e Refinamento .....	38
2.4.6 Produção Piloto ( <i>Ramp Up</i> ).....	40
2.5 O PDP na Construção Civil .....	41
2.5.1 Planejamento Estratégico .....	42
2.5.2 Planejamento e Concepção do Empreendimento .....	43
2.5.3 Estudo Preliminar, Anteprojeto e Projeto Legal.....	44
2.5.4 Projeto Executivo .....	46
2.5.5 Acompanhamento de Obra.....	46
2.5.6 Acompanhamento de Uso .....	47
2.6 O Processo de Projeto no Desenvolvimento de Produtos .....	48
2.6.1 Projeto como Conversão .....	49

---



2.6.2	Projeto como Fluxo .....	50
2.6.3	Projeto como Geração de Valor .....	52
2.7	Considerações Finais .....	54
<b>3.</b>	<b>Integração do Processo de Desenvolvimento do Produto.....</b>	<b>55</b>
3.1	Engenharia Simultânea .....	55
3.1.1	Objetivos da ES.....	57
3.1.2	Princípios Básicos da ES.....	57
3.1.3	Considerações sobre a Implementação da ES na Construção Civil .....	59
3.2	Planejamento e Controle do PDP .....	60
3.2.1	Definições Básicas .....	60
3.2.2	Modelo de Planejamento de Controle da Produção NORIE/UFRGS.....	63
3.2.3	Planejamento e Controle de Projetos .....	69
3.3	Considerações Finais .....	71
<b>4.</b>	<b>Método de Pesquisa .....</b>	<b>72</b>
4.1	Estratégia de Pesquisa.....	72
4.2	Delineamento .....	73
4.2.1	Revisão Bibliográfica.....	73
4.2.2	Etapa Preparatória .....	73
4.2.3	Etapa de Desenvolvimento .....	74
4.2.4	Etapa de Fechamento.....	75
4.3	Considerações sobre a Empresa Pesquisada .....	75
4.4	Estudo de Caso 1 (EC1).....	77
4.4.1	Etapa de Preparação do EC1.....	77
4.4.2	Etapa de Desenvolvimento do EC1 .....	80
4.4.3	Etapa de Fechamento do EC1 .....	83
4.5	Estudo de Caso 2 (EC2).....	84
4.5.1	Etapa Preparatória do EC2.....	84
4.5.2	Etapa de Desenvolvimento do EC2 .....	87
4.5.3	Etapa de Fechamento do EC2 .....	90
4.6	Estudo de Caso 3 (EC3).....	91
4.6.1	Etapa Preparatória do EC3.....	91
4.6.2	Etapa de Desenvolvimento do EC3 .....	92
4.6.2	Etapa de Fechamento do EC3 .....	93
4.7	Estudo de Caso 4 (EC4) .....	94
4.7.1	Etapa Preparatória do EC4.....	94

---

4.7.2	Etapa de Desenvolvimento do EC4 .....	97
4.7.3	Etapa de Fechamento do EC4 .....	98
<b>5</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>99</b>
5.1	Estudo de Caso 1 (EC1).....	99
5.1.1	Etapa Preparatória do EC1.....	99
5.1.2	Etapa de Desenvolvimento do EC1 .....	101
5.1.3	Discussão sobre os Resultados do EC1.....	112
5.1.4	Diretrizes Propostas a partir do EC1.....	117
5.2	Estudo de Caso 2 (EC2).....	119
5.2.1	Etapa Preparatória do EC2.....	119
5.2.2	Etapa de Desenvolvimento do EC2 .....	124
5.2.3	Discussão sobre os Resultados do EC2.....	128
5.3	Estudo de Caso 3 (EC3).....	131
5.3.1	Etapa Preparatória do EC3.....	131
5.3.2	Etapa de Desenvolvimento do EC3 .....	133
5.3.3	Discussão sobre os Resultados do EC3.....	135
5.4	Estudo de Caso 4 (EC4).....	136
5.4.1	Etapa Preparatória do EC4.....	136
5.4.2	Etapa de Desenvolvimento do EC4 .....	138
5.4.3	Discussão sobre os Resultados do EC4.....	143
<b>6</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>149</b>
6.1	Conclusões, Diretrizes e Recomendações.....	149
6.2	Diretrizes para o Planejamento Integrado dos Processos de Projeto e Produção .....	152
6.2.1	Análise do Estágio de Desenvolvimento do Produto .....	152
6.2.2	Formação da Equipe Interfuncional .....	152
6.2.3	Sistematização do Processo de Planejamento e Controle .....	153
6.2.4	Tecnologia de Informação .....	154
6.2.5	Elaboração dos Planos.....	154
6.3	Sugestões para Futuros Trabalhos.....	155
<b>7</b>	<b>Referências .....</b>	<b>156</b>
	<b>Anexos.....</b>	<b>164</b>

---

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Divisão do PDP em fases segundo autores pesquisados .....	22
Figura 02 – Processo de planejamento do produto (ULRICH; EPPINGER, 2000) .....	27
Figura 03 – Conceito total de produto. Fonte: Buss e Cunha (2001).....	29
Figura 04 – Problemas conflitantes na esfera de projeto (CRAWFORD; BENEDETTO, 2000).....	30
Figura 05 – Projeto como conversão. Huovila et al. (1997b).....	49
Figura 06 – Projeto como fluxo (Huovila et al., 1997b).....	50
Figura 07 – Projeto como gerador de valor. Koskela e Huovila (1997) .....	52
Figura 08 – Perda de valor ao longo do desenvolvimento do produto (KOSKELA; HUOVILA, 1997)....	53
Figura 09 – Desenvolvimento sequencial versus desenvolvimento simultâneo (PRASAD, 1996) .....	56
Figura 10 – Simultaneidade durante as fases do PDP (adaptado de PRASAD, 1996) .....	57
Figura 11 – Etapas do ciclo de planejamento e controle (baseado em Laufer; Tucker (1987)).....	61
Figura 12 – Planilha eletrônica de planejamento e controle de médio prazo .....	65
Figura 13 – Planilha eletrônica de lista de restrições.....	65
Figura 14 – Modelo de Definição de Atividades (Baseado em BALLARD et al., 2002).....	66
Figura 15 – Planilha eletrônica de planejamento e controle de curto prazo.....	67
Figura 16 – Delineamento da Pesquisa.....	73
Figura 17 - Planta de implantação do Laboratório Poly (s/ escala).....	77
Figura 18 – Relação entre os níveis de planejamento do PDP .....	78
Figura 19 – Fontes de Evidência utilizadas no EC1 .....	80
Figura 20 – Critérios e variáveis de análise no EC1 .....	82
Figura 21 –Planta de Implantação da Unidade Trapiche – Imbé / RS .....	84
Figura 22 – Planta de Implantação da Unidade Tramandaí – Imbé / RS .....	85
Figura 23 - Fontes de Evidência utilizadas no EC2 .....	87
Figura 24 – Critérios e variáveis de análise no EC2 .....	90
Figura 25 – Locação do empreendimento Farma .....	92

---

Figura 26 – Fontes de Evidência utilizadas no EC3 .....	92
Figura 27 – Critérios de avaliação, variáveis e fontes de evidência do EC3 .....	93
Figura 28 – Perspectiva do empreendimento Hospitalar .....	94
Figura 29 – Relação entre os níveis de planejamento do PDP – construtora / cliente .....	95
Figura 30 – Fontes de evidência do EC4 .....	96
Figura 31 – Critérios e variáveis de análise no EC1 .....	98
Figura 32 – Desdobramento dos envolvidos no PDP (baseado em MIRON, 2002) .....	100
Figura 33 – Planilha eletrônica de planejamento de médio prazo .....	102
Figura 34 – Planilha eletrônica de lista de restrições.....	102
Figura 35 – Planilha de planejamento de curto prazo de projeto. (versão eletrônica) .....	103
Figura 36 – Tipologia de restrições por semana EC1 (edificação Poly) .....	104
Figura 37 – Distribuição das restrições pelo horizonte de planejamento EC1 Poly .....	105
Figura 38 – IRR semanal no EC1 Poly .....	105
Figura 39 – Tipologia das restrições por semana (edificação Catal) .....	105
Figura 40 – PPC de Produção EC1 .....	106
Figura 41 – Tipologia de problemas de produção acumulados.....	106
Figura 42 – Causas do não cumprimento das tarefas por semana .....	107
Figura 43 - PPC de Projeto EC1 .....	107
Figura 44 – PPC de Projeto por Fornecedor .....	108
Figura 45 – Tipologia de problemas de projeto acumulados.....	108
Figura 46 – Desdobramento dos problemas de informação acumulados .....	109
Figura 47 - Problemas com repasse de decisões .....	110
Figura 48 – Desdobramento dos envolvidos no PDP – EC2.....	119
Figura 49 – Necessidade de Desenvolvimento dos Projetos .....	120
Figura 50 – Fases do desenvolvimento do Produto na Construtora Porto .....	122
Figura 51 – PPC de Produção –Unidade Trapiche - EC2 .....	125
Figura 52 – Causas do não cumprimento das tarefas .....	126
Figura 53 – Tipologia de restrições por semana – Empreendimento Tramandaí – EC2 .....	126

---

Figura 54 – Modelo tridimensional da edificação Centropol – Trapiche – EC2.....	128
Figura 55 – Desdobramento dos envolvidos no PDP do EC3.....	131
Figura 56 – Planilha de planejamento e controle de projeto utilizada na EC3 .....	133
Figura 57 – Desenho de Planejamento e Controle Proposto no EC3.....	134
Figura 58 – Desdobramento dos envolvidos no PDP do EC4.....	136
Figura 59 – Critério de Planejamento de Longo Prazo de Projeto – EC4 .....	139
Figura 60 – Plailha de Longo Prazo de Projeto – EC4 .....	140
Figura 61 – Tipologia de restrições por semana EC4.....	141
Figura 62 – Distribuição das restrições pelo horizonte de planejamento EC4 .....	142
Figura 63 – PPC de Produção EC4 .....	142
Figura 64 – Causas do não cumprimento das tarefas por semana .....	143

---

## SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ADePT: *Analytical Design Planning Technique*

CIB: International Council for Research and Innovation in Building and Construction

CNPq: Conselho Nacional de Pesquisa

DECIV: Departamento de Engenharia Civil

DFM: *Design for Manufacturing*

DFX: *Design for X*

EC1: Estudo de Caso 1

EC2: Estudo de Caso 2

EC3: Estudo de Caso 3

EC4: Estudo de Caso 4

ES: Engenharia Simultânea

FINEP: Financiadora de Estudos e Projetos

GEHIS: Gestão de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social

NORIE: Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

PCP: Planejamento e Controle da Produção

PDP: Processo de Desenvolvimento do Produto

PPGEC: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

QFD: *Quality Function Deployment*

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

## RESUMO

CODINHOTO, R. **Diretrizes para o Planejamento e Controle Integrado dos Processos de Projeto e Produção na Construção Civil**. 2003. 176 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

Tradicionalmente o processo de desenvolvimento do produto (PDP) tem sido realizado através do cumprimento seqüencial de metas relacionadas a fases segmentadas. Entretanto, o aumento da complexidade dos produtos e dos processos, observado nas últimas décadas, tem exigido das empresas a modificação da forma de conduzir esse processo. Neste contexto, o atendimento rápido e eficaz às solicitações de mercado tem sido considerado essencial ao sucesso das empresas nos mais variados setores.

Em resposta às novas demandas, muitas empresas passaram a utilizar práticas relacionadas à organização simultânea do desenvolvimento do produto, as quais são amplamente conhecidas como engenharia simultânea (ES). Da sua parte, a comunidade acadêmica tem procurado entender este novo processo, através da busca de um novo referencial teórico. A partir dessas novas abordagens vários trabalhos têm sido desenvolvidos no sentido de contribuir para a melhoria do PDP. Entretanto, um assunto pouco investigado é o planejamento e controle desse processo.

Assim, o objetivo deste trabalho consiste em propor um conjunto de diretrizes para a integração do planejamento e controle dos processos de projeto e produção na construção civil, para empreendimentos complexos, rápidos e com elevado grau de incerteza. O método de pesquisa envolveu a realização de quatro estudos de caso em uma empresa construtora de Porto Alegre, que atua no mercado de edificações industriais, comerciais e hospitalares para clientes privados. Esses estudos tiveram empreendimentos de construção civil como objeto de análise. A integração do planejamento e controle do PDP foi a unidade de análise.

O estudo constatou que a integração do planejamento e controle integrado dos processos de projeto e produção é viável e essencial à redução de perdas no PDP. Para este fim, podem ser utilizados métodos e ferramentas simples para o planejamento e controle do processo de projeto ao longo do PDP. Como contribuições conceituais, este trabalho possibilitou o melhor conhecimento da natureza do processo de projeto no que diz respeito ao estabelecimento de planos de projeto.

Palavras-chave: desenvolvimento do produto; gestão de projetos; engenharia simultânea; planejamento e controle.

---

## ABSTRACT

CODINHOTO, R. **Guidelines for Integrated Management of the Design and Production Processes in Construction Projects**. 2003. 176 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

Traditionally, the product development process (PDP) has been carried out by the sequential achievement of goals that are associated to separate phases. However, the increasing complexity of products and processes in the last few decades has forced companies to change the way this process is conducted. In this context, fast and effective responses to market demands has a major impact on the success of businesses in different sectors.

Considering these new demands, many companies have adopted simultaneous management practices in the product development practices, which are widely known as concurrent engineering (CE). Also, the academic community has attempted to understand this new process by devising a new theoretical framework. Based on these new approaches, several studies have been developed with the aim of improving the PDP. However, the planning and control of this process is a topic that has not been given much attention.

The aim of this research work is to propose a set of guidelines for the integrated planning and control of the design and production processes in complex, uncertain and fast construction projects. The research method involved four case studies, carried out in a construction company based in Porto Alegre, which undertakes industrial, commercial and hospital building projects for private clients. The object of analysis of these studies was the construction project, and the unit of analysis was the planning and control of the PDP.

The study indicated that the integrated planning and control of design and production was feasible and essential for reducing waste in the PDP. This task can be supported by a set of fairly simple methods and tools for design planning and control throughout the PDP. In terms of theoretical contributions, this research has made a contribution towards improving the understanding the design process nature regarding the establishment of design plans.

Key-words: product development; design management, concurrent engineering, planning and control.

---



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTO

A transformação das indústrias após a Segunda Guerra Mundial tem progressivamente contribuído para o aumento da complexidade dos produtos e dos processos. Assim, muitos produtos anteriormente concebidos e produzidos de forma artesanal passaram a ser realizados por várias equipes, com diferentes funções. Essa transformação tem exigido mudanças na forma de conduzir o processo de desenvolvimento do produto (PDP), que tradicionalmente tem sido realizado através do cumprimento seqüencial de metas relacionadas a fases segmentadas (KOSKELA, 2000).

Nas últimas duas décadas, algumas mudanças no ambiente de negócios, tais como a competição baseada na inserção rápida e eficaz de novos produtos, aumento da complexidade destes e mudanças freqüentes nas demandas de mercado, tem exigido modificações ainda mais radicais na forma de condução do PDP (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993). Como consequência, esse processo passou a envolver um número ainda maior de profissionais e especialidades (KOSKELA, 2000) e a exigir um certo grau de simultaneidade entre as diversas atividades envolvidas (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993).

Como resposta ao desafio imposto pelas condições acima citadas, muitas empresas de vários setores passaram a utilizar práticas relacionadas à organização simultânea do desenvolvimento do produto. Tais práticas, em conjunto, são correntemente denominadas de engenharia simultânea (ES) (CUNHA; BUSS, 2001).

A ES tem sido bastante disseminada na prática, tendo despertado o interesse de diversos acadêmicos pelos resultados positivos no desenvolvimento de novos produtos em contextos turbulentos (PRASAD, 1996). Também na indústria da construção civil tem sido crescente o interesse neste tipo de abordagem, principalmente em empreendimentos complexos nos quais há grande incerteza e necessidade de compressão de prazos (KOSKELA, 2000; HUOVILA et al., 1997a; KAMARA et al. 1997).

Segundo Koskela (2000), a Engenharia Simultânea é uma abordagem que nasceu na prática, de forma semelhante ao que ocorreu com o Sistema Toyota de Produção (STP), no Japão. Segundo esse mesmo autor, a ES e o STP fazem parte de um novo paradigma de gestão da produção, sendo que existem conceitos e princípios comuns a ambos. Koskela (2000) afirma também que existe muita dificuldade de compreender completamente tais modelos de gestão, pela falta de um referencial teórico consistente.

Sobre este assunto, alguns esforços vêm sendo realizados no sentido de identificar alguns conceitos e princípios básicos de gestão da produção que permitam o estabelecimento de generalizações de algumas abordagens ou modelos de gestão propostos. Dentre diversas propostas, pode ser destacado o estudo de Womack et al. (1992), desenvolvido a partir da indústria automotiva, que propôs a designação de produção enxuta para o novo paradigma, em oposição ao paradigma taylorista-fordista.

Tendo a indústria da construção como foco, Koskela (2000) propôs uma teoria, denominada de TFV (transformação, fluxo e valor), que propõe um conjunto de conceitos e princípios abstratos para a gestão de processos de desenvolvimento do produto, pedido e entrega e produção propriamente dita. Esta teoria tem um caráter aglutinador, na medida que utiliza tanto idéias tradicionais da área de gestão da produção, quanto do Sistema Toyota de Produção.

A partir destas novas abordagens e generalizações propostas, diversos trabalhos vêm sendo realizados no sentido de contribuir para a melhoria do processo de desenvolvimento do produto na construção civil. Tais trabalhos têm sido motivados pelo fato de que a má qualidade do projeto vem sendo apontada como uma das principais causas do baixo desempenho do setor em termos de eficácia e eficiência (BALLARD; KOSKELA, 2002; BALLARD, 2000a).

Entre os assuntos investigados, como exemplos podem ser destacados os trabalhos que têm abordado a modelagem do PDP (GUS, 1996; TZORTZOPOULOS, 1999; KAGIOGLOU et al., 2002), o gerenciamento de requisitos (KAMARA et al., 1999; MIRON, 2002), implementação da engenharia simultânea (KAMARA et al., 1997; FABRÍCIO, 2002), troca de informações de projeto (JACQUES, 2000) e, sobretudo, o uso da tecnologia da informação em ambientes cooperativos (O'BRIEN, 2000; SOIBELMAN; CALDAS 2000).

Entretanto, um tema que vem sendo pouco investigado é o planejamento e controle do processo de desenvolvimento do produto. Este tema tem uma importância muito grande em empreendimentos de construção nos quais existe simultaneidade entre projeto e produção. Nesses empreendimentos, em função da incerteza e da interdependência entre as atividades, o planejamento e o controle assumem um papel fundamental no sentido de garantir um fluxo contínuo de trabalho na produção. Além disso, o planejamento e controle integrado dessas funções possibilita a redução do tempo de desenvolvimento, uma vez que muito das atividades relacionadas a essas funções podem ser realizadas de forma paralela e simultânea.

Sobre este assunto, existem alguns estudos de caso de aplicação do Sistema *Last Planner*<sup>1</sup> de controle da produção, desenvolvido por Ballard e Howell (1998), ao processo de projeto (BALLARD; KOSKELA, 1998; BALLARD, 2000b; TZORTZOPOULOS et al., 2001). Estas aplicações, apesar de promissoras, foram em pequeno número e bastante limitadas ao processo de projeto, não explorando a interação entre este e o processo de produção propriamente dito.

Outra iniciativa que pode ser destacada é o projeto ADePT (*Analytical Design Planning Technique*), desenvolvido pela Loughborough University of Technology (AUSTIN et al., 2000). Também neste caso, a abordagem utilizada apresenta algumas limitações, relacionadas principalmente à pequena ênfase no controle, assim como ao fato de que o processo de projeto é planejado de forma bastante detalhada com muita antecedência, o que tende a exigir um grande esforço de revisão dos planos (TZORTZOPOULOS et al., 2002).

## 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Considerando a relevância do tema e o pequeno número de trabalhos desenvolvidos foi definida a seguinte questão de pesquisa: sendo a gestão simultânea dos processos do PDP essencial ao sucesso dos empreendimentos, como planejar de forma integrada os processos de projeto e produção?

Essa questão levou à proposição, neste trabalho, de adaptar o sistema *Last Planner* para o planejamento e controle integrado dos processos de projeto e produção. Este sistema tem sido utilizado como referência para o desenvolvimento de modelos de planejamento e controle da produção em diversos países (BALLARD; HOWELL, 1994; FORMOSO et al., 1999; BALLARD, 2000b; BERNARDES, 2001; ALARCÓN et al., 2002). Os resultados têm sido bastante satisfatórios principalmente em relação ao aumento da eficácia e da transparência do processo de planejamento e controle. Além disso, o *Last Planner* está fortemente fundamentado na teoria TFV, o que permite compreender os conceitos e princípios nos quais este sistema está baseado, favorecendo a sua aprendizagem.

Entretanto, apesar dos estudos de Koskela et al. (1997), Miles (2002), Ballard (1999), Ballard (2000a) e Tzortzopoulos et al. (2001), constata-se que este sistema foi pouco testado no planejamento das atividades de projeto. Dentre as principais dificuldades citadas por esses autores, destaca-se aquelas relacionadas à elaboração dos planos. Em função disto, foi definida uma segunda questão de pesquisa: uma vez que a eficácia do *Last Planner* depende da qualidade no estabelecimento de planos, como planejar as atividades do processo de projeto?

---

<sup>1</sup> Este sistema de planejamento e controle será mais bem apresentado no capítulo 3.

A partir desta questão, foram formuladas outras duas proposições. A primeira delas diz respeito à redução do tamanho dos lotes de informações de projeto, uma vez que esta estratégia é apontada por Reinertsen (1997) como um dos principais mecanismos para gerenciar o desenvolvimento do produto em situações de incerteza e de interdependência entre as atividades. A segunda proposição consiste em definir claramente o conteúdo (ou escopo) dos projetos de subsistemas como uma forma de facilitar a elaboração dos planos.

### **1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA**

O objetivo principal deste trabalho consiste em propor diretrizes para a integração do planejamento e controle dos processos de projeto e produção em empreendimentos complexos, rápidos e com elevado grau de incerteza. A escolha desse tipo de empreendimento é justificada pela necessidade de simultaneidade, em contraposição à abordagem seqüencial, que pode resultar em um processo cíclico de alterações e correções, no qual o consumo de tempo e recursos tende a ser maior (PRASAD, 1996).

Como objetivos específicos, serão adaptadas e desenvolvidas ferramentas de planejamento e controle, algumas usadas com sucesso na gestão da produção, para a gestão do processo de desenvolvimento do produto. Por fim, espera-se com a realização deste estudo contribuir para o conhecimento da natureza do processo de desenvolvimento do produto na construção civil, principalmente no que se refere à definição de metas e atividades a serem realizadas e à identificação do conteúdo dos projetos de subsistemas.

### **1.4 RESUMO DO MÉTODO DE PESQUISA**

O método de pesquisa empregado no desenvolvimento desta dissertação envolveu quatro estudos de caso (EC) realizados em uma empresa construtora de Porto Alegre, que atua no mercado de edificações industriais, comerciais e hospitalares.

O EC1 foi desenvolvido por meio do acompanhamento da evolução de um empreendimento industrial, no período de junho de 2001 a janeiro de 2002. O EC2 foi desenvolvido através do acompanhamento de um empreendimento industrial no período de janeiro a junho de 2002. O EC3 foi desenvolvido através do acompanhamento da etapa de contratação da construtora para a execução de um empreendimento comercial no período de julho a agosto de 2002. O EC4 foi desenvolvido através do acompanhamento de um empreendimento hospitalar no período de novembro de 2002 a fevereiro de 2003.

### **1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Esta dissertação divide-se em seis capítulos, iniciando por esta introdução.

No capítulo 2, é discutido o processo de desenvolvimento do produto nas indústrias de manufatura e da construção civil. Também nesse capítulo, são apresentadas algumas técnicas utilizadas para a gestão do PDP, assim como o levantamento de alguns dos principais problemas relacionados a esse processo.

O capítulo 3 busca proporcionar uma visão geral sobre alguns dos métodos e abordagens utilizados para o planejamento e controle do projeto e da produção. São focados a Engenharia Simultânea e o modelo de planejamento e controle utilizado no desenvolvimento do presente estudo.

No capítulo 4, descreve-se o método de pesquisa. São apresentados a estratégia, o delineamento e as etapas realizadas. Ainda nesse capítulo, são apresentadas as ferramentas e as fontes de evidência utilizadas para a realização da pesquisa.

No capítulo 5, são apresentados os resultados obtidos com a realização dos quatro estudos de caso realizados na empresa construtora participante da pesquisa.

Por ultimo, no capítulo 6, são apresentadas as conclusões e recomendações para pesquisas futuras.

## 2. PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

O processo de desenvolvimento do produto (PDP) pode ser estudado sob inúmeros aspectos. No presente capítulo enfatiza-se a organização interna de empresas para a realização do PDP e as práticas de gerenciamento utilizadas na indústria seriada e na construção civil.

### 2.1 INTRODUÇÃO

Atualmente, grande parte do sucesso econômico das empresas está associado às habilidades destas em identificar as necessidades dos clientes e rapidamente criar produtos que atendam a essas necessidades e que possam ser produzidos a um custo relativamente baixo. Atingir essa meta não é somente um problema de marketing, ou mesmo um problema apenas de projeto ou produção. É um problema de desenvolvimento do produto, que envolve essas e outras funções (ULRICH; EPPINGER, 2000).

São vários os termos utilizados para se referir ao processo de desenvolvimento do produto (PDP), tais como processo de planejamento e projeto (PAHL; BEITZ, 1996), projeto de engenharia (CROSS, 1994) e projeto e desenvolvimento do produto (ULRICH; EPPINGER, 2000). Além de inúmeros termos, existem também diversas definições para o PDP:

- Desenvolvimento do produto é o processo no qual uma empresa transforma dados relacionados às oportunidades de mercado e possibilidades técnicas em informações e bens necessários à produção comercial de um produto (CLARK; FUJIMOTO, 1991).
- Desenvolvimento do produto é o processo que converte necessidades e requisitos dos clientes em informação para que um produto ou sistema técnico possa ser produzido. São consideradas as informações do mercado, dos diversos projetistas, das equipes de produção, bem como testes e análises de uso do produto, necessários para a formulação de requisitos, definições, detalhamentos e aperfeiçoamentos do projeto desse produto (SMITH; MORROW, 1999).
- Projeto e desenvolvimento do produto diz respeito ao conjunto de atividades interdisciplinares que se iniciam com a identificação de requisitos do cliente e terminam com a entrega do produto

fabricado ao cliente, passando pela concepção, projeto e fabricação do produto (ULRICH; EPPINGER, 2000).

- Desenvolvimento do produto é o processo de negócio compreendendo desde a idéia inicial e o levantamento de informações do mercado até a homologação final do produto, do processo e a transmissão das informações sobre o projeto e o produto para todas as áreas funcionais da empresa (ROSENFELD; AMARAL, 2001).
- Planejamento e projeto do produto é resultado do planejamento e esclarecimento de tarefas, através da identificação de funções requeridas, da elaboração de soluções iniciais, da construção de estruturas modulares para a documentação final do produto (PAHL; BEITZ, 1996).

Dentre as várias definições propostas, é consensual a existência de uma fase preliminar para o planejamento do PDP, sendo que no início deste processo ocorre a concepção do produto. Estas atividades dizem respeito ao planejamento estratégico e ao entendimento do mercado em que a empresa pretende investir.

Do mesmo modo, também é consensual que o produto seja desenvolvido ao longo de fases. A esse respeito, de acordo com Pahl e Beitz (1996), a divisão do PDP em fases e em grupos de atividades é uma das maneiras utilizadas para lidar com a complexidade desse processo, pois permite o estabelecimento de pontos de controle que contribuem para aumentar a eficácia do gerenciamento desse processo.

Apesar de não ter sido encontrada uma regra para a divisão desse processo, observou-se dentre os modelos analisados (CLARK; FUJIMOTO, 1991; CLARK; WHEELWRIGHT, 1993; PAHL; BEITZ, 1996; ULRICH; EPPINGER, 2000; CRAWFORD; BENEDETTO, 2000; CUNHA; BUSS, 2001), que é comum a divisão do PDP em função do grau de maturidade<sup>2</sup> em que se encontra o produto em desenvolvimento. Em outras palavras, à medida que as definições relacionadas ao mercado (tamanho e exigências dos consumidores), à empresa (recursos e investimentos necessários), e ao produto (desempenho desejado, forma, etc.) são claramente estabelecidas, uma nova fase é iniciada. Diversas propostas de divisão do PDP em etapas estão apresentadas na Figura 01. A denominação dada às fases, assim como a sua divisão, é bastante variável, segundo diferentes autores.

Cabe ressaltar que dentre os modelos propostos por esses autores, alguns se limitam apenas ao processo de projeto, como, por exemplo, o modelo proposto por Pahl e Beitz (1996), enquanto os demais consideram o PDP como um processo de negócios que vai além da simples especificação técnica do produto.

---

<sup>2</sup> Maturidade do projeto é o momento em que o projeto (como produto) está definido suficientemente de modo a ser liberado para utilização em atividades subseqüentes, sem que haja a possibilidade de ocorrer retrabalhos devidos ao projeto entregue (O'BRIEN; SMITH, 1994).

Observa-se também que não há limites claros entre as fases, embora cada fase, em geral, apresente um objetivo a ser atingido. Por exemplo, aspectos de *layout*, geralmente desenvolvidos em fases mais adiantadas no processo, podem ser necessários durante a elaboração do conceito nas fases preliminares, assim como podem ser essenciais para determinar detalhadamente os processos de produção, em fases mais adiantadas (PAHL; BEITZ, 1996).

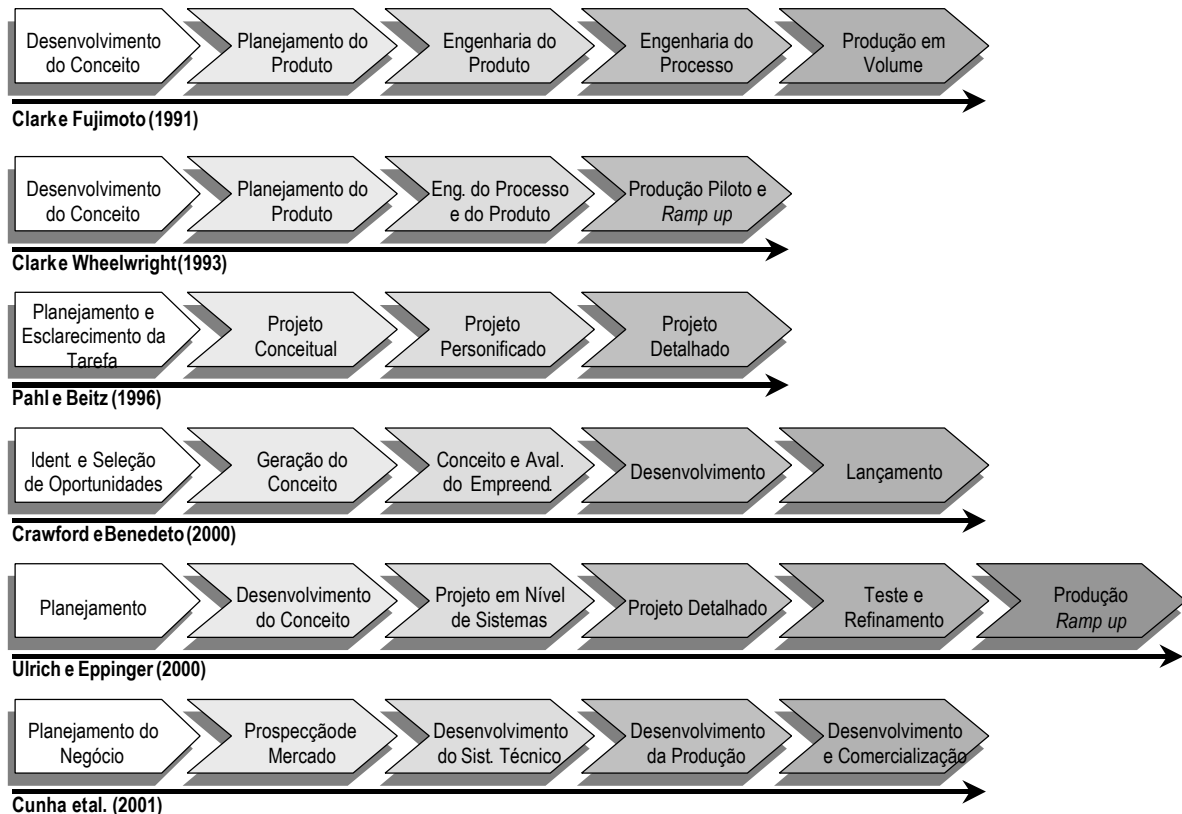


Figura 01 – Divisão do PDP em fases segundo autores pesquisados

No presente trabalho, adotou-se a divisão e denominação proposta por Ulrich e Eppinger (2000), dado que esses autores tratam o PDP de forma mais ampla. Entretanto, buscou-se descrever cada fase segundo as características comuns encontradas nos trabalhos realizados pelos vários autores pesquisados (CLARK; FUJIMOTO, 1991; CLARK; WHEELWRIGHT, 1993; PAHL; BEITZ, 1996; ULRICH; EPPINGER, 2000; CRAWFORD; BENEDETTO, 2000; CUNHA; BUSS, 2001). O conteúdo dessas fases será discutido no item 2.4 deste capítulo.

Com relação às diferenças entre as definições acima apresentadas, estas são relacionadas principalmente ao escopo do PDP, sobretudo em relação às funções que compõem esse processo e ao ponto em que esse processo termina. Nesse último caso, podendo variar da entrega ao cliente à reciclagem ou disposição ambiental do produto de forma segura.

Quanto às funções, uma das principais divergências existentes é relacionada à consideração ou não da produção como parte desse processo. A esse respeito, a partir das várias descrições estudadas



(CLARK; FUJIMOTO, 1991; CLARK; WHEELWRIGHT, 1993; PAHL; BEITZ, 1996; ULRICH; EPPINGER, 2000; CRAWFORD; BENEDETTO, 2000; CUNHA; BUSS, 2001), no presente trabalho considera-se que a função projeto, além de estar relacionada à produção da documentação necessária à produção do produto, também diz respeito à definição dos processos de fabricação.

Assim, neste trabalho a produção é considerada como um dos processos que compõem o PDP, já que fazem parte do mesmo a concepção e projeto do processo de fabricação (máquinas, equipamentos, logística, *layout* da fábrica, etc.). Assume-se também que os métodos e ferramentas de planejamento e controle de produção, assim como a retroalimentação das informações da produção, também pertencem ao escopo do PDP. Adicionalmente, cabe lembrar a existência de restrições de produção que interferem diretamente sobre a configuração do produto.

Assim, no presente trabalho, o PDP é definido como um processo interfuncional<sup>3</sup> que se inicia com a concepção do produto e termina com a retroalimentação do processo através da análise de resultados obtidos após o produto ter sido entregue ao cliente.

## 2.2 CONTEXTO

O acirrado aumento da competitividade notado nos últimos cinquenta anos, tem modificado o PDP sob vários aspectos. Para melhor compreender o que vem ocorrendo, a gestão do PDP pode ser convenientemente dividida em três períodos, em função do modo no qual seus processos são conduzidos: desenvolvimento artesanal, desenvolvimento sequencial e desenvolvimento simultâneo (KOSKELA, 2000).

No período anterior à Segunda Guerra Mundial, os produtos eram pouco complexos. A concepção, projeto e a coordenação da fabricação de produtos eram normalmente realizadas por uma única pessoa que artesanalmente executava essas atividades. Assim como os produtos, muitos processos também eram relativamente simples e não exigiam métodos mais sistemáticos para o seu gerenciamento e coordenação (KOSKELA, 2000).

No período logo após a Segunda Guerra Mundial, a evolução da indústria bélica impulsionou a transformação de várias indústrias. A produção aumentou em escala e os produtos aumentaram em complexidade. O trabalho passou a ser realizado por várias pessoas à medida que novas especialidades e especialistas iam surgindo (KOSKELA, 2000). Nesse período o processo passou a ser multidisciplinar e multifuncional.

---

<sup>3</sup> O PDP é interfuncional por considerar diferentes funções do processo como marketing, projeto, produção, custos, etc. (Ulrich; Eppinger, 2000). Segundo esses autores, função (em termos organizacionais) é uma área de responsabilidade que usualmente envolve educação, treinamento ou experiência especializada.

Esse modo de desenvolvimento do produto, ainda verificado nos dias atuais, é essencialmente realizado em fases seqüenciais, ordenado de forma consecutiva e segmentado por quebras do processo entre as fases. Os requisitos do produto são identificados em ordem seqüencial à medida que o produto vai sendo desenvolvido e as tarefas ao longo das fases, em geral enfatizam apenas a conversão, como, por exemplo, definição de requisitos, definição do produto, definição do processo de fabricação, entrega e suporte (PRASAD, 1996).

No desenvolvimento seqüencial, para que uma nova fase se inicie considera-se necessário que as tarefas de fases anteriores estejam inteiramente concluídas. A retroalimentação das informações para cada estágio ocorre sob a forma de verificação de erros, mudanças e correções, as quais levam ao surgimento de vários ciclos de negociação e conseqüentemente ao prolongamento do *lead time* do desenvolvimento do produto (PRASAD, 1996).

Em meados dos anos 80, com a abertura dos mercados internacionais, o aumento da competição e o surgimento de clientes cada vez mais exigentes, a forma de conduzir o desenvolvimento de produtos mudou consideravelmente. Em muitas empresas, os produtos e os processos, além de se tornarem mais complexos, passaram a envolver um número ainda maior de profissionais (KOSKELA, 2000). A competitividade passou a ser baseada na inserção rápida e eficaz do produto e na capacidade de traduzir e incorporar novas demandas de mercado a esses produtos. Assim, nesse período passou a haver a necessidade de introduzir um caráter de simultaneidade aos processos envolvidos no desenvolvimento de produtos (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993). Neste estágio de evolução, o processo tornou-se interdisciplinar e interfuncional.

Atualmente, práticas relacionadas à organização simultânea são crescentemente aplicadas no PDP, resultando numa abordagem comumente chamada de engenharia simultânea (ES). Essa abordagem tornou-se bastante conhecida e pesquisada, principalmente por proporcionar resultados positivos no desenvolvimento de novos produtos em contextos turbulentos. A ES será apresentada mais detalhadamente no capítulo 3.

### **2.3 OS PROBLEMAS DO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO**

Em função do aumento da complexidade do processo e do produto, os problemas decorrentes do desenvolvimento de produtos também se tornaram maiores. Nesse sentido, a complexidade das operações e das decisões tornou-se uma das características mais marcantes do PDP, principalmente em função do grande número de pessoas que passaram a estar envolvidas no processo (CRAWFORD; BENEDETTO, 2000).

Apesar da disponibilidade de métodos e ferramentas de suporte a gestão do produto, o PDP é marcado pela existência de problemas que fogem ao controle de cada um dos envolvidos (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993), os quais estão apresentados a seguir:

- No PDP, um dos obstáculos para se atingir rapidez, eficácia e alta qualidade de desenvolvimento é a incerteza inerente ao desenvolvimento de novos produtos. Isso pode ser observado desde o início do PDP, quando as primeiras idéias geradas sobre um produto incerto buscam criar uma perspectiva para um futuro incerto que, em alguns casos, está muitos anos à frente (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993).
- Relacionado também às incertezas inerentes ao PDP, pode-se citar as mudanças inesperadas do tipo e demanda de mercado também representam problemas para o PDP. Geralmente, esse tipo de problema está associado à escolha precoce do mercado ou da tecnologia do produto ainda instável. A principal consequência decorrente desse tipo de problema pode ser o desenvolvimento de produtos inconsistentes quanto ao foco durante seu ciclo de vida<sup>4</sup>, o que pode requerer grandes esforços para seu alinhamento com a realidade (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993).

Contudo, existem outros tipos de dificuldades relacionadas à incerteza, mas que de certa forma podem ser evitados. Dentre os problemas comumente citados tem-se:

- Existem dificuldades na definição do conceito do produto, devido à falta do estabelecimento de parâmetros de avaliação dos competidores. Nesse sentido, quando as empresas buscam conceber muito rapidamente novos produtos, é difícil estabelecer quem são os competidores e quais são os produtos concorrentes. Como resultado, o conceito elaborado pode levar à fabricação de produtos fáceis de serem copiados por competidores que podem entrar no mercado rapidamente (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993).
- Há necessidade de gerenciar os *trade-offs*, em função da existência de requisitos conflitantes (CRAWFORD; BENEDETTO, 2000).
- Problemas na troca de informação também tem grande importância durante o desenvolvimento do produto. Dentre as causas relacionadas a esse problema, estão a complexidade do processo e o número de pessoas envolvidas. (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993).
- A má gestão dos fornecedores é outro problema do PDP, muitas vezes relacionada a problemas contratuais. É um tipo de problema que envolve a alta gerência, podendo resultar em atrasos na disponibilização do produto ao mercado e na baixa qualidade do produto, decorrente, por exemplo, de especificações de fornecimento (*lead time*, materiais utilizados, etc.) pouco claras (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993).

Há também problemas e dificuldades de outra ordem, as quais não são relacionados diretamente ao desenvolvimento do produto, dentre eles:

---

<sup>4</sup> O ciclo de vida de um produto é o período que se inicia no momento da concepção e que se mantém enquanto o produto estiver sendo disponibilizado para o mercado, mesmo que sofra alterações (PAHL; BEITZ, 1996).

- Existem problemas relacionados ao perfil dos profissionais envolvidos. Segundo Clark e Fujimoto (1991), o perfil perfeccionista de alguns engenheiros de produto os leva à busca do produto perfeito, e a conseqüente proposição de alterações que dificultam o cumprimento de prazos. Nesse caso, o problema reside na perda do foco e no fato do produto se tornar demasiadamente sofisticado, extrapolando aos requisitos estipulados no início do processo. De modo similar, isso acontece para o perfil dos engenheiros de processos que, por enfatizarem excessivamente a facilidade de produção, acabam inibindo o processo de criação. Nesse caso o produto irá deixar de atender aos requisitos definidos.
- Outro grande problema é o medo e a resistência a mudanças inerentes aos seres humanos (CRAWFORD; BENEDETTO, 2000). Segundo esses autores, isso pode gerar dificuldades em inovar devido a este não ser um processo natural para algumas pessoas.

Em suma, existem muitas dificuldades no gerenciamento do PDP, independentemente do tipo de produto, serviço ou empresa. De acordo com Clark e Wheelwright (1993), isso deve a um problema de ordem fundamental: os gerentes falham em planejar suficientemente as habilidades e recursos, em definir o empreendimento e suas propostas apropriadamente e em integrar o empreendimento em desenvolvimento com outras estratégias da empresa. Além disto, os gerentes tendem a resolver os problemas tardiamente, quando a sua importância se torna aparente.

## **2.4 AS FASES DO PDP**

### **2.4.1 Planejamento**

Apesar de nem sempre ser considerada como uma fase do PDP, o planejamento das atividades a serem desenvolvidas pela empresa é bastante citado por vários dos autores pesquisados (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993; PAHL; BEITZ, 1996; ULRICH; EPPINGER, 2000; CRAWFORD; BENEDETTO, 2000), como a fase precedente à aprovação e lançamento do PDP.

De acordo com Pahl e Beitz (1996), essa fase pode ser iniciada a partir da identificação de uma oportunidade de mercado, de uma necessidade da empresa ou ainda uma perspectiva econômica favorável. Segundo os mesmos autores, a fase de planejamento é imprescindível para o sucesso da empresa e deve levar em consideração três fatores: a estratégia da empresa, a tecnologia vigente e o mercado alvo. As informações obtidas em relação a esses fatores devem possibilitar à alta gerência da empresa a realização de uma análise comparativa entre os referidos fatores e a real situação da empresa.

Também é na fase de planejamento que os planos de marketing vigentes na empresa, assim como as condições em que a empresa se encontra em relação a corpo técnico, infra-estrutura, reputação, entre outras, são analisadas. Esse tipo de análise é importante porque possibilita aos gerentes estimar os

recursos necessários aos empreendimentos que a empresa poderá desenvolver durante um período de tempo (CRAWFORD; BENEDETTO, 2000).

É consenso entre os autores estudados que o objetivo da fase de planejamento é identificar, dentro das reais condições da empresa e do mercado, o melhor caminho para a expansão dos negócios. Dessa forma, a empresa pode determinar as metas relacionadas a um empreendimento, ao mercado alvo, ao ramo de negócios, assim como suas proposições chave e restrições (ULRICH; EPPINGER, 2000).

Contudo, segundo Ulrich e Eppinger (2000), a especificação de características de produto **não** faz parte da fase de planejamento. Assim, cabe a essa fase apenas o levantamento e seleção das melhores idéias dentro do contexto em que a empresa se encontra.

Apesar de imprescindível, Clark e Wheelwright (1993) relatam que a fase de planejamento, na forma como vem sendo realizada na indústria manufatureira, estabelece pouca conexão entre o planejamento do negócio e a seleção das oportunidades. De maneira geral, as empresas mantêm muitos empreendimentos, desalinhados estrategicamente e essa forma de atuação reduz a capacidade competitiva da empresa (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993).

Para melhor esclarecer as atividades realizadas na fase de planejamento, na Figura 02 é apresentado um fluxograma do processo de planejamento do produto, proposto por Ulrich e Eppinger (2000), que é descrito na seqüência.

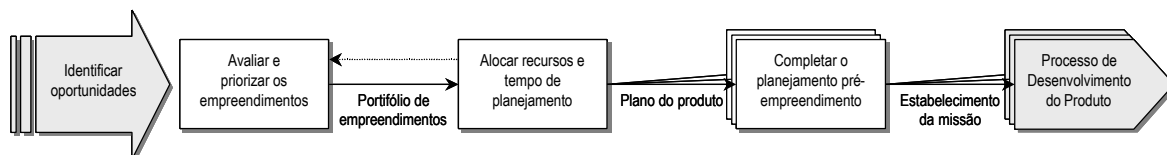


Figura 02 – Processo de planejamento do produto (ULRICH; EPPINGER, 2000)

- Identificação de oportunidades: nessa atividade, múltiplas oportunidades são identificadas e um conjunto de empreendimentos promissores é selecionado. As definições são estabelecidas através do confronto entre as informações de marketing, vendas, pesquisa e tecnologia, projetos em desenvolvimento, fabricação, clientes potenciais e ainda fornecedores e parceiros de negócios (ULRICH; EPPINGER, 2000).
- Avaliação e priorização de empreendimentos: depois de identificadas as oportunidades, estas são avaliadas e priorizadas segundo a estratégia da empresa, a segmentação de mercado, a trajetória tecnológica e a possível plataforma do produto. Em relação à estratégia, os gerentes devem avaliar questões de liderança tecnológica, custo de liderança, foco no cliente e potenciais

seguidores<sup>5</sup>. A segmentação de mercado diz respeito à identificação dos competidores e do tamanho do mercado. Para a trajetória tecnológica deverá ser avaliada a necessidade de novas tecnologias para a fabricação do novo produto. Por último, para a plataforma do produto os gerentes devem avaliar o tamanho da família de produtos que podem ser desenvolvidos a partir das propostas selecionadas (ULRICH; EPPINGER, 2000).

- Alocação de recursos e tempo: a partir da seleção das melhores oportunidades, os gerentes ainda deverão avaliar as propostas quanto à necessidade de recursos (de tempo e financeiros) de desenvolvimento, às dificuldades de entrada no mercado, aos competidores seguidores e à evolução do produto durante seu ciclo de vida (ULRICH; EPPINGER, 2000).
- Complementação do planejamento pré-emprego: por último, previamente ao início do PDP, e antes que recursos substanciais sejam investidos, a alta gerência deverá reunir a equipe interfuncional com o objetivo de reavaliar os dados disponíveis e gerar um plano para desenvolvimento do produto, em geral, baseado na definição mais detalhada do mercado alvo e das proposições sob as quais a equipe interfuncional irá trabalhar (ULRICH; EPPINGER, 2000).

De forma resumida, é a partir da fase de planejamento que são levantadas e selecionadas as melhores oportunidades de desenvolvimento e definidas as diretrizes para o desenvolvimento do produto. Nesta fase, as diretrizes para o PDP são traçadas através da visualização da situação da empresa em relação à sua capacidade de dispor recursos financeiros, humanos e tecnológicos e de quebrar barreiras de entrada em novos mercados. É somente após o estabelecimento dessas definições que se inicia o PDP propriamente dito.

#### **2.4.2 Desenvolvimento do Conceito**

A fase de desenvolvimento do conceito é aquela cujo objetivo é voltado ao estabelecimento dos benefícios a serem considerados no produto a ser desenvolvido (BUSS; CUNHA, 2001). Por não envolver normalmente a elaboração de especificações técnicas detalhadas, esta fase é considerada por Pahl e Beitz (1996) como a mais abstrata do PDP.

Para Buss e Cunha (2001), a importância dessa fase reside no fato de que as pessoas, ao se depararem com um produto, tendem a observar em primeiro lugar os benefícios proporcionados por esse produto, ficando o entendimento do objeto em si (sistema técnico) em segundo plano.

Entre as atividades realizadas nessa fase destacam-se a busca de soluções para as diretrizes traçadas na fase de planejamento (PAHL; BEITZ, 1996), a geração de informações que possibilitem o

---

<sup>5</sup> O termo seguidor, neste trabalho, é utilizado para caracterizar empresas que desenvolvem seus produtos a partir da do conceito ou da tecnologia desenvolvida por uma empresa concorrente (ABETTI, 1994).

detalhamento da engenharia do produto (CLARK; FUJIMOTO, 1991), assim como a definição dos elementos que determinam a relação entre a empresa e o cliente (LEVITT, 1990).

No que se refere ao estabelecimento destes elementos, Levitt (1990), Kotler (1998) e Buss e Cunha (2001) ressaltam que um produto é composto por elementos que vão além da especificação de um benefício e de sua caracterização técnica. Assim, para explicitar o conjunto de elementos que compõem o produto, Buss e Cunha (2001) propõem a divisão desses elementos em cinco dimensões conforme ilustrado na Figura 03.

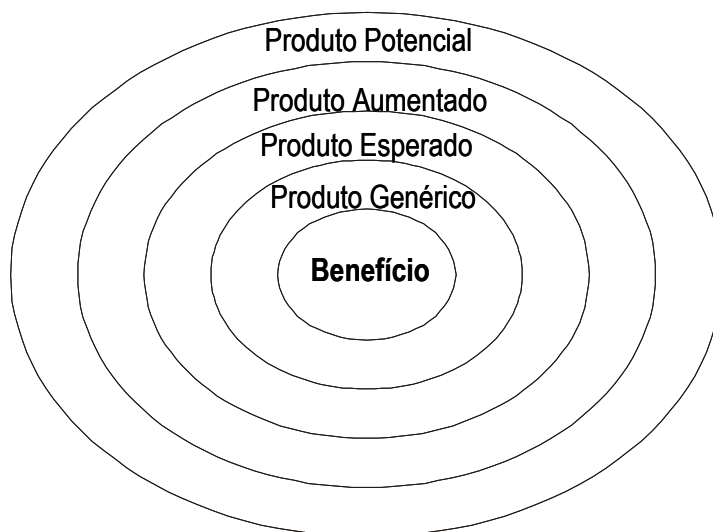


Figura 03 – Conceito total de produto (BUSS; CUNHA, 2001)

Para Buss e Cunha (2001), o benefício é a dimensão central que se refere apenas ao modo pelo qual o produto atende às necessidades dos clientes. Englobando essa, tem-se a dimensão do produto genérico que se refere à configuração do benefício num produto básico, ou seja, num conjunto de características técnicas. Para que essas características sejam especificadas, é necessário delimitar a dimensão do produto esperado. Nesse caso, essa dimensão diz respeito ao conjunto de itens esperados pelo cliente que definem as condições mínimas de compra. Por fim, e acima dessas dimensões, encontra-se a dimensão do produto aumentado e a do produto potencial. Estas duas últimas dimensões se referem respectivamente à identificação de formas de diferenciação do produto esperado (como a “ampliação da oferta de benefícios”) e às ampliações que o produto poderá sofrer no futuro. Assim, para Buss e Cunha (2001), a vantagem da definição ampliada do produto é tornar possível o planejamento do desenvolvimento de produtos para mercados existentes, assim como para mercados que estão em formação.

Assim, considerou-se neste trabalho que a fase de desenvolvimento do conceito é aquela em que são estabelecidas as primeiras especificações sobre o produto em suas várias dimensões. Do mesmo modo que, a utilização de recursos financeiros se restringe à necessária para a formação da equipe interfuncional e à aplicação de métodos para a coleta, tradução e avaliação das informações inerentes

ao produto, aos usuários do produto, às tendências futuras de mercado e das condições de fabricação (tecnologia).

Considerado com este escopo, o desenvolvimento do conceito de um produto implica a geração e refinamento de uma série de informações e especificações sobre esse produto ao longo do desenvolvimento (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993). No entanto, a atividade de gerar essas informações é considerada complexa, dentre outras razões, pelo fato dessas especificações surgirem a partir da resolução dos conflitos gerados entre variáveis relevantes do produto (CRAWFORD; BENEDETTO, 2000). Esses autores utilizam como exemplo dessa complexidade, os conflitos gerados a partir das variáveis forma, tecnologia e necessidades dos clientes (Figura 04).

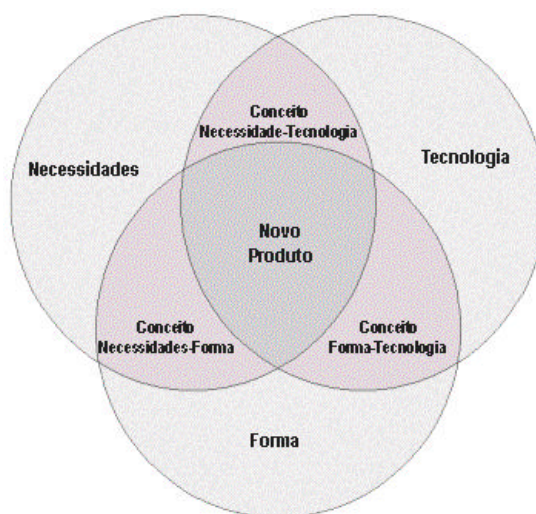


Figura 04 – Problemas conflitantes na esfera de projeto (CRAWFORD; BENEDETTO, 2000)

Crawford e Benedetto, 2000 explicam que os clientes de um determinado nicho podem ter **necessidades** para as quais a empresa interessada nem sempre dispõe de **tecnologia** para produzir um produto com a **forma** que irá atender a essas necessidades. Por outro lado, a empresa pode dispor de uma **tecnologia** para a produção de um produto, mas isso poderá restringir o número de **necessidades** que podem ser atendidas ou as **formas** que podem ser produzidas. Ou ainda, a empresa identifica uma **forma** de produto, que será criada pelo uso de uma **tecnologia** e que será oferecida aos clientes com o intuito verificar se atende suas **necessidades**.

Clark e Fujimoto (1991) e Clark e Wheelwright (1993) ressaltam também as dificuldades relacionadas ao alinhamento das soluções geradas com a estratégia da empresa e com os objetivos do negócio. Em suma, para esses autores, todas essas dificuldades estão associadas com a incerteza relacionada ao processo de tomada de decisão, fortemente baseado no estabelecimento de *trade-offs*, e ao fato de que informações errôneas geradas nessa fase resultarão em perdas nas fases subsequentes.

No que diz respeito a esse problema, Sobek et al. (1999) destacam a utilização da abordagem denominada *Set-based Concurrent Engineering* como um caminho para a redução das perdas e



retrabalho em fases posteriores. Segundo esses autores, essa abordagem parte da consideração de uma ampla variedade de propostas logo no início do processo e da tomada de decisão prorrogada ao mais tarde possível. Ainda segundo esses autores, apesar de ser necessário investir mais tempo no início do PDP, a utilização dessa abordagem possibilita maior flexibilidade de alteração ao longo desse processo.

Além dessa abordagem, como meio para lidar com as dificuldades acima referidas, Ulrich e Eppinger (2000) propõem a divisão da fase de desenvolvimento do conceito em três atividades principais: identificação das necessidades dos clientes, tradução das necessidades em conceito do produto e, por fim, teste e avaliação do conceito gerado. Optou-se por adotar essa divisão no presente trabalho, pois, autores como Clark e Fujimoto (1991); Clark e Wheelwright (1993); Pahl e Beitz (1996); Crawford e Benedetto (2000) e Cunha e Buss (2001), consideram em seus trabalhos que essas atividades são de grande importância no processo de desenvolvimento do conceito.

A identificação das necessidades do cliente é descrita pelos autores acima referenciados como uma atividade intensamente interligada com o setor de marketing das empresas. Para que essa interligação ocorra é necessário que esse setor tenha um intenso contato com os clientes (ULRICH; EPPINGER, 2000). O objetivo principal dessa interação é a identificação dos problemas e necessidades das pessoas em relação ao produto que será desenvolvido (CRAWFORD; BENEDETTO, 2000). Posteriormente, as necessidades identificadas deverão auxiliar a equipe de projetistas no estabelecimento das especificações do produto a ser desenvolvido (ULRICH; EPPINGER, 2000).

Por estabelecer as premissas do produto a ser desenvolvido, é importante que o processo de identificação desses requisitos seja criterioso e, para isso, deve ser bem estruturado e com resultados consistentes. Para a realização dessa atividade é necessário que estejam bem definidos quem são os clientes internos e externos e qual o mercado de atuação da empresa (PAHL; BEITZ, 1996). Das práticas apontadas pelos autores estudados, a realização de entrevistas, reuniões com grupos de foco e a observação do produto em uso são aquelas que apresentam os melhores resultados em relação à obtenção dessas informações.

Garantida a consistência dos dados obtidos, a atividade seguinte a ser realizada é a transformação dessas informações no conceito do produto. O conceito do produto é a descrição aproximada do produto, em relação à tecnologia, ao funcionamento e a forma (CLARK; FUJIMOTO, 1991; CUNHA; BUSS, 2001), expressa em forma de especificações qualitativas e quantitativas (ULRICH; EPPINGER, 2000).

Neste sentido, no auxílio ao exercício dessa atividade, Clark e Fujimoto (1991), Clark e Wheelwright (1993), Pahl e Beitz (1996), Ulrich e Eppinger (2000), Crawford e Benedetto (2000) e Cunha e Buss (2001) recomendam a utilização da ferramenta denominada QDF (*Quality Function Deployment*). Principalmente utilizada na fase de concepção do produto, a grande relevância na aplicação do QFD

está em permitir a transposição da percepção do produto pelo cliente, eminentemente de natureza **qualitativa**, para uma descrição em termos técnicos, envolvendo a sua caracterização **quantitativa**, própria da atividade de engenharia dos sistemas técnicos (CUNHA; BUSS, 2001).

Para a aplicação do QFD, de acordo com Pahl e Beitz (1996), continua sendo necessária a interação da equipe de marketing com os clientes, pois isso pode facilitar a captura e tradução dos requisitos em especificações. Não obstante, apesar de fortemente relacionada com a equipe de marketing, a participação da equipe interfuncional é imprescindível.

O objetivo da participação da equipe interfuncional é explicitar o conjunto de informações e requisitos internos, necessários ao desenvolvimento do produto (ULRICH; EPPINGER, 2000). Adicionalmente, Clark e Fujimoto (1991) salientam que o desenvolvimento participativo auxilia na resolução de conflitos que surgem durante essa fase e asseguram que os requisitos identificados influenciem no desenvolvimento do produto e que o produto desenvolvido influencie mudanças de opinião no cliente.

Ao final dessa atividade e antes da realização dos testes de conceito, segundo Ulrich e Eppinger (2000), o conceito deverá ser expresso segundo o tipo de produto (tesoura, furadeira, apartamento, etc.), os benefícios proporcionados (cortar, furar, abrigar, etc.) e o significado, quando associado ao cliente (status, arrojo, etc.).

Depois de estabelecidos os conceitos para o produto que a empresa irá desenvolver, iniciam-se as atividades relacionadas ao teste dos conceitos gerados. Mais uma vez, o objetivo é assegurar que as metas e especificações estejam alinhadas com as necessidades dos clientes, do mercado e da empresa, antes do investimento substancial de recursos no PDP (CLARK; FUJIMOTO, 1991; CLARK; WHEELWRIGHT, 1993; PAHL; BEITZ, 1996; ULRICH; EPPINGER, 2000; CRAWFORD; BENEDETTO, 2000; CUNHA; BUSS, 2001).

Novamente, a equipe de marketing deve interagir com a equipe interfuncional, coordenando o processo de escolha do método mais adequado para a avaliação do conceito (PAHL; BEITZ, 1996). De acordo com Ulrich e Eppinger (2000), as variáveis analisadas na escolha da ferramenta de avaliação são: a utilização e disponibilidade de recursos (financeiros, humanos e de tempo) para realização da avaliação, a abrangência e a representatividade dos resultados proporcionados.

A esse respeito, de acordo com Ulrich e Eppinger (2000), as *surveys* têm sido o meio de avaliação mais utilizado na indústria manufatureira. No entanto, apesar da disseminação dessa prática, esses autores afirmam que esse método não dispensa os cuidados de escolha e utilização acima mencionados.

Independentemente do método utilizado para a avaliação, os resultados obtidos deverão ser consistentes e passíveis de análises comparativas no caso do estabelecimento de mais de um conceito para o mesmo produto (PAHL; BEITZ, 1996; ULRICH; EPPINGER, 2000). Quanto à interpretação dos

resultados, esta deverá ser realizada de maneira bastante simples: se um conceito é dominante sobre o outro e os dados são consistentes, este conceito deve ser o escolhido. Porém se os resultados são pouco conclusivos, a decisão deve ser baseada no custo do produto ou em outra consideração feita pelos gestores do processo (ULRICH; EPPINGER, 2000).

Desse modo, o conceito completo é o resultado da tradução gradual dos requisitos em proposições. Nesse processo de evolução, as proposições se tornam cada vez mais concretas à medida que especificações de custo, meta, componentes, estilo e *layout* vão sendo definidos. Pelo que se pode observar a partir da revisão bibliográfica (CLARK; FUJIMOTO, 1991; CLARK; WHEELWRIGHT, 1993; PAHL; BEITZ, 1996; ULRICH; EPPINGER, 2000; CRAWFORD; BENEDETTO, 2000; CUNHA; BUSS, 2001), a captura de requisitos na fase de desenvolvimento do conceito é mais direcionada aos clientes finais e às metas da empresa do que aos clientes internos.

Finalizando, assim como a boa realização da fase de planejamento facilita a realização da fase de desenvolvimento do conceito dentro de seus objetivos, o bom desenvolvimento do conceito cria condições favoráveis para que as fases posteriores do PDP atinjam seus objetivos com reduzidas perdas e retrabalhos. Para que isso ocorra, é necessário que a empresa disponha de procedimentos e ferramentas para identificar as necessidades do cliente, transformar as informações obtidas em um conceito de produto e, por fim, testar o conceito junto ao mercado e ao cliente.

### **2.4.3 Projeto em Nível de Sistemas**

Na etapa seguinte, o produto definido em termos conceituais deve ser traduzido em termos de sistemas técnicos, resultando na definição da composição e arranjo dos componentes do produto. De maneira simplificada, para Clark e Fujimoto (1991), Clark e Wheelwright (1993), Pahl e Beitz (1996), Ulrich e Eppinger (2000), Crawford e Benedetto (2000) e Cunha e Buss (2001), nesta fase são definidos a arquitetura e o *layout* do produto.

Através da utilização de convenções tradicionais de desenho, de desenhos em escala simplificados ou ainda de soluções prontas buscadas em catálogos (PAHL; BEITZ, 1996), a arquitetura ou sistema técnico, assim como é denominado por alguns autores (PAHL; BEITZ, 1996; ULRICH; EPPINGER, 2000; CUNHA; BUSS, 2001), constitui-se da definição dos elementos funcionais e físicos do produto a ser desenvolvido. De acordo com Ulrich e Eppinger (2000), o *layout* é a definição da disposição dessas partes no interior do mesmo.

Elementos funcionais são aqueles que realizam operações e transformações que contribuem para o desempenho do produto. Elementos físicos são as partes e componentes do produto que realizam as funções. Como exemplo de elementos funcionais e físicos, pode-se citar “estoque de papel” (elemento funcional) e bandeja de papel (elemento físico) de uma impressora (ULRICH; EPPINGER, 2000).

Para Pahl e Beitz (1996) e Ulrich e Eppinger (2000), a arquitetura do produto começa a ser definida informalmente ainda na fase de desenvolvimento do conceito, quando são traçados os primeiros esboços. A arquitetura do produto gradualmente se torna madura à medida que a definição do conceito e dos sistemas torna-se mais consistente.

Para que se possa definir a arquitetura do produto é preciso que as equipes de projeto estejam atentas a uma série de questões relacionadas ao produto e à empresa (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993). Quanto a essa questão, os projetistas devem considerar as implicações resultantes do controle de mudanças que se quer ter sobre o produto (ULRICH; EPPINGER, 2000). Como exemplo, esses autores citam a limitação do desempenho a um patamar comum quando da utilização de partes padronizadas para diferentes produtos.

Ainda em relação a este ponto, em geral, elementos físicos podem estar sujeitos a mudanças também ao longo do seu ciclo de vida (CRAWFORD; BENEDETTO, 2000; ULRICH; EPPINGER, 2000). Ulrich; Eppinger (2000) apresentam diversos exemplos de mudanças: *upgrade*, complementação, reposição, consumo, flexibilidade de uso, entre outros. Esses autores também salientam que essas alterações podem ocorrer em função de muitos fatores, dentre eles as mudanças dos requisitos do cliente, da disponibilização de nova tecnologia no mercado ou ainda da necessidade da empresa em oferecer um produto diferenciado.

Para os elementos funcionais, o foco das atenções da equipe interfuncional é dado às possíveis variações dos níveis de desempenho (por exemplo, velocidade, eficiência, precisão, etc.) que se quer obter. A esse respeito, o estabelecimento de um nível maior de desempenho do produto pode ampliar o tamanho do mercado alvo, sem que necessariamente haja aumento do custo do produto ou do tempo de desenvolvimento (ULRICH; EPPINGER, 2000).

Ainda existe um outro aspecto a ser levado em consideração na definição da arquitetura do produto. A definição dos elementos físicos e funcionais associada à definição da plataforma dos produtos da empresa. Apesar de reduzir o controle sobre mudanças no produto, a padronização de componentes em função de um número considerável de produtos da mesma família pode levar a empresa a revisar suas relações com a cadeia de fornecedores (ULRICH; EPPINGER, 2000).

Levados em consideração todos os aspectos que influenciam a definição da arquitetura do produto, tem início então o processo de elaboração do *layout* do produto. Inicialmente são desenvolvidas várias propostas para o *layout*. Dessa forma, é possível para a equipe interfuncional levantar as vantagens e desvantagens de cada disposição proposta até a elaboração da disposição final (PAHL; BEITZ, 1996).

Como não existe apenas uma única resposta para a resolução do *layout*, a construção da melhor opção torna o processo fortemente baseado no estabelecimento de *trade-offs* (ULRICH; EPPINGER, 2000). Também em função das inúmeras combinações capazes de atender aos requisitos desejados, o

processo de definição do *layout* torna-se cíclico à medida que são necessários vários ciclos simultâneos de projeto e análise (CLARK; FUJIMOTO, 1991).

De acordo com Pahl e Beitz (1996), a complexidade nessa fase advém dessa realização simultânea de muitas tarefas em alto nível de informação. Esses autores ressaltam que adições e alterações aumentam o número de repetição de passos, os quais somente poderão ser dados após a avaliação das variáveis: tempo disponível para a realização de alterações, frequência de realização destas e repercussão destas em relação ao todo (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993).

Tantas interações na fase de projeto em nível de sistemas demandam uma considerável quantidade de trabalho. Apesar de envolver toda a equipe interfuncional, as definições em nível de sistemas requerem maior participação das equipes interdisciplinares de engenharia (ULRICH; EPPINGER, 2000).

Ao restante da equipe interfuncional cabe o desenvolvimento em paralelo de tarefas relacionadas à dimensão ampliada do produto (CUNHA; BUSS, 2001), ou seja, os planos de marketing, finanças e negócios, baseados em informações mais precisas, em função do estágio intermediário de desenvolvimento do produto. Essas informações servem de base para o estabelecimento de critérios técnicos e econômicos que dão o embasamento necessário para a aprovação das propostas e conseqüente encaminhamento à fase seguinte do PDP (PAHL; BEITZ, 1996; CRAWFORD; BENEDETTO, 2000).

#### **2.4.4 Detalhamento do Projeto**

De acordo com Clark e Fujimoto (1991), para iniciar a fase de detalhamento do projeto é necessário que alguns pré-requisitos sejam cumpridos a partir da fase de projeto em nível de sistemas. Segundo esses autores, o início do detalhamento do projeto não depende da definição do *layout* do produto, mas da definição da sua arquitetura. Do mesmo modo, é necessário que o modelo do produto (forma, materiais empregados, etc.) seja aprovado e as metas em termos de custos e desempenho especificados.

Esses pré-requisitos (arquitetura, modelo, metas de custo e desempenho) estão relacionados ao entendimento holístico do produto e garantem que as partes e componentes do produto sejam coesas, mesmo sendo desenvolvidas simultaneamente de forma individual. Assim, somente depois de preenchidos tais pré-requisitos, é que as partes e componentes do produto podem ser detalhados pelas equipes de projeto.

De acordo com Pahl e Beitz (1996), a fase de detalhamento do projeto é uma parte do processo de projeto que completa a fase de projeto em nível de sistemas. A fase de detalhamento do projeto inicia à medida que os problemas inerentes à fase de definição dos sistemas técnicos vão sendo resolvidos e as definições vão sendo geradas.

Para Clark e Wheelwright (1993), também essa fase é marcada pela sobreposição com as fases anteriores e posteriores. Isto significa dizer que é possível iniciar a fase de detalhamento mesmo que as definições da fase anterior não tenham sido totalmente estabelecidas. Como os produtos desenvolvidos geralmente são constituídos de vários componentes, definir um componente na fase de projeto em nível de sistemas permite que se inicie seu detalhamento independentemente dos demais. Por exemplo, Clark e Wheelwright (1993) citam os componentes com longo *lead time* de fabricação que necessitam ser projetados mais rapidamente, e que devem ser definidos antes mesmo da resolução completa do *layout*.

Em função dessa sobreposição, existe a necessidade de integração das equipes de projeto. A esse respeito, segundo Prasad (1996) e Ulrich e Eppinger (2000), a ênfase gerada sobre a integração da equipe interfuncional e, sobretudo, da equipe interdisciplinar é devida ao desenvolvimento em paralelo dos vários componentes que compõem um produto. Segundo esses autores, o envolvimento direto ou indireto de muitos profissionais favorece a resolução das interfaces, contribuindo para aumentar a coesão do produto.

Segundo Clark e Fujimoto (1991), Clark e Wheelwright (1993), Pahl e Beitz (1996), Ulrich e Eppinger (2000), Crawford e Benedetto (2000) e Cunha e Buss (2001), a configuração das equipes de projeto vai além da equipe de engenharia (engenheiros da empresa, autônomos especialistas e fornecedores). Para esses autores, a participação de representantes de P&D, consultores de projeto, profissionais de marketing, revendedores, vendedores, fornecedores, clientes, entre outros, além de facilitar a execução das tarefas relacionadas com a fase de detalhamento do projeto, favorece um maior atendimento às necessidades dos clientes internos do PDP.

Esses agentes, segundo os mesmos autores, representam toda a força de trabalho necessária para gerar a especificação completa da geometria, dos materiais e das tolerâncias de cada parte do produto. Essas especificações deverão constituir a documentação referente às instruções finais sobre o *layout*, forma, dimensões e propriedades dos componentes, materiais e métodos de produção, procedimentos operacionais e custos do produto (PAHL; BEITZ, 1996), plano para o processo de projeto e fabricação e as ferramentas utilizadas na fabricação das partes do produto (ULRICH; EPPINGER, 2000).

Em virtude do grande volume de trabalho gerado, o processo deve ser coordenado por um gerente sênior da empresa (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993). A esse respeito, Clark e Fujimoto (1991), Clark e Wheelwright (1993), Pahl e Beitz (1996), Ulrich e Eppinger (2000), Crawford e Benedetto (2000) e Cunha e Buss (2001) salientam que a atividade de gerenciar a fase de detalhamento de projeto constitui uma tarefa bastante complexa a ser realizada. Para esses autores, os desafios estão em combinar adequadamente os detalhes de engenharia e em resolver a interface de tradução dos requisitos em projeto.

Além disso, o grande volume de trabalho gerado permanece fortemente focado na resolução de *trade-offs* (CLARK; FUJIMOTO, 1991). Existem problemas devidos à informalidade do processo, à utilização de *softwares* de gerenciamento ineficazes, à falta de disciplina na programação do trabalho e aos excessivos *handoffs* (separação entre conhecimento, responsabilidade e ação) (CRAWFORD; BENEDETTO, 2000).

Frente a esses problemas, de acordo com Clark e Fujimoto (1991), o planejamento desta fase deve ser realizado progressivamente, partindo do planejamento do todo, passando pelos planos de processos individuais (projeto ou plano de compra e instalação de ferramentas e equipamentos) e testes e finalizando com os planos de produção piloto até a produção propriamente dita.

O detalhamento do projeto não é realizado apenas com a função de gerar especificações de engenharia (ULRICH; EPPINGER, 2000). O detalhe irá depender do fim a que é proposto (detalhar a engenharia, os custos, a montagem, etc.). O detalhamento considerado nessa fase diz respeito à obtenção de todo tipo de informação sobre o produto e os processos.

A esse respeito, Pahl e Beitz (1996) listam algumas das finalidades para as quais o projeto pode ser detalhado na indústria metal-mecânica. Dentre esses exemplos têm-se: atendimento às funções, princípios de trabalho, *layout*, segurança, ergonomia, produção, controle de qualidade, montagem, transporte, operação, reciclagem, manutenção, custos e programação. Esses autores relatam que esses são apenas alguns dos critérios mais utilizados nesse tipo de indústria e que esses critérios podem ser diferentes a depender do produto e da indústria.

Segundo Clark e Wheelwright (1993), Pahl e Beitz (1996), Ulrich e Eppinger (2000), Crawford e Benedetto (2000) e Cunha e Buss (2001), um dos métodos freqüentemente utilizados para detalhar o projeto é o DFX (projeto para X<sup>6</sup>). A letra "X" pode corresponder a diversos critérios (confiabilidade, montagem, desmontagem, robustez, praticidade, impacto ambiental, etc.), que determinam o objetivo do detalhamento do projeto. Em geral, o projeto para fabricação (DFM – *Design for Manufacturing*) é a abordagem mais utilizada, por ser uma abordagem diretamente voltada à redução de custos de fabricação do produto (ULRICH; EPPINGER, 2000).

Do mesmo modo, o detalhamento expresso em forma de desenhos em escala, é bastante utilizado. De maneira geral, esses desenhos são desenvolvidos pelas equipes através da utilização de softwares, como CAD (*Computer Aided Design*), que facilitam a troca de informações entre os agentes envolvidos. Esses desenhos são submetidos a críticas, revisões e avaliações técnicas e econômicas, que torna possível a definição dos custos e prazos de forma mais precisa (PAHL; BEITZ, 1996).

---

<sup>6</sup> O termo originalmente utilizado para essa abordagem é *design for "X"*.

Para Ulrich e Eppinger (2000), qualquer que seja o método utilizado para o detalhamento, a seleção dos critérios deverá atender as demandas da equipe interfuncional. Segundo esses autores, isso é necessário, pois o estabelecimento de critérios, realizado por essa equipe, é orientado à identificação e correção de falhas em relação ao atendimento dos requisitos e metas identificadas desde a fase de desenvolvimento do conceito.

Assim, a fase de detalhamento do projeto tem como produto principal a documentação de controle para a produção do produto. Seu término é estabelecido a partir da aprovação do projeto do produto, que ocorre quando este atende às premissas estabelecidas na fase de conceito (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993). Cabe também salientar que alguns autores como Clark e Fujimoto (1991) e Clark e Wheelwright (1993) incluem nesta fase os testes realizados a partir de protótipos. Este processo, denominado por esses autores como *design-build-test* (projeto-produção-teste), constitui-se de um processo cíclico que é repetido várias vezes até que o desempenho desejado seja atingido. Por constituir parte importante do PDP, a fase de teste será apresentada no item seguinte deste capítulo.

#### **2.4.5 Teste e Refinamento**

De modo análogo às fases anteriores, a fase de teste e refinamento se sobrepõe às demais fases no PDP. De acordo com Pahl e Beitz (1996) e Clark e Wheelwright (1993), isso ocorre devido às informações fornecidas durante a realização de testes de desenvolvimento serem necessárias em todos os pontos do processo de projeto e, por isso, não é possível fixá-la em um momento particular. Entretanto, para Clark e Wheelwright (1993), é após a fase de detalhamento o projeto que os testes se intensificam.

Para Clark e Fujimoto (1991), Clark e Wheelwright (1993), Pahl e Beitz (1996), Ulrich e Eppinger (2000) e Crawford e Benedetto (2000), assim como o produto, os testes também evoluem gradualmente à medida que o PDP se aproxima da fase de disponibilização do produto no mercado. Na fase de desenvolvimento do conceito, essa evolução passa pela elaboração de modelos ou simulações que ilustram o conceito e as potencialidades do produto, auxiliando no esclarecimento de questões fundamentais para a equipe de desenvolvimento.

A partir desse ponto, para as fases de projeto em nível de sistemas e projeto detalhado, os testes tornam-se cada vez mais objetivos, buscando respostas para a obtenção da funcionalidade e desempenho desejados para o produto. Nesse sentido, os testes realizados partem de estudos sobre os componentes individualmente e podem finalizar num estágio de desenvolvimento mais avançado, em que é possível expor o produto a condições reais de uso. Nestes casos, o objetivo da realização dos testes é verificar se o produto atende às expectativas do cliente.

Por último, e próximo ao período de disponibilização do produto no mercado, Clark e Fujimoto (1991), Clark e Wheelwright (1993), Ulrich e Eppinger (2000) e Crawford e Benedetto (2000) relatam que os



testes são mais direcionados à qualidade do processo de fabricação. O objetivo nesse estágio de desenvolvimento é verificar falhas no processo de fabricação que incidam sobre as características especificadas para o produto.

Segundo Crawford e Benedetto (2000), em qualquer fase ou nível de desenvolvimento que se encontre o produto, os testes realizados buscarão respostas a dois tipos de questionamento: o primeiro é se o produto atingirá as especificações traçadas na fase de conceito e o segundo é se o produto atenderá as necessidades dos clientes. Mesmo que o produto atinja o desempenho especificado, este poderá não atender às necessidades, caso ocorram falhas no desenvolvimento do conceito.

Para Clark e Fujimoto (1991), Clark e Wheelwright (1993), Pahl e Beitz (1996), Ulrich e Eppinger (2000) e Crawford e Benedetto (2000), na indústria manufatureira, a busca pelas respostas às questões apresentadas se dá principalmente através da realização de testes a partir da construção de protótipos. Para esses autores, os protótipos são modelos aproximados do produto ao longo de uma ou mais dimensões de análise, gerados em condições particulares de fabricação.

Em relação à construção de protótipos, segundo Crawford e Benedetto (2000) e Ulrich e Eppinger (2000), existem várias tecnologias disponíveis para sua elaboração. Dessas tecnologias, segundo Ulrich e Eppinger (2000), a modelagem computacional em três dimensões (3D) e a prototipagem rápida (baseada na produção de partes tangíveis do produto a partir de materiais facilmente moldáveis como plástico, papel, cerâmica, metal ou cera) têm sido as mais utilizadas na indústria manufatureira.

Para Ulrich e Eppinger (2000), isso ocorre porque esses tipos de protótipos apresentam vantagens sobre os protótipos baseados em cópias fiéis do produto final. Em geral, modelos computacionais, ou mesmo os de prototipagem rápida, têm baixo custo de execução, exigem pouco tempo para a elaboração, apresentam facilidades para a visualização e análise de propriedades físicas do produto, como massa e volume.

Independentemente do tipo de protótipo utilizado, a avaliação é realizada a partir de duas dimensões denominadas por Ulrich e Eppinger (2000) de física e analítica. A avaliação da dimensão física ocorre a partir da elaboração de artefatos tangíveis com características próximas à do produto final, enquanto que para a dimensão analítica a avaliação ocorre a partir da representação do produto feita de maneira não tangível, usualmente matemática.

Ainda para aqueles autores, a partir dessas dimensões, as avaliações podem ser realizadas sob duas formas. A primeira, denominada completa, ocorre através da implementação de quase todos os atributos do produto no protótipo, respeitando a escala real do produto e os testes realizados dentro do contexto de utilização. A segunda, denominada focada, é realizada a partir da implementação de um ou apenas alguns dos atributos do produto no protótipo e tem o objetivo de avaliar apenas o desempenho da parte.

Em relação ao PDP, os testes realizados a partir de protótipos podem atender a quatro finalidades: aprendizagem (avaliação do êxito na tradução das necessidades e metas em produto), comunicação (superação da percepção baseada na descrição do produto), integração (resolução das interfaces entre componentes) e equiparação (evolução gradual do nível de funcionalidade desejada) (ULRICH; EPPINGER, 2000).

Segundo Ulrich e Eppinger (2000), é possível retroalimentar o processo de projeto em todas as fases a partir dos resultados das avaliações, permitindo a correção de falhas e o refinamento do produto. Além da detecção de falhas, a realização de testes também auxilia a melhor explorar outras dimensões do produto diferentes do benefício (CRAWFORD; BENEDETTO, 2000; CUNHA; BUSS, 2001). Devido a essa forte necessidade de interação de todas as fases, a equipe interfuncional assume um importante papel, pois as falhas detectadas podem dizer respeito a problemas tanto de ordem técnica, quanto de ordem conceitual ou financeira.

Para finalizar, é importante salientar que apesar de apresentar inúmeros benefícios, a decisão pela realização de testes e protótipos depende de muitos fatores. A esse respeito, antes mesmo da elaboração, é necessário que os gerentes saibam o que se quer aprender para que se possa definir o método de avaliação, assim como o tempo e recursos necessários e disponíveis para sua realização.

#### **2.4.6 Produção Piloto (*Ramp Up*)**

Nessa fase os produtos são produzidos já dentro do sistema de produção que será mantido pela empresa. O propósito dessa fase é treinar a força de trabalho e resolver os problemas do processo de produção (ULRICH; EPPINGER, 2000). Para isso, a empresa inicia a produção comercial do produto com pouco volume de produção. Dessa forma, a empresa busca tornar mais confiável o processo, a capacidade de atendimento dos fornecedores, a habilidade em produzir consistentemente e as habilidades de marketing em vender o produto (CLARK; FUJIMOTO, 1991; CLARK; WHEELWRIGHT, 1993).

Em alguns casos, os produtos gerados inicialmente são oferecidos a clientes preferenciais e são cuidadosamente avaliados para identificar problemas e imperfeições técnicas e conceituais. O lançamento do produto é feito durante o período de transição entre a produção piloto e a produção final, que ocorre gradualmente (ULRICH; EPPINGER, 2000).

Dependendo do tamanho do ciclo de vida do produto, a equipe interfuncional mantém-se atenta a alterações nas demandas do cliente. Caso sejam verificados novos requisitos e necessidades, ou ainda, caso seja disponibilizada nova tecnologia, esta retroalimentação resulta no reinício do processo de desenvolvimento do produto (CRAWFORD; BENEDETTO, 2000).

## 2.5 O PDP NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Para descrever o PDP na construção civil, cabe antes ressaltar que este setor tem uma série de peculiaridades que o diferenciam de outras indústrias. Dentre as particularidades que repercutem no PDP, pode-se destacar:

- o caráter nômade da construção civil, causando inconstância das características nas matérias-primas e nos processos (GARCIA MESEGUER, 1991).
- o tradicionalismo e conseqüente inércia a alterações (GARCIA MESEGUER, 1991).
- a unicidade do produto edificação na vida de grande parte dos usuários (GARCIA MESEGUER, 1991).
- o alto custo financeiro, o grande volume e a nova parcela de terra necessária a cada novo ciclo de produção (KOSKELA; 2000).

Contudo, apesar dessas diferenças, o processo de desenvolvimento na construção civil envolve funções similares às encontradas na indústria manufatureira (marketing, projeto, produção, etc) e pode dividido em fases de modo semelhante ao PDP de outras indústrias.

Em se tratando disto, constatou-se que na construção civil, assim como na manufatura, não existe consenso sobre a nomenclatura, o número e o escopo das fases do PDP. Do mesmo modo, constatou-se que o escopo do PDP pode ser resumir ao processo de projeto ou a um processo mais amplo que se confunde com o processo de negócio.

Dentre os trabalhos analisados, Garcia Meseguer (1991) e Picchi (1993) denominam o PDP como Processo de Produção de Edifícios. Nesse sentido, esses autores consideram que as fases desse processo são planejamento, projeto, materiais, construção e manutenção, cujo conteúdo e escopo é bastante similar àqueles apresentados no PDP da indústria manufatureira. Do mesmo modo, Novaes (1996) utiliza o termo Processo Construtivo, cujas fases são: planejamento, programação, estudo preliminar e projeto definido, construção e operação e uso.

Tzortzopoulos (1999) utiliza um conceito mais amplo de PDP, dividindo este processo nas seguintes fases: planejamento e concepção do empreendimento, estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal, projeto executivo, acompanhamento de obra, acompanhamento de uso.

Essa autora propõe essa subdivisão visando à implementação de sistemas de gestão da qualidade em empresas da construção civil. Para isso, as etapas são propostas segundo a relação destas com os principais agentes responsáveis do processo. Por esse motivo, com o objetivo de melhor compreender a repercussão das diferenças do setor de edificações no PDP da construção civil, serão apresentados os objetivos, características e dificuldades do PDP, segundo a divisão em fases proposta por Tzortzopoulos (1999).

### 2.5.1 Planejamento Estratégico

Na Construção Civil, assim como em outras indústrias, o planejamento estratégico é a atividade que antecede ao PDP. Na construção civil as informações geradas a partir desse plano são imprescindíveis ao desenvolvimento do produto, pois definem o foco de atuação da empresa em relação ao nicho de mercado no qual atua, guardando uma forte relação com o sucesso do novo produto e a sobrevivência da organização em contextos competitivos (BARROS NETO, 1999).

Apesar dos benefícios que a realização do planejamento pode possibilitar para as empresas, de acordo com Mello et al. <sup>7</sup> (1997 apud SANTOS; BARROS NETO, 2002), no subsetor de edificações da construção civil, o planejamento estratégico não é habitualmente realizado de forma sistemática. Para Barros Neto (1999), atribui-se essa conduta, dentre outros motivos, a condicionantes específicos do setor que dificultam a utilização do planejamento estratégico na tomada de decisões, entre os quais destacam-se: a fragmentação da indústria da construção civil, caracterizada por empresas com insignificante parcela de mercado e com pouca capacidade de influenciar os resultados da indústria; equivalência de padrões de produtos e serviços entre concorrentes; poucas barreiras de entrada; pequeno poder de barganha frente a alguns fornecedores; e altas flutuações nas vendas.

Adicionalmente, Mello et al. (1997 apud SANTOS; BARROS NETO 2002), afirmam que na construção civil, decisões estratégicas da produção são habitualmente tomadas de forma intuitiva, uma vez que mesmo não sendo explicitada formalmente a estratégia, as empresas tomam decisões estratégicas ao longo do desenvolvimento de suas atividades.

Além disso, como as decisões operacionais e estratégicas estão concentradas no empreendedor, a média e baixa gerência (incluindo os gerentes voltados à produção) não é treinada para tomar decisões e tornam-se meros executores daquilo que foi definido pelos proprietários da empresa (SANTOS; BARROS NETO, 2002).

Segundo Barros Neto (1999) e Santos e Barros Neto (2002) a fase de planejamento tem o objetivo de gerar informações sobre o novo produto a ser desenvolvido, o mercado alvo, os clientes potenciais, a tecnologia, dentre outros. Apesar do importante papel, também foi possível observar que essa fase é realizada informalmente. Como consequência disso, muitas vezes as informações do planejamento que alimentam o PDP são inconsistentes e incompletas e por isso podem gerar retrabalho em fases posteriores.

---

<sup>7</sup> MELLO, R.B. et al. A estratégia de produção no contexto do sistema produtivo da construção de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 16., 1997, Gramado, RS. **Anais...** Porto Alegre: ABEPRO, 1997.

## 2.5.2 Planejamento e Concepção do Empreendimento

No contexto da construção de edificações, assim como na indústria manufatureira, a fase de planejamento e concepção do empreendimento tem como objetivos a concepção, definição, análise e avaliação do conjunto de informações técnicas e econômicas iniciais e estratégicas do empreendimento a ser desenvolvido (TZORTZOPOULOS, 1999). Para que isso ocorra, é necessário que os objetivos da empresa em relação ao produto estejam claros e que os principais requisitos do cliente sejam identificados, analisados e traduzidos em forma de especificações (KAMARA et al., 1999).

De acordo com Fabrício (2002), o conceito do produto na construção civil é usualmente gerado a partir de informações (requisitos) fornecidas por corretores de imóveis ou incorporadas de soluções consagradas de empreendimentos executados. A esse respeito, de acordo com Novaes (1996), as informações levantadas são utilizadas como base para a elaboração do programa de necessidades da edificação e é concretizada pelo trabalho de um ou mais arquitetos junto ao empreendedor que pode ser público ou privado.

Na construção civil, o programa de necessidades é a forma habitualmente utilizada para explicitar as informações geradas. O programa de necessidades de um empreendimento de construção é definido como o meio utilizado para o estabelecimento dos requisitos de caráter prescritivo ou de desempenho, a serem oferecidas pela edificação a ser concebida (ABNT, 1995). Para edificações, esses requisitos incluem aspectos técnicos, fisiológicos, psicológicos e sociológicos e estão relacionadas com as funções a serem realizadas na edificação, tais como moradia, trabalho, estudo, dentre outras (ICB<sup>8</sup>, 1982).

Como exemplo de conceito expresso em forma de um programa de necessidades pode-se citar: apartamento de alto padrão, boa localização, quatro dormitórios, sendo duas suítes, cozinha ampla, ... , dependência de empregados. Cabe ressaltar que especificações como “alto padrão”, “boa localização” e “cozinha ampla” são descrições qualitativas que requerem o desdobramento em forma de desempenho, para que a equipe de projetistas possa desenvolver o produto.

Apesar da explicitação dos requisitos, em geral, tratar-se de um processo formalizado, segundo Huovila e Séren (1998) e Miron (2002), as práticas de gerenciamento dos requisitos do cliente na construção civil apresentam muitos problemas. Dentre os principais, esses autores destacam a pouca rastreabilidade da evolução dos requisitos, causada justamente pela inadequada formalização do processo. Para esses autores, não rastrear o desenvolvimento dos requisitos ao longo do

---

<sup>8</sup> ICB - International Council for Research and Innovation in Building and Construction.

desenvolvimento das soluções de projeto impossibilita a verificação dos critérios de escolha e das bases para a tomada de decisão.

De acordo com Kamara et al. (1999), isso é ocasionado devido ao programa de necessidades ser formalizado apenas no início do processo, não havendo o acompanhamento e controle sistemático da evolução dos requisitos. Além disso, Kamara et al. (1999) destacam problemas como a utilização de tecnologia de informação inadequada no apoio para o processo de formulação do programa de necessidades; inadequado registro das decisões de projeto, prejudicando o acompanhamento da evolução dos requisitos do cliente no projeto.

Além desses problemas, existem outros relacionados à formação da equipe de desenvolvimento. De acordo com Tzortzopoulos (1999) e Fabrício (2002), de modo geral somente o arquiteto é mobilizado a participar da elaboração do programa funcional, que é realizado de forma rápida e utilizando poucas informações.

Muitas vezes a concepção arquitetônica é desenvolvida sem a participação dos demais projetistas, salvo consultas ao projetista de estruturas que geralmente inicia suas atividades antes das demais especialidades (TZORTZOPOULOS, 1999; FABRÍCIO, 2002). De acordo com Tzortzopoulos (1999), participam da concepção junto ao arquiteto: os representantes da diretoria da empresa empreendedora, o gerente de projeto, o arquiteto e um interveniente da área de vendas e marketing.

Alguns esforços de pesquisa têm sido realizados em relação à captura de requisitos para planejamento e concepção do empreendimento, podendo ser destacados os seguintes: estudos sobre medidas de desempenho, avaliação pós-ocupação e da satisfação dos clientes e *surveys* com potenciais clientes. Entretanto, ainda é pequeno o número de estudos que têm buscado apoiar o gerenciamento de requisitos em empreendimentos da construção (MIRON, 2002).

### **2.5.3 Estudo Preliminar, Anteprojeto e Projeto Legal**

Na construção civil, as fases denominadas como estudo preliminar, anteprojeto e projeto legal são relacionados à elaboração do projeto propriamente dito. A esse respeito, pode-se afirmar que consecutivamente, a cada fase o projeto gradualmente vai sendo amadurecido e detalhado, à medida que os requisitos vão sendo captados e traduzidos em especificações ao longo do desenvolvimento do produto. Nessas fases, os sistemas usualmente desenvolvidos referem-se aos sistemas estruturais, de instalações elétricas, hidrossanitárias, telecomunicações e lógica, de condicionamento de ar, entre outros.

#### **Estudo Preliminar**

De acordo com a ABNT (1995), a fase de estudo preliminar tem como objetivo a representação do conjunto de informações técnicas iniciais e aproximadas, necessárias à caracterização geral da

edificação. Nessa fase, os documentos gerados buscam caracterizar o produto em relação às formas e dimensões gerais da edificação e os espaços propostos são concebidos segundo as necessidades de todos os sistemas (TZORTZOPOULOS, 1999).

Além disso, são estabelecidas as principais condições a que o produto deve atender do ponto de vista do cliente final e do ponto de vista legal. Nesse último caso diversas decisões são tomadas ao longo do desenvolvimento e detalhamento dos projetos. Em edificações, muitas dessas decisões, por vezes, são subordinadas à aprovação de profissionais diferentes do cliente final (órgãos públicos, empreendedor, etc.).

A aprovação é conseguida mediante conformidade com normas e regulamentações referentes a parâmetros técnicos, sociais e políticos de segurança e controle sobre a atividade produtiva do setor, que visam garantir minimamente a qualidade dos produtos, regular o uso do solo urbano e controlar os impactos ambientais dos empreendimentos (FABRÍCIO, 2002). Para esse autor, essas decisões muitas vezes também são condicionadas por cronogramas, legislações e normas, disponibilidades econômicas e financeiras, possibilidades tecnológicas e construtivas, entre outras.

Segundo Tzortzopoulos (1999), a fase de estudo preliminar deveria envolver o projetista de arquitetura e os projetistas dos sistemas estruturais e de instalações. O projetista de arquitetura geralmente é o primeiro a ser contratado, sendo a mobilização dos projetistas complementares realizada de forma gradual à medida que definições vão se tornando necessárias. De acordo com a mesma autora, esse tipo de conduta torna necessária a realização de compatibilizações das interfaces entre os sistemas envolvidos nas fases posteriores. Essas compatibilizações têm como objetivo a resolução de problemas relacionados à coerência entre esses sistemas.(FABRÍCIO, 2002).

O término da fase de estudo preliminar é tipicamente marcado pela avaliação feita em relação ao atendimento dos requisitos e normas, ao partido arquitetônico e ao estudo de viabilidade econômica e pela aprovação do cliente final ou empreendedor.

### **Anteprojeto**

O produto resultante dessa fase constitui-se da caracterização dos elementos construtivos, como medidas, níveis, áreas, denominação de compartimentos, dados topográficos e de orientação, eixos e coordenadas (TZORTZOPOULOS, 1999) em nível superior de detalhamento se comparado ao estudo preliminar.

A documentação gerada usualmente é expressa através da representação gráfica, em escala, das informações técnicas e legais da edificação, assim como dos elementos, sistemas e componentes da mesma (TZORTZOPOULOS, 1999). O objetivo dessa fase é desenvolver os projetos em um nível de detalhe que possibilite a resolução de questões técnicas e a estimativa aproximada dos custos e dos prazos referentes à execução da obra (TZORTZOPOULOS, 1999; FABRÍCIO, 2002).

Em geral, nessa fase deveria ocorrer a interação entre grande parte dos envolvidos, com o objetivo de resolver problemas de interface entre os sistemas, assim como o de levantar questões relacionadas à construtibilidade das soluções propostas e realizar financeiras e mercadológicas mais precisas (TZORTZOPOULOS, 1999; FABRÍCIO, 2002). Entretanto, segundo esses autores, na maioria da vezes somente o arquiteto é mobilizado a desenvolver seus trabalhos.

Em geral, essa fase termina com a aprovação do projeto por parte do cliente e a documentação gerada, em geral é utilizada como suporte a fase de projeto executivo.

### **Projeto Legal**

Por fim, a elaboração do projeto legal constitui-se da representação do projeto do produto de acordo com as exigências legais. O objetivo dessa fase é a geração da documentação necessária à análise e aprovação do projeto pelas autoridades competentes, para que seja obtido o alvará e as licenças necessárias ao exercício da atividade construtiva (TZORTZOPOULOS, 1999).

De maneira geral, o projeto legal é um documento gerado a parte do processo de desenvolvimento do produto e os documentos gerados são utilizados apenas para a avaliação do produto frente as normas estabelecidas pelos órgão competentes.

#### **2.5.4 Projeto Executivo**

O projeto executivo constitui-se na última etapa de projeto antes da produção propriamente dita. De maneira geral, nessa fase o projeto é detalhado para gerar informações que possibilitem a execução da edificação. De acordo com Fabrício (2002), esse processo geralmente ocorre de forma fragmentada, seqüencial e com reduzida inter-relação entre os envolvidos, o que tende a causar retrabalhos, pois cada modificação proposta por um projetista pode necessitar a revisão e alteração de projetos já mais amadurecidos, principalmente se as interfaces entre os subsistemas não foram bem solucionadas nas fases anteriores.

Nessa fase, a parcela de atividades relacionadas à concepção diminui consideravelmente e as atividades exercidas constituem-se, em sua maioria, de trabalhos realizados em nível operacional. Os documentos gerados são bastante detalhados e utilizados como referência para a execução do produto.

#### **2.5.5 Acompanhamento de Obra**

A etapa de acompanhamento de obra constitui-se do acompanhamento técnico da obra realizado pelos profissionais da área de projeto, da avaliação do projeto executivo por parte do setor de produção e das atividades relacionadas à edificação do empreendimento, incluindo o registro de alterações de projeto e conseqüente elaboração do projeto *as built* (TZORTZOPOULOS, 1999). Para essa autora, o



acompanhamento técnico é constituído da orientação à equipe de produção dada pelos projetistas, da resolução de problemas ocorridos durante a execução e da análise e registro das alterações definidas em obra.

Nesta etapa, é comum observar gerentes de produção e mestres de obra tomando decisões sobre o produto na fase de produção (PICCHI, 1993). Isso ocorre, dentre outros motivos, pelas falhas e omissões ocorridas em fases anteriores (FABRÍCIO, 2002).

As falhas ocorridas em fases anteriores muitas vezes resultam em demandas de projeto ao longo do processo de produção. Nesse caso, esse tipo de problema pode ser atribuído também ao fato de que algumas das necessidades em relação ao produto somente se tornam claras aos clientes à medida que a edificação é executada. Outro fator associado a esse problema é a dificuldade de avaliação do produto, uma vez que a construção de protótipos de toda a edificação em tamanho natural é inviável (KOSKELA, 2000).

Contudo, alguns esforços de pesquisa têm sido realizados com o intuito de reduzir os problemas e incertezas no âmbito da execução de edificações. Dentre as práticas observadas, trabalhos realizados (FORMOSO et al. 1999; BALLARD, 2000b; ALVES, 2000; BERNARDES, 2001) sobre planejamento e controle da produção têm tido êxito em diversas situações (essas práticas serão mais bem discutidas no capítulo 3). Também a realização de protótipos de partes<sup>9</sup> do produto em tamanho natural tem auxiliado no processo de melhoria.

Em um outro campo de atuação, diversos estudos (FROESE et al., 2000; ALVARENGA; CALMON, 2002; KOO; FISCHER, 2000; SCHWEGLER et al., 2000; MARTINEZ; IOANNOU, 1999) têm mostrado melhorias substanciais na produtividade e lucratividade com a utilização de simulações e de modelagem em 3D e 4D. Em linhas gerais, por proporcionarem a representação tridimensional do produto em vários níveis de detalhe, essas ferramentas têm sido utilizadas principalmente na compatibilização entre sistemas, no planejamento da execução e no apoio à tomada de decisão relacionada ao seqüenciamento da execução.

### **2.5.6 Acompanhamento de Uso**

Nessa fase deve ser realizada a avaliação da satisfação do cliente e do desempenho da edificação construída, as quais podem tanto desencadear ações corretivas no produto entregue como retro-alimentar futuros empreendimentos tanto em relação ao projeto como à produção. Segundo Tzortzopoulos (1999) devem também ser avaliados os resultados financeiros, considerando eventuais problemas de manutenção e reparos.

---

<sup>9</sup> Segundo Koskela (2000), protótipos de dormitórios em tamanho natural têm sido realizados ainda na fase de projeto.

A participação dos projetistas é limitada nesta etapa ao recebimento das informações obtidas na avaliação. A coleta de informações que retroalimentam o PDP e a prestação de serviços relacionada à correção de problemas são realizadas apenas por um período de tempo, a ser determinado pela empresa (TZORTZOPOULOS, 1999).

## 2.6 O PROCESSO DE PROJETO NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

O projeto é a atividade mais importante do PDP. Sua importância advém principalmente do grande número de atividades de projeto que são realizadas e também pela natureza desta atividade. Existem várias definições e abordagens utilizadas para o termo projeto, em função do exercício da atividade de projeto ocorrer em contextos variados (GOLDSCHMIDT, 1996).

Shirley (1992) define o projeto como o conjunto de especificações relativas às características do artefato, suficientemente detalhado, de modo a permitir que o produto seja fabricado com a garantia de que o desempenho desejado seja alcançado.

De acordo com Pahl e Beitz (1996), existem três maneiras sob as quais o projeto pode ser entendido. Psicologicamente, o projeto pode ser entendido como uma atividade criativa que pode requerer dos projetistas experiência e conhecimentos científicos e técnicos em relação a uma ou mais áreas de interesse. Sistemáticamente, o projeto pode ser entendido como a otimização de objetivos dados através de restrições parcialmente conflitantes. Por fim, do ponto de vista organizacional o projeto pode ser entendido como uma parte essencial do ciclo de vida do produto.

Para Markus e Arch (1973), existem duas dimensões de análise do processo de projeto: vertical e horizontal. Na dimensão **vertical** o projeto é descrito como processo gerencial e sistêmico, usualmente dividido em fases. No caso do projeto, essas fases constituem parte importante do PDP e foram apresentadas nos tópicos anteriores deste capítulo.

Essas fases têm relação com estabelecimento de metas a serem cumpridas por diversos profissionais. As metas são relacionadas ao atendimento dos requisitos dos clientes internos e externos. Na dimensão vertical, as dificuldades residem na identificação, explicitação e conversão de todos os requisitos, uma vez que são considerados clientes, além do cliente final, os fornecedores, os executores e os próprios projetistas.

Quanto à dimensão **horizontal**, o projeto é descrito como iterativo, aberto e relacionado ao processo criativo. Existem vários modelos descritivos da atividade de projeto nesta dimensão (MARKUS; ARCH, 1973; CROSS, 1994; GRAY et al., 1994), os quais, em linhas gerais, faz referência a um processo cíclico de análise de problemas, síntese de soluções e avaliação das propostas em diferentes escalas.

Sobre esse processo, considera-se que o problema de projeto a ser resolvido é analisado sob diferentes aspectos. Da análise é sintetizada uma solução que pode resolver o problema proposto,

como também poder explicitar novos problemas não identificados anteriormente. A partir da síntese é realizada a avaliação da solução.

Em estudos realizados mais recentemente, Cross (1999) critica esse tipo de modelagem, salientando que no desenvolvimento do projeto, a solução e o problema desenvolvem-se juntos. Segundo esse autor, a natureza incerta do projeto indica que ele não pode ser solucionado pela simples coleta de informação e síntese. Esse autor afirma que o direcionamento tomado durante o desenvolvimento do projeto é influenciado não só pelo que se aprende ao longo do caminho, como também por conjecturas parciais sobre o que pode ser encontrado à frente.

Cross (1999) também ressalta que o projeto lida com diferentes níveis de abstração simultaneamente: o pensamento do projetista migra entre o conceito global e aspectos detalhados da implementação desse conceito. Isso implica que, apesar da existência de uma estrutura hierárquica para as decisões, do global para o detalhe, projetar não é estritamente um processo hierárquico. Principalmente em fases iniciais do projeto, o projetista move-se livremente entre diferentes níveis de detalhe.

Apesar do projeto como processo criativo ser extremamente variável em função dos diferentes caminhos possíveis de serem adotados por diferentes projetistas na resolução de um problema, o seu entendimento é extremamente importante no desenvolvimento de melhorias na sua gestão.

Assim, algumas abordagens podem ser utilizadas na busca por melhorias do processo de projeto a partir da análise do fluxo de informações ao longo do desenvolvimento do projeto (da identificação das necessidades e requisitos do cliente à proposição de uma solução). Sobre essas abordagens, são apresentadas algumas considerações a seguir.

### 2.6.1 Projeto como Conversão

Segundo Koskela e Huovila (1997), muitos problemas de gestão do processo de projeto estão vinculados à existência de uma visão tradicional de projeto como conversão, segundo a qual o projeto é um processo de conversão de informações que caracterizam as necessidades e requisitos dos clientes em conhecimento sobre o produto (Figura 05). Sob essa visão, o projeto é segmentado em um conjunto de tarefas que são designadas a diferentes intervenientes (KOSKELA; HUOVILA, 1997).



Figura 05 – Projeto como conversão. Huovila et al. (1997b)

Essa visão é largamente difundida em projeto, assim como em métodos de organização, gerenciamento e controle, sendo que a melhoria do processo de projeto tem se resumido a tornar o

processo mais eficiente e eficaz através do uso de ferramentas de projeto como CAD e de princípios, métodos e ferramentas da engenharia de sistemas (KOSKELA; HUOVILA, 1997).

Segundo Koskela (2000), há limitações na visão de conversão, que a torna insuficiente para o entendimento ou melhoria do processo de projeto. Para esses autores, as principais deficiências dessa visão são:

- não são explicitamente identificadas as atividades que não agregam valor neste processo, tais como transferência e espera de informações e inspeções;
- não existe relação conceitual entre o processo de desenvolvimento do produto e os clientes.

Ainda sobre os problemas gerados pela adoção da abordagem de conversão, Koskela e Huovila (1997) afirmam que esse tipo de abordagem tem contribuído direta e indiretamente com muitos dos problemas persistentes de projeto. Dentre os problemas, esses autores destacam a fragmentação do processo (“é mais importante realizar a tarefa do que estar atento às interações com outras atividades”); o retrabalho resultante da necessidade de interação e da variabilidade inerente ao cumprimento de tarefas de projeto não é facilmente visualizado; e os requisitos do cliente final tendem ser esquecidos em longas cadeias de atividades.

Adicionalmente, Clark e Fujimoto (1991) atribuem os seguintes problemas à dificuldade em projetar com simplicidade e confiabilidade; excessivo uso de tempo para a realização dos projetos; atenção inadequada aos clientes, pouca ligação com os fornecedores e negligência da melhoria continua.

### 2.6.2 Projeto como Fluxo

Originária da engenharia de produção, segundo Koskela e Huovila (1997), a abordagem do projeto como processo, diz respeito ao fluxo de realização das atividades, sendo focada no caminho que a informação percorre até a conversão em projeto (Figura 06). Em outras palavras, a unidade de análise é o fluxo total de informação considerando as atividades de transporte, espera, conversão e inspeção dessas informações.

De acordo com MacPherson et al. (1993), sob essa perspectiva, o projeto é tratado como o processo de resolução de problemas, ou seja, é o processo iterativo pelo qual uma solução conjecturada inicialmente é progressivamente refinada e checada para a compatibilização com outros aspectos emergentes para o projeto.

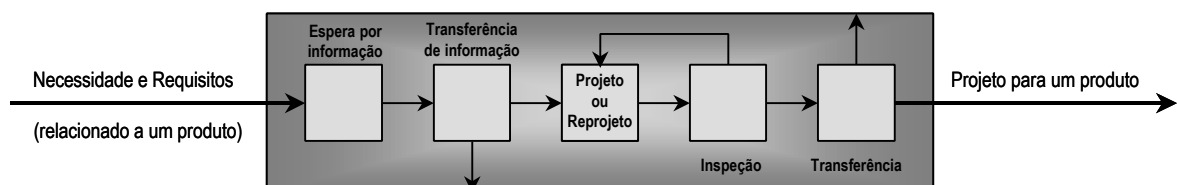


Figura 06 – Projeto como fluxo (Huovila et al., 1997b)

A esse respeito, Huovila et al. (1997) equiparam o processo de projeto ao de produção e consideram que no processo de projeto somente as atividades de conversão podem ser consideradas como projeto. Apesar da existência das demais atividades, essas são consideradas como perdas que devem ser eliminadas ou executadas de modo mais eficaz.

Em relação à eliminação das perdas nesse tipo de abordagem, Koskela e Huovila (1997) afirmam que as principais categorias são as perdas devido ao retrabalho, transferência de informação e espera por informação.

Cabe ressaltar que existem dois tipos de retrabalho. O primeiro é inerente à compreensão do problema e à definição da solução de projeto (HUOVILA et al., 1997b; CROSS, 1999). Nesse caso, o retrabalho é considerado parte da natureza do processo e por isso não constitui uma perda (HUOVILA et al., 1997b).

O outro é o retrabalho devido à falta ou má qualidade das informações, mudanças de escopo, erros, incertezas, etc. Nesse sentido, o retrabalho é considerado como perda, que pode ser reduzida através de práticas como a melhor definição do escopo, o planejamento das atividades, prototipação, congelamento das decisões, dentre outras (HUOVILA et al., 1997b).

Por sua vez, as perdas por transferência de informação (tempo e esforço) podem ser reduzidas através da aproximação da equipe interfuncional. Nesse sentido, muita informação pode ser transferida informalmente e oralmente, sem a utilização de papel ou outros meios de comunicação e sem os entraves de burocratização (HUOVILA et al., 1997b). Ainda em relação a perdas por transferência e espera, Koskela e Huovila (1997) descrevem aquelas causadas pela incompatibilidade entre sistemas de informação, para as quais esses autores recomendam a padronização das estruturas de informação a serem utilizadas.

Em relação às perdas relacionadas à espera por informações, segundo Koskela e Huovila (1997) e Ward (2002), estas são causadas principalmente pela transferência da informação em grandes lotes. A esse respeito, Koskela e Huovila et al. (1997b) apontam como possível solução à divisão das tarefas de projeto em lotes menores, a intensificação da comunicação informal e a simultaneidade entre os processos.

Quanto aos benefícios proporcionados pela redução do tamanho do lote de informação, Reinertsen (1997) faz menção ao aumento da velocidade de processamento da informação, à melhoria do desempenho nos processos e à redução dos custos. Para esse autor, é considerado um lote de informação o agrupamento mínimo possível de dados que possa gerar uma informação.

Adicionalmente, segundo Clark e Fujimoto (1991) e Ward (2002) existem ainda perdas de conhecimento que interferem na conversão das informações. Nesse sentido, as causas são bastante relacionadas às relações entre os projetistas e destes com o processo. De acordo com esses autores,

essas perdas são atribuídas a perdas de conhecimento, as quais Ward (2002) denomina como *hand-off*, otimismo e dispersão<sup>10</sup>.

As perdas relacionadas a *hand-off* estão relacionadas ao problema de separação entre conhecimento, responsabilidade e ação (WARD, 2002). Nesse sentido, Clark e Fujimoto (1991) utilizam como exemplo os problemas devidos ao crescente nível de especialização dos processos no PDP que resulta em especificações de materiais feitas por projetistas de sistemas, embora os fornecedores, geralmente pouco consultados, saibam mais sobre o material do que os próprios projetistas.

Em relação ao otimismo como causa de perda, esta é relacionada com as dificuldades de seguir a frente no processo, devido à exploração (levantamento, teste ou análise) insatisfatória de propostas de projeto. Nesse caso, a visão otimista de que a primeira solução encontrada atenderá a todos os requisitos é considerada equivocada. De acordo com Ward (2002), a seleção prematura de soluções sem a adequada experimentação e questionamento leva à não identificação de imperfeições na proposta gerada, levando a um ciclo de correções e retrabalhos.

Por último, a dispersão como causa de perdas diz respeito às tarefas executadas pelos projetistas que não têm relação com o processo de conversão de informação em projeto. A esse respeito, Ward (2002) salienta que geralmente os projetistas são responsáveis não somente pela conversão de requisitos em projeto, como também pela identificação desses requisitos, pela coordenação das interfaces, etc.. Esse envolvimento em várias atividades, mesmo que relacionadas à conversão, reduz a parcela de tempo dedicada à exploração, experimentação e questionamento das soluções de projeto. Conseqüentemente, o projeto poderá apresentar falhas que repercutirão em retrabalho (WARD, 2002).

### 2.6.3 Projeto como Geração de Valor

Para finalizar, cabe ressaltar a visão de projeto como gerador de valor. Esta abordagem, fortemente utilizada na gestão da qualidade, foca no valor gerado pelo projeto para os seus clientes (Figura 07), à medida o produto atende às necessidades desses clientes (KOSKELA; HUOVILA, 1997).

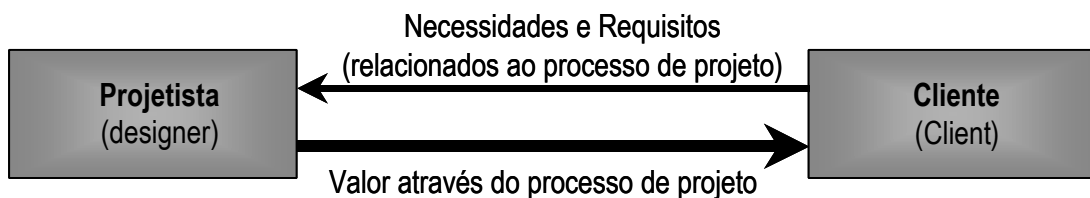


Figura 07 – Projeto como gerador de valor. Koskela e Huovila (1997)

<sup>10</sup> No texto original de Ward (2002), os termos respectivamente utilizados são *wishful thinking* e *scatter*.

Em ambientes altamente competitivos o processo tradicional de desenvolvimento do produto, de caráter seqüencial, tem levado a longos tempos de ciclo, causando retrabalhos, conforme mencionado anteriormente, e também um grande risco em não atender às necessidades dos clientes (baixa qualidade). A causa desse baixo desempenho é o reconhecimento tardio das necessidades de clientes, como, por exemplo, fabricantes e fornecedores de serviços, sem mencionar a negligência de outras funções do PDP diferentes do projeto (BALLARD, 2000b).

Segundo Koskela e Huovila (1997), o aumento do valor pode ser obtido através da diminuição da duração ou dos custos do empreendimento devidos à redução de atividades que não contribuem para a conversão de requisitos em especificações.

Sob este ponto de vista, a eliminação de qualquer tipo de perda contribui para o aumento do valor do produto. Entretanto, de acordo com Koskela e Huovila (1997), existem problemas inerentes ao processo de projeto com grande repercussão no que diz respeito à geração de valor pelo projeto. Dentre os principais, esses autores fazem menção à ineficácia na identificação dos requisitos e necessidades dos clientes e na conversão das necessidades em características do produto, assim como a não utilização e incorporação de requisitos e necessidades ao longo do processo (Figura 08).

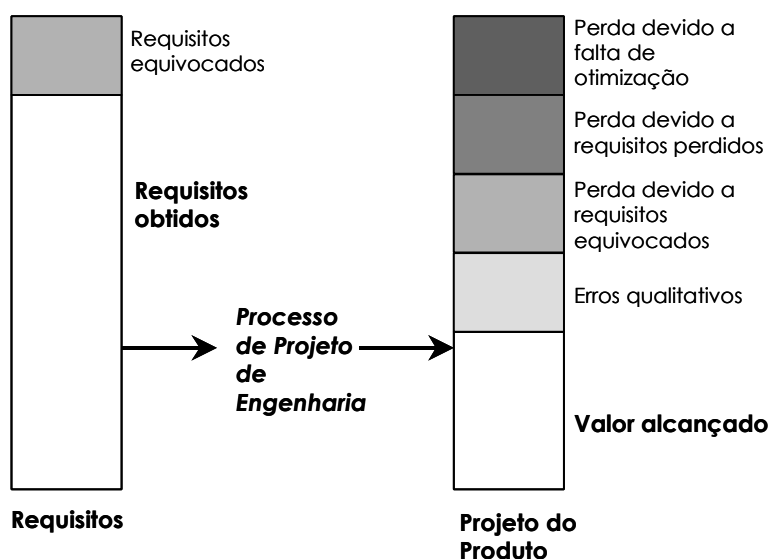


Figura 08 – Perda de valor ao longo do desenvolvimento do produto (KOSKELA; HUOVILA, 1997)

Para Koskela e Huovila (1997), esses problemas têm seu impacto reduzido devido à adoção de estratégias como a rigorosa análise dos requisitos e necessidades junto aos clientes, a sistematização da coleta dos requisitos dos clientes internos e externos e a condução do processo com maior interação entre os envolvidos.

## 2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O PDP na construção civil é caracterizado por sua elevada complexidade, principalmente no que diz respeito às características próprias do setor, do produto e dos diferentes envolvidos no processo.

O processo de desenvolvimento geralmente se inicia a partir do planejamento realizado de maneira inadequada. Assim, as fases subseqüentes são alimentadas, muitas vezes, com informações inconsistentes, o que torna o processo de amadurecimento marcado por muitas perdas. Além disso, por vezes a estratégia, o mercado e o produto não estão alinhados coerentemente.

Observa-se também que muitas decisões de projeto são tomadas durante a execução do produto por pessoas que usualmente não participaram do desenvolvimento do projeto e o processo de tomada de decisão, em geral, não é rastreável.

Assim, o PDP na forma tradicional como sendo conduzido na indústria da construção, em geral, não atende às necessidades de tempo de desenvolvimento, qualidade e satisfação dos clientes exigidas em mercados em que a competição é acirrada. No capítulo 3 serão apresentados alguns dos métodos e ferramentas que têm sido utilizados com o objetivo de melhorar a gestão no PDP.



### **3. INTEGRAÇÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO**

Neste capítulo são apresentados dois tópicos relacionados à gestão do PDP. O primeiro se refere à Engenharia Simultânea (ES) e sua aplicação ao PDP. A segunda refere-se ao modelo de PCP / NORIE (Planejamento e Controle da Produção / Núcleo Orientado à Inovação da Edificação), que foi adaptado para o planejamento e controle do PDP no presente trabalho. Estes tópicos foram selecionados porque estão relacionados a importantes estratégias para a melhoria da gestão do PDP.

#### **3.1 ENGENHARIA SIMULTÂNEA**

O conceito da engenharia simultânea, também denominado concorrente surgiu originalmente na indústria manufatureira em meados dos anos 80. Segundo Prasad (1996), os conceitos inicialmente propostos para a ES eram apenas relacionados com a redução do tempo de desenvolvimento do produto (Figura 09).

Considerando o contexto da indústria da construção, Kamara et al. (1997) definem ES como uma tentativa de otimizar o projeto de um empreendimento e os processos de construção a fim de reduzir o prazo de entrega e o custo, assim como melhorar a qualidade, através da integração das atividades de projeto, fabricação, construção, e manutenção, obtida pela maximização da simultaneidade e colaboração em práticas de trabalho. Para esses autores, a ES é vista como uma abordagem que engloba uma série de outros métodos e práticas, tais como equipes multidisciplinares, programação em paralelo de atividades e resolução interfuncional de problemas.

Para Koskela (1992), o termo se refere ao processo de projeto melhorado, caracterizado pela rigorosa análise de requisitos, incorporando as restrições de fases subseqüentes na fase conceitual e estendendo o controle sobre alterações em direção ao final do processo de projeto.

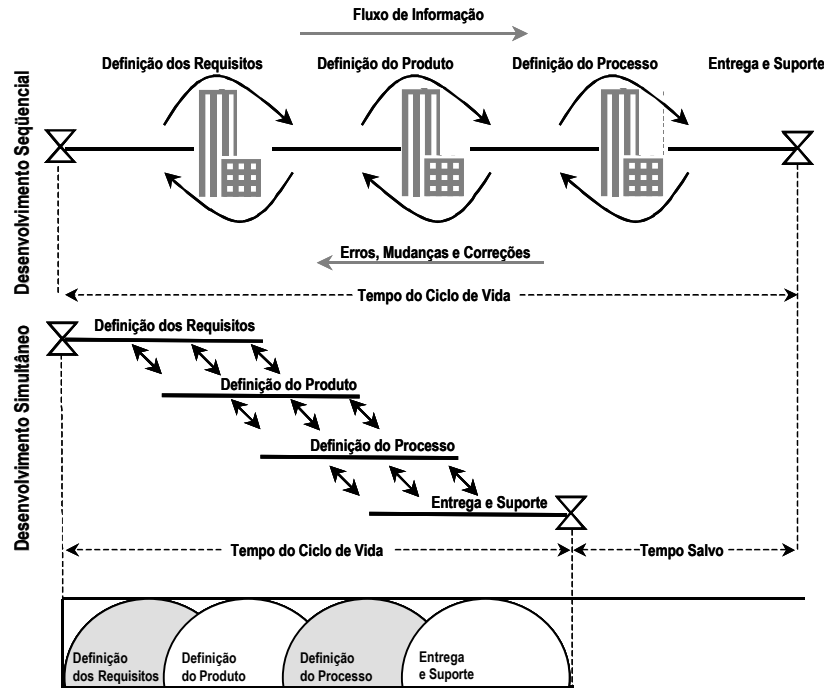


Figura 09 – Desenvolvimento sequencial versus desenvolvimento simultâneo (PRASAD, 1996)

Além destas, existem diversas outras interpretações na literatura (PRASAD, 1996), e o conceito de ES vem se tornando cada vez mais abrangente. Assim, a ES passou a ser considerada como uma abordagem que trata as atividades do PDP de forma paralela e simultânea, reajustando constantemente o tempo de processos lineares e seqüenciais, tendo o propósito de fazer com que os envolvidos nesse processo considerem, desde o início, todo o trabalho a ser realizado (PRASAD, 1996).

Conceitualizado dessa forma, Prasad (1996) busca salientar que a aplicação da ES extrapola ao PDP, interferindo também na condução dos negócios relacionados a esse processo. Como ilustrado na Figura 10, na ES a abordagem tradicionalmente sequencial, denominada de "over the wall", é substituída por uma abordagem simultânea do projeto e da fabricação, em que os processos menos interrelacionados são conduzidos de forma paralela aos demais.

Cabe também relatar, que paralelamente a ES, na construção civil, surgiu uma abordagem, cuja proposição também consistia na sobreposição dos processos, a qual foi denominada *Fast Tracking* (HUOVILA et al., 1997a). Entretanto, segundo esses autores, diferentemente da ES, essa abordagem apenas considerava a execução das atividades em paralelo, não promovendo a integração entre os processos de projeto e produção.

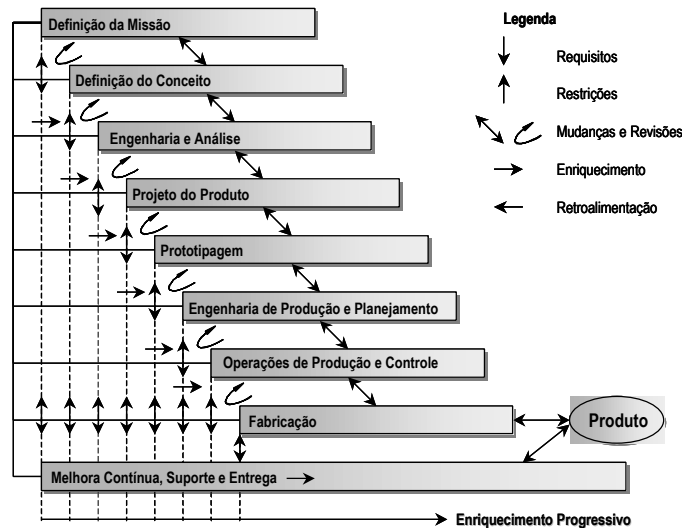


Figura 10 – Simultaneidade durante as fases do PDP (adaptado de PRASAD, 1996)

### 3.1.1 Objetivos da ES

Vários são os objetivos da ES, existindo um relativo consenso entre diversos autores a este respeito (PRASAD, 1996; LAUFER et al., 1996; KOSKELA; HUOVILA, 1997; KAMARA et al., 1997; HUOVILA et al., 1997a; CUNHA; BUSS, 2001; FABRÍCIO, 2002). Dentre os objetivos da ES, destacam-se a redução do tempo de desenvolvimento do produto, a redução dos custos e o atendimento às necessidades e requisitos dos clientes internos e externos.

Além desses objetivos, foram também identificados como objetivos relevantes da ES o aumento do valor (KOSKELA; HUOVILA, 1997; CUNHA; BUSS, 2001) e da qualidade do produto (LAUFER et al., 1996), a redução das perdas (KAMARA et al., 1997) e do número de problemas causados pela separação entre o projeto e a produção (GUNASEKARAM; LOVE, 1997).

Por fim, Laufer et al. (1996)<sup>11</sup>, salientam que o objetivo principal da ES é criar condições para o desenvolvimento de empreendimentos complexos, com alto grau de incerteza envolvida, com reduzido prazo de desenvolvimento, sem comprometer substancialmente os custos e a qualidade do produto.

### 3.1.2 Princípios Básicos da ES

Para atingir os objetivos propostos, existe um conjunto de princípios que devem ser seguidos. A esse respeito, existem diversas proposições, motivadas principalmente pelo fato de que a ES vem sendo aplicada em diferentes contextos e com diferentes interesses. Segundo Fabrício (2002), os objetivos e

<sup>11</sup> Em Laufer et al. (1996) o autor faz referência a utilização da abordagem denominada *simultaneous management*, a qual é constituída por muitos dos princípios da engenharia simultânea.

os meios utilizados podem se alternar em função do ambiente produtivo em que é empregado. Assim, a seguir são apresentados alguns dos princípios propostos na literatura:

- Planejar e controlar os processos: segundo Laufer et al. (1996), para que as metas estabelecidas no planejamento de atividades simultâneas sejam atingidas é necessário controle sobre os processos, de modo a identificar problemas e realizar ações corretivas.
- Incorporar a visão de fluxo dos processos: para Koskela e Huovila (1997), o entendimento intuitivo dos processos como fluxo é essencial e permite identificar e remover as atividades que não agregam valor ao produto.
- Reduzir a incerteza nos processos: segundo Koskela e Huovila (1997), a incerteza deve ser reduzida, quando possível, de forma a facilitar o processo de tomada de decisão.
- Integrar a equipe interfuncional: de acordo com Laufer et al. (1996), Kamara et al. (1997) e Huovila et al. (1997a), a integração da equipe possibilita que as atividades interdependentes possam ser planejadas e realizadas de forma iterativa e integrada ao longo do PDP.
- Antecipar a identificação de problemas: de acordo com Kamara et al. (1997) e Prasad (1996), o princípio da antecipação possibilita que as soluções sejam propostas considerando os problemas identificados, reduzindo, assim, o número de correções e retrabalhos ao longo do processo e conseqüentemente o tempo para conclusão das atividades.
- Realizar atividades em paralelo: segundo Kamara et al. (1997), a realização de atividades em paralelo requer, das equipes, a realização interativa de atividades. Assim, além da redução do tempo necessário à realização das atividades, essa conduta auxilia na manutenção do foco de desenvolvimento.
- Eficácia na troca de informação: para Koskela e Huovila (1996), a consideração desse princípio envolve a introdução de ferramentas necessárias ao fluxo contínuo de informações relevantes e exatas, entre as equipes e ao longo do desenvolvimento do produto. Essas ferramentas, dentre outras funções, são voltadas à identificação e tradução dos requisitos, ao intercâmbio rápido e eficaz de informações, a interação das equipes, à coordenação da cadeia de suprimentos e a melhoria contínua.
- Melhoria contínua: para Kamara et al. (1997), esse princípio parte da retroalimentação das lições aprendidas ao longo do desenvolvimento do produto, o que leva as equipes a realizarem ações corretivas a fim de não cometerem os mesmos erros.
- Alinhar as Proposições: a esse respeito, Prasad (1996) busca destacar que, apesar de certos grupos, dentro de sua especialidade, serem comparativamente capazes de desenvolver uma melhor solução para um determinado problema, é necessário estar atento aos limites

estabelecidos na concepção do produto, evitando-se assim desvios dentro do padrão estabelecido e, conseqüentemente, retrabalhos.

### **3.1.3 Considerações sobre a Implementação da ES na Construção Civil**

Segundo Kamara et al. (1997), as metas e princípios da ES são bastante apropriados aos desafios enfrentados na construção civil: necessidade de melhorar a qualidade, reduzir custos e aumentar o grau de satisfação do cliente. Segundo esses autores, as áreas que podem obter melhoria através de sua adoção são: a integração dos processos de projeto e produção, abordagem colaborativa para projeto e fabricação do produto, abordagem pró-ativa para a utilização de novas tecnologias para melhorar os processos existentes, padronização e automação, satisfação dos clientes internos, segurança de execução na concepção do projeto e melhor comunicação entre equipes de projeto e produção.

Entretanto, de acordo com Kamara et al. (1997), Huovila et al. (1997a) e Fabrício (2002), para sua aplicação efetiva, é necessário levar em consideração algumas características do setor, pois a ES é fortemente baseada na interação entre equipes interfuncionais, em alto nível de cooperação e compartilhamento de informações. Principalmente nesse último caso, a implementação da ES pode ser dificultada devido a barreiras profissionais e organizacionais existentes no setor. Para esses autores, o compartilhamento de informações é principalmente prejudicado pelo fato de que cada profissional possui uma forma de desenvolver seus projetos, usando as mais diferentes ferramentas. Outra dificuldade destacada por Kamara et al. (1997) é a segregação existente entre o projeto e a produção, que pode dificultar a integração de fornecedores nas fases iniciais do PDP.

Além disso, Kamara et al. (1997) chamam a atenção também para as dificuldades relacionadas às características do produto. Esses autores utilizam como exemplo os projetos de instalações prediais, que devido ao alto custo de alterações têm que ser desenvolvidos da melhor forma possível já na primeira versão, enquanto que comparativamente na indústria manufatureira os projetos podem ser melhorados ao longo de seu ciclo de vida. Também comparativamente à indústria manufatureira, Fabrício (2002) destaca a fragmentação e a falta de sistematização do processo de projeto, e a mobilização, apenas temporária, da equipe interfuncional. Ainda Huovila et al. (1997a) salientam a ausência da integração da cadeia produtiva, que é inexistente na construção civil.

Kamara et al. (1997) também chamam atenção para o fato de que a seqüência de execução do projeto começa da cobertura para as fundações, enquanto que a execução é realizada na ordem inversa, ou seja, da fundação para a cobertura. O que os autores buscam destacar é que a produção começa, justamente pelo último projeto a ser desenvolvido.

Entretanto, para Kamara et al. (1997), algumas dessas dificuldades podem ser superadas através de mudanças no processo de negócio compatíveis a alguns aspectos da ES. Dentre essas mudanças,

esses autores destacam a formação de parcerias e alianças como possibilidade de integração das equipes em fases iniciais. Também destacam o efetivo processamento de requisitos do cliente como forma de manter o desenvolvimento focado no cliente.

Além das dificuldades de implementação da ES no PDP da construção civil devida às diferenças setoriais apresentadas, segundo Prasad (1996), a simultaneidade promovida por essa abordagem, torna esse processo mais complexo. Para esse autor, essa complexidade é devida ao aumento do número de atividades exercidas entre as pessoas que participam no processo.

Essa constatação evidencia ainda mais a necessidade de planejamento e controle do PDP, dada a necessidade de transparência no processo. Nesse sentido, a importância do planejamento advém principalmente da explicitação das interdependências entre os processos e entre os diferentes projetos desenvolvidos simultaneamente. Assim, a seguir será apresentada uma das alternativas de sistema de planejamento e controle que vem sendo utilizada para o PDP na construção civil.

## **3.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PDP**

### **3.2.1 Definições Básicas**

Várias são as definições encontradas para planejamento, dentre as quais se pode citar:

- Planejamento é considerado como o processo de tomada de decisão realizado para antecipar uma ação futura desejada, utilizando para isso, meios eficazes para concretizá-la (LAUFER; TUCKER, 1987).
- Planejamento é o processo que produz metas que possibilitam o gerenciamento dos processos produtivos, enquanto o controle garante o cumprimento dessas metas, buscando avaliar sua conformidade com o planejado e fornecendo, assim, informações para a preparação dos planos futuros (BALLARD; HOWELL, 1998).
- Planejamento é uma atividade complexa que visa a determinação de estados futuros desejados e à avaliação de ações alternativas para que tais estados sejam alcançados, dentro de um contexto ambiental interdependente e mutável (CASAROTTO FILHO et al., 1999).
- Planejamento é um processo gerencial que envolve o estabelecimento de objetivos e a determinação dos procedimentos necessários para atingi-los, sendo somente eficaz quando realizado em conjunto com o controle (FORMOSO et al., 1999).

A partir dessas definições, no presente trabalho considera-se planejamento como um processo, realizado com a finalidade de estabelecer metas e os meios para atingi-las, sendo o controle essencial para a sua eficácia.

Segundo Laufer e Tucker (1987), o processo de planejamento e controle pode ser representado através de duas dimensões básicas: uma horizontal e outra vertical. A dimensão horizontal, diz respeito às etapas de realização do processo de planejamento e controle, enquanto que a dimensão vertical refere-se à vinculação dessas etapas com os diferentes níveis gerenciais de uma organização.

Em relação à dimensão horizontal, de acordo com Laufer e Tucker (1987), o processo de planejamento envolve cinco etapas, apresentadas na Figura 11. Essas etapas são: a preparação do processo de planejamento, a coleta de informações, a preparação do plano a difusão das informações e a avaliação do processo de planejamento. Estas são sucintamente descritas a seguir.



Figura 11 – Etapas do ciclo de planejamento e controle (baseado em Laufer; Tucker (1987))

- Preparação do processo de planejamento é a etapa em que, a partir da análise das características da obra, são definidos os procedimentos e padrões a serem adotados na execução do processo de planejamento (FORMOSO et al., 1999). Para Laufer e Tucker (1987) e Bernardes (2001), isso inclui a tomada de decisões relacionadas à determinação do tempo e esforço necessário ao planejamento das atividades, da frequência de atualização dos planos, do horizonte a ser planejado, e o nível de detalhe e de centralização do planejamento e controle. Bernardes (2001) salienta que essas atividades têm como embasamento, informações obtidas do planejamento estratégico do empreendimento, de projetos e especificações, projeto de *layout*, projeção de receitas, orçamento e pelas informações pertinentes à avaliação do processo de planejamento de empreendimentos anteriores já executados.
- Coleta de informações é a etapa em que são coletadas as informações necessárias para planejar a produção. Isso inclui contratos, especificações, condições de construção, tecnologia a ser utilizada, disponibilidade de recursos financeiros, identificação da capacidade produtiva de trabalho e dos equipamentos, entre outras. Segundo Formoso et al. (1999), esta etapa tem grande influência na qualidade do processo de planejamento;
- Elaboração dos planos é a etapa na qual o plano da obra é concebido e as decisões são tomadas com base na avaliação sobre as informações coletadas e no uso de técnicas de planejamento e controle (LAUFER; TUCKER, 1987).

- Difusão das informações é a etapa na qual as informações geradas são divulgadas de acordo com as necessidades dos usuários. Nesse caso, a falta ou excesso da informação pode ser prejudicial. Nos estudos realizados por Laufer e Tucker (1987), esses autores identificaram que cabe ao planejador a análise do tipo de informação, a quem ela é destinada, seu formato e conteúdo.
- Avaliação do processo de planejamento, segundo Laufer e Tucker (1987), devem ocorrer ao final do empreendimento ou mesmo durante sua realização, nos casos em que seja observada substancial mudança nas metas estabelecidas. Bernardes (2001) acrescenta que nessa fase deve ocorrer a análise das decisões estabelecidas durante a concepção (ou preparação) do processo de planejamento e controle da produção. Para isso, este autor recomenda a utilização de indicadores de desempenho globais, tais como relação entre custos previstos e empregados, a fim de facilitar essa análise. Também esse autor ressalta que problemas identificados devem ser utilizados como embasamento para ações corretivas que devem ser impreterivelmente implementadas.

Por fim, Laufer e Tucker (1987) salientam que a primeira e a última etapa do ciclo de planejamento não são contínuas e se referem às avaliações do processo de planejamento e controle que ocorrem de forma intermitente no início e fim do empreendimento ou parcialmente durante a execução do mesmo. Também esses autores destacam que, em relação às etapas intermediárias, o ciclo de planejamento pode se repetir várias vezes durante a execução da obra com base nas definições formuladas na etapa de preparação do planejamento.

De acordo com Formoso et al. (1999), existem diferentes níveis gerenciais dentro de uma organização que mantêm relação com o processo de planejamento e controle da produção. Para Neale e Neale<sup>12</sup> (1989 apud FORMOSO et al., 1999), existem tipicamente três níveis hierárquicos nas organizações:

- Estratégico: refere-se à definição dos objetivos do empreendimento a partir do perfil do cliente. Envolve o estabelecimento de algumas estratégias para atingir os objetivos, tais como a definição do prazo da obra, fontes de financiamento, parcerias, etc.;
- Tático: envolve principalmente a seleção e aquisição de recursos necessários para atingir os objetivos do empreendimento, e a elaboração de um plano geral para a utilização, armazenamento e transporte destes recursos;
- Operacional: relacionado principalmente à definição detalhada das atividades a serem realizadas, seus recursos e momento de execução.

De acordo com Formoso et al. (1999), a hierarquização do planejamento pode ser utilizada como uma forma para proteger a produção dos efeitos nocivos da incerteza no empreendimento. Segundo esses

---

<sup>12</sup> NEALE, R.H.; NEALE, D.E. **Construction Planning**. London: Thomas Telford, 1989.



autores, a hierarquização do planejamento permite que a informação seja disponibilizada com o detalhamento adequado para a tomada de decisão em cada um dos níveis gerenciais.

### **3.2.2 Modelo de Planejamento de Controle da Produção NORIE/UFRGS**

O modelo de PCP / NORIE foi desenvolvido com bases no modelo de planejamento e controle da produção inicialmente proposto por Ballard (2000b), denominado de *Last Planner System*. Desde sua concepção, este modelo vem sendo estudado e aprimorado por diversos pesquisadores de diversos países. Ballard e Howell (1998), Formoso et al. (1999), Oliveira (1999), Alves (2000), Marchesan (2001), Bernardes (2001), Alarcón et al. (2002), são alguns desses trabalhos.

O modelo de PCP/NORIE também é dividido em três níveis hierárquicos: longo, médio e curto prazo. Segundo Formoso et al. (1999), essa divisão é associada respectivamente com os níveis tático e tem como objetivo, dentre outras coisas, gerenciar melhor a incerteza em empreendimentos da construção civil. Esses níveis são apresentados mais detalhadamente a seguir.

#### **PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO**

O planejamento de longo prazo, segundo Formoso et al. (1999), consiste, em geral, no primeiro planejamento em nível tático e tem como principais objetivos o estabelecimento das metas do empreendimento no longo prazo, os ritmos dos processos chave, o plano de ataque da obra e das principais atividades a serem executadas.

Além disso, o plano de longo prazo deve incorporar as metas estratégicas do empreendimento. É destinado principalmente para a alta e média gerência, de modo a informá-la sobre as atividades em execução (TOMMELEIN; BALLARD, 1997).

Segundo Laufer e Tucker (1987), este nível de planejamento pode ser realizado através da utilização de várias técnicas de planejamento e programação, tais como gráficos de Gantt, redes PERT e linhas de balanço. Este plano deve ser realizado de forma pouco detalhada em função dos prazos de execução de empreendimentos da construção civil serem longos e, conseqüentemente, o grau de incerteza normalmente associada a esse nível de planejamento ser bastante alto.

Em geral, ao longo da execução do empreendimento, o plano de longo prazo é atualizado em função de alterações que ocorrem durante a execução do plano. São essas alterações que justificam a forma pouco detalhada do planejamento, uma vez que o detalhamento excessivo de todas as atividades pode requerer muito esforço para a atualização.

## PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO

O planejamento de médio prazo é considerado um segundo nível de planejamento tático. O plano de médio prazo, também denominado *look ahead* (BALLARD, 1997), tem a função de vincular as metas fixadas no longo prazo com aquelas designadas nos planos de curto prazo.

De acordo com Ballard et al. (2002) as principais funções do planejamento de médio prazo são: a explicitação do fluxo, seqüência e divisão do trabalho, a equalização entre o fluxo identificado e a capacidade de trabalho, a programação de atividades reserva e o desenvolvimento de um plano detalhado sobre como o trabalho será realizado. Também para esses autores, as ferramentas e técnicas utilizadas para a realização deste plano incluem a análise de restrições, *first run studies*<sup>13</sup> e o modelo de definições de atividades.

De acordo com Tommelein e Ballard (1997), cabe ao médio prazo o planejamento das atividades a serem executadas dentro de uma janela de tempo inferior à do longo prazo, na qual sejam possíveis a identificação e remoção das restrições à execução dessas atividades. Restrições são atividades gerenciais, necessidades físicas, financeiras e de informações de projeto que, se **não** disponibilizadas no momento, na quantidade e especificação corretas, impedem a programação das atividades relacionadas às mesmas. Necessitam de um responsável por removê-las, uma data limite para a remoção e uma tarefa a ser executada atribuída a elas.

Segundo Ballard (2000b), a análise de restrições é realizada através do exame de cada atividade programada na janela de planejamento de médio prazo. O horizonte de planejamento pode variar de acordo com cada empresa ou empreendimento, a depender da velocidade do empreendimento e do *lead time* por informações, materiais e serviços. Para o mesmo autor, o plano pode ser atualizado mensalmente ou semanalmente e sua realização é tipicamente de responsabilidade da gerência da obra.

Para Ballard et al. (2002), a regra que rege a análise de restrições é o fato de que nenhuma atividade pode ter sua data programada, antes de se ter certeza de que todas as restrições possam ser removidas no tempo requerido. Para esses autores, isso assegura que os problemas são identificados e removidos, permitindo assim a liberação dessas atividades para a programação em nível de curto prazo.

Ainda que seja normalmente realizada no médio prazo, é possível que a análise de restrições seja realizada também no longo prazo em função do tempo para a execução da obra, embora não haja

---

<sup>13</sup> De acordo com Koskela et al. (2002), *first run studies* referem-se à análise do primeiro ciclo de produção, realizada a fim de apreender sobre o processo e melhorar o projeto do processo. Para esses autores, também a simulação das operações realizada de forma mais realística possível constituem essa forma de análise.

estudos de sua realização sistemática nessa fase. Segundo Bernardes (2001), a análise de restrições permite um aumento na continuidade das operações no canteiro e, conseqüentemente, tende a melhorar a eficácia do planejamento. Exemplos das planilhas<sup>14</sup> de planejamento de médio prazo são apresentados respectivamente na Figuras 12 e 13.

CONSTRUTORA PORTO		PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO		Obras:		Período 18	Datas =	Início		
				Engenheiro(a):		15/7/2002	à 11/8/2002	25/2/2002		
				Mestre:		FORMATAÇÃO		4ª Semana		
				FM100-05				18/3/2002		
								Data:		
								6/3/2003		
Equipe	Descrição da tarefa	Restrições	Início	Fim	Duração	OK	Semana #	Semana #	Semana #	Semana #
							#####	#####	#####	#####
							S T Q Q S S D	S T Q Q S S D	S T Q Q S S D	S T Q Q S S D

Figura 12 – Planilha eletrônica de planejamento e controle de médio prazo

CONSTRUTORA PORTO		LISTA DE RESTRIÇÕES		Obras:		Data limite para remoção da restrição				Período		18
				Eng:		Semanas						
Nº	Descrição da Restrição	Responsável	Data	15/07 a 21/7	22/07 a 28/7	29/07 a 4/8	05/08 a 11/8	Custo Previsto		OK (S ou N)	Problema	
1				\$18	\$18	\$26	\$21					
2												
3												
4												

Figura 13 – Planilha eletrônica de lista de restrições

Quanto ao modelo de definição das atividades (Figura 14), neste são identificadas as primeiras categorias de restrições: diretrizes (*directives*), trabalho precedente e recursos (BALLARD et al., 2002). Segundo esses autores, diretrizes são restrições relacionadas a informações necessárias para a realização da atividade, como, por exemplo, projeto, critérios e especificações. Trabalho precedente tem relação com a ordem na qual o trabalho está sendo realizado ou é adicionado.

Como exemplo desse tipo de restrição, pode-se citar a conclusão de atividades em execução consideradas como pré-requisitos para atividades subseqüentes. Por último, as restrições do tipo recursos são relacionadas à mão-de-obra, materiais, equipamentos, ou mesmo condições nas quais o trabalho deve ser exercido. Para esses autores, recursos são caracterizados principalmente pela possibilidade de serem reabastecidos e de terem capacidade finita, conseqüentemente, mão-de-obra, ferramentas, equipamentos e liberação de áreas para a realização de atividades são considerados recursos.

<sup>14</sup> Desenvolvidas pelos pesquisadores Kleber Belmonte e Ricardo Codinhoto.

De acordo com Ballard (1997), o planejamento de médio prazo representa uma das funções de decisão que constituem o sistema de PCP. Para esses autores, esse nível de planejamento é exercido entre o nível de coordenação do empreendimento (planejamento de longo prazo) e o nível de comprometimento (planejamento de curto prazo). Desse modo, esse plano possibilita a formação de um fluxo constante de trabalho, aumentando a possibilidade de sucesso no cumprimento das metas e atividades planejadas.

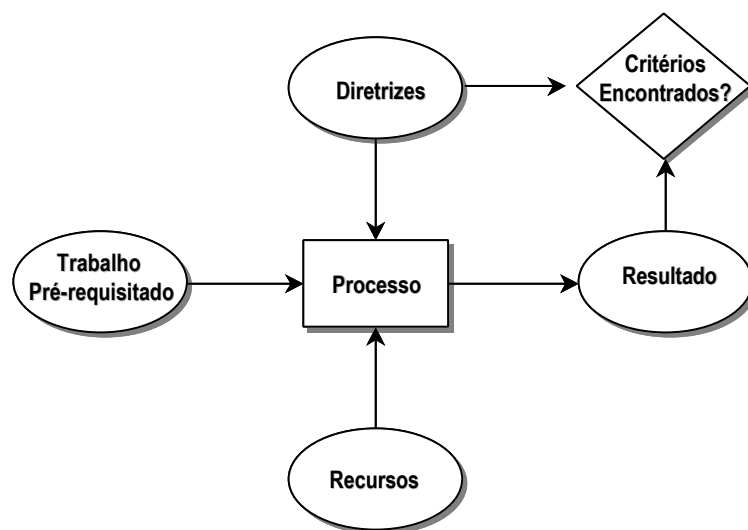


Figura 14 – Modelo de Definição de Atividades (Baseado em BALLARD et al., 2002)

### PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO

Segundo Formoso et al. (1999), o planejamento de curto prazo ou operacional tem o papel de orientar diretamente a execução da obra. Nesse nível de planejamento somente são programadas atividades que tem grande probabilidade de serem cumpridas (BALLARD; HOWELL, 1998). Um dos critérios adotados para a inclusão dessas atividades no plano de curto prazo é a remoção das restrições relacionadas às mesmas (FORMOSO et al., 1999). Para esses autores, essa conduta é responsável pela proteção da produção contra a incerteza.

O planejamento de curto prazo pode ser realizado em ciclos diários, semanais ou quinzenais, sendo caracterizado pela atribuição de recursos às atividades programadas no planejamento de médio prazo, bem como o fracionamento destas atividades em lotes menores (FORMOSO et al., 1999).

Neste nível, deve haver forte ênfase no engajamento das equipes com as metas estabelecidas, o que pode ser alcançado através de breves reuniões periódicas com a participação de todos os envolvidos, isto é, gerente da obra, mestres de obras, subempreiteiros, dentre outros. Um exemplo da planilha utilizada para esse nível de planejamento é apresentado na Figura 15.

De acordo com Ballard e Howell (1994), para elaborar este tipo de plano é necessário que alguns critérios seja atendidos, a fim de criar condições que possibilitem a execução dos planos:

- Definição: especificação da atividade a ponto de permitir a definição do tipo e quantidade de material e mão-de-obra, sendo possível identificar se a atividade foi concluída ao final de um ciclo de planejamento;
- Disponibilidade: os recursos necessários devem estar disponíveis no momento da execução da atividade planejada;
- Seqüenciamento: as atividades devem ser selecionadas, observando o seqüenciamento técnico e do fluxo, com a finalidade de reduzir as interferências entre as equipes;
- Tamanho: as atividades designadas devem ser compatíveis com a capacidade produtiva das equipes de produção;
- Aprendizagem: as causas do não cumprimento dos planos devem ser investigadas e explicitadas, de modo a permitir que ações corretivas sejam implementadas.

CONSTRUTORA PORTO			PLANEJAMENTO SEMANAL PLANO DE CURTO PRAZO		Obra:		Período 1		ISO 9001		Classificar Gráficos:				
			PLANEJADO X EXECUTADO		Engenheiro:		9/4/2002 à 15/4/2002		1ª Semana						
					Mestre:		PPC = $\frac{\text{Soma 100\%}}{\text{total itens}}$ =		Data:						
					Estagiário:		%		9/4/2002						
Empresa	Equipe	Visto	Pacote de Trabalho		Início	Fim	1	2	3	4	5	% Executado	Problema	Iniciado antes do prazo	Terminado antes do prazo
Problema:		8-1	OUTROS												
1							I	P							
							E								
2							I	P							
							E								
3							I	P							
							E								

Figura 15 – Planilha eletrônica de planejamento e controle de curto prazo

Para Ballard et al. (2002), esses critérios devem ser considerados com a finalidade de comprometer as equipes envolvidas e fazer com que o trabalho seja realizado de forma protegida em relação a incertezas. Para esses autores, o sucesso da previsibilidade dos planos é medida ao final de uma semana em termos de PPC (percentual de planejamento completado). As causas raiz das falhas de planejamento também são identificadas e atacadas de modo a evitar o surgimento de problemas futuros.

Segundo Ballard (1999), com o objetivo de proteger a produção, é recomendável que a quantidade de trabalho designada seja menor do que a capacidade produtiva. Para esse autor, a subestimação da capacidade produtiva, ao longo do tempo resulta no aumento da produtividade, uma vez que as atividades programadas são cumpridas efetivamente com maior frequência.

#### INDICADORES DE DESEMPENHO

De acordo com Alarcón (1997), é pelo uso de indicadores que se avalia o desempenho do sistema de produção e se estabelecem padrões que, se implementados, podem melhorar a qualidade da informação disponível para a tomada de decisão.

A esse respeito, os indicadores de desempenho devem obedecer alguns critérios fundamentais para assegurar a disponibilidade dos dados e dos resultados obtidos no processo de medição. De acordo com Lantelme (1994), os critérios para o estabelecimento de indicadores são:

- ser de formulação simples, passível de entendimento e compreensão por todas as pessoas envolvidas no processo;
- apresentar um grau satisfatório de representatividade das atividades e resultados gerados;
- serem calculados com dados disponíveis ou facilmente obtidos e, principalmente, confiáveis.

Oliveira (1999) propôs um conjunto de medidas para o modelo de PCP do NORIE. Dentre as principais estão o PPC e a análise do não cumprimento dos planos, ambos utilizados em nível de curto prazo.

O PPC é obtido através do quociente entre o total de atividades de produção integralmente executadas e o total de atividades programadas e possibilita a avaliação da eficácia do planejamento. Para Ballard et al. (2002), o aumento dos valores de PPC leva à melhoria do desempenho, não apenas das unidades de produção responsáveis pela tarefa executada, como também das unidades de produção das tarefas subseqüentes.

Quanto à identificação das causas do não cumprimento das atividades planejadas, após vários ciclos de planejamento é possível gerar gráficos acumulados sobre os principais problemas ocorridos e retroalimentar o processo de planejamento.

Adicionalmente, Oliveira (1999) propõe os seguintes indicadores de desempenho para o PCP: Percentual do Planejamento Concluído do Subempreiteiro (PPC/S), Projeção de Prazo da Obra (PPO), Desvio de Ritmo (DR), Percentual de solicitações irregulares de material (Psem), Percentual de entregas irregulares de material (Pmat), Percentual de atividades iniciadas no prazo (PAP), Percentual de atividades completadas na duração prevista.

#### CONSIDERAÇÕES SOBRE A RESPONSABILIDADE PELA ELABORAÇÃO DO PCP

De acordo com Laufer e Tucker (1988), o tempo para a elaboração do planejamento deve ser livre de pressões, a fim de facilitar o processo de tomada de decisão. Entretanto, segundo esses autores, em geral, a elaboração do planejamento cabe ao gerente da obra, que dispõe de pouco tempo para sua realização.

Sendo assim, o processo de planejamento e controle deve estar baseado na cooperação entre a alta gerência, o profissional responsável pelo planejamento e os demais envolvidos com o estabelecimento de metas (mestres-de-obras, empreiteiros, etc.) (LAUFER; TUCKER, 1988).

### 3.2.3 Planejamento e Controle de Projetos

Alguns estudos vêm sendo desenvolvidos no sentido de adaptar o *Last Planner System* e o modelo de PCP/NORIE para o planejamento e controle de projetos (KOSKELA et al., 1997; MILES, 2002; BALLARD, 1999; BALLARD, 2000a; TZORTZOPOULOS et al., 2001). Tais estudos, apesar de incipientes, têm mostrado resultados positivos, principalmente no que se refere ao planejamento de curto prazo. Alguns dos resultados alcançados são apresentados a seguir.

#### PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO

O planejamento de longo prazo de projeto é de grande importância, pois é nesse nível de planejamento que são identificados componentes (equipamentos, materiais, etc.), que podem ou não fazer parte do empreendimento. Sua importância advém do fato que, uma vez identificados esses componentes, é possível agregar ao PDP os fornecedores e conseqüentemente reduzir perdas ao longo desse processo (MILES, 2002).

Segundo Miles (2002) e Tzortzopoulos et al. (2001), assim como na produção, no planejamento de longo prazo de projeto devem ser estabelecidas as datas-marco para o cumprimento de tarefas. A esse respeito existem algumas possibilidades quanto à forma de estabelecimento dessas datas, a depender da estratégia adotada para o desenvolvimento do produto. Como exemplo, de acordo com Tzortzopoulos et al. (2001), essas datas podem ser organizadas segundo o seqüenciamento das fases do PDP, enquanto para Miles (2002), podem ser organizadas segundo a prioridade e seqüência de produção dos projetos a serem desenvolvidos.

Além do estabelecimento de datas-marco, de acordo com Miles (2002), fazem parte do planejamento em nível de longo prazo a elaboração de listas para o levantamento das informações necessárias ao desenvolvimento do produto. Para esse autor, esse procedimento é um ponto de vinculação com os demais níveis de planejamento, uma vez que estas listas podem ser integradas posteriormente com o plano de médio e curto prazo.

Para Miles (2002) e Tzortzopoulos et al. (2001), assim como para produção, o plano de longo prazo de projeto deve ser pouco detalhado, a fim de reduzir retrabalhos. Além disso, esses autores salientam que as datas planejadas devem ser negociadas entre os intervenientes e as atualizações realizadas quando necessário.

#### PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO

O planejamento para o processo de projeto, assim como para a produção, está baseado na decomposição do plano mestre de projeto em atividades exequíveis (BALLARD, 1999). O plano de médio prazo é elaborado a partir da triagem das atividades planejadas no longo prazo que podem ser incluídas no planejamento de médio prazo.

De acordo com Miles (2002), para o planejamento de médio prazo, deve-se estabelecer um horizonte de planejamento de algumas semanas à frente. O horizonte pode variar de empreendimento para empreendimento e deve possibilitar que restrições à execução de tarefas planejadas possam ser removidas no tempo adequado.

Para Miles (2002), o planejamento de médio prazo deve servir de ligação entre as metas estabelecidas no planejamento de longo prazo e as atividades a serem executadas no planejamento de curto prazo de projeto, assim como é realizado para a produção. Para isso, deve-se ter certeza que as tarefas planejadas podem ser executadas. Além disso, esse autor salienta que também cabe ao plano de médio prazo, a remoção de restrições relacionadas a tarefas reservas de projeto que possam ser realizadas em paralelo no nível de curto prazo.

Apesar de considerado essencial, existem poucas experiências de planejamento de médio prazo de projeto relatadas. Neste caso, no estudo realizado por Tzortzopoulos et al. (2001), uma das causas do insucesso de sua implementação foi a alta incerteza envolvida na determinação da seqüência mais adequada de execução do projeto, nas fases iniciais do empreendimento. Para esses autores, essa incerteza dificultou a identificação antecipada das atividades de projeto e das restrições associadas a essas atividades.

#### PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO

Nesse nível de planejamento, somente são planejadas as atividades passíveis de serem executadas. Para que isso ocorra é necessário a negociação das atividades programadas entre os envolvidos, a definição do responsável e da data limite para a realização destas, assim como do escopo e do conteúdo a ser desenvolvido (KOSKELA et al., 1997; BALLARD, 2000a).

Quanto à utilização do planejamento de curto prazo de projeto, estudos realizados por Koskela et al. (1997), Miles (2002), Ballard (1999), Tzortzopoulos et al. (2001) e Miron et al. (2002) mostram que seu uso tem proporcionado o aumento da eficácia do planejamento e da transparência no processo de projeto. Em relação ao uso de indicadores de desempenho, assim como na produção, o principal indicador é o PPC, o qual, segundo Koskela et al. (1997), Miles (2002) e Tzortzopoulos et al. (2001) tem sido utilizado com sucesso.

Além desses benefícios, esses estudos concluíram que, a partir da utilização desse sistema de planejamento, houve um aumento da eficácia do planejamento e da confiabilidade do fluxo de trabalho. Tal benefício é atribuído ao aumento da transparência do processo de planejamento, obtido a partir da programação das atividades e da medição desempenho. Além disso, também é salientada a aprendizagem proporcionada pela retroalimentação de informações relacionadas a causas identificadas para o não cumprimento das atividades (KOSKELA et al., 1997; MILES, 2002; BALLARD, 1999; TZORTZOPOULOS et al., 2001).



Contudo, apesar dos resultados promissores, a utilização do modelo de PCP/NORIE para projeto também é uma atividade relativamente nova e que requer maior conhecimento e aprendizagem sobre o processo de projeto e o desenvolvimento de indicadores de desempenho aplicados a essa área.

### **3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conforme apresentado até este capítulo, mudanças relacionadas a questões contextuais têm provocado um aumento no nível de competição e uma demanda por maior rapidez no desenvolvimento de novos produtos, resultando em problemas de gestão relacionados à turbulência no mercado. Buscou-se ressaltar que, independentemente do contexto, o desenvolvimento de produtos constitui-se em um processo amplo, caracterizado pela interdisciplinaridade e interfuncionalidade que, devido a essas alterações, também se tornou mais complexo.

Como resposta a esses problemas, foi destacado o surgimento de um novo referencial teórico, no qual os processos de projeto e de produção passaram a ser abordadas considerando a visão de fluxo dos processos e de geração de valor, em contraposição à visão tradicional de conversão. Adicionalmente, também foi apresentada a abordagem de condução simultânea de processos, denominada Engenharia Simultânea. Dada as dificuldades de gestão devidas à simultaneidade promovida por essa abordagem, foi evidenciado o importante papel do planejamento e controle na gestão do PDP neste contexto.

No presente trabalho optou-se pela utilização do modelo de PCP/NORIE, considerando os resultados positivos obtidos na gestão da produção e, em alguns casos, também em projetos. Entretanto, este modelo de planejamento tem sido utilizado para o planejamento da produção de forma desvinculada ao projeto e vice-versa, contrariando a idéia de gestão integrada dos processos promovida pela ES. Neste ponto é que o trabalho busca dar sua contribuição, respondendo à questão de pesquisa proposta no Capítulo 1: como integrar o planejamento e controle dos processos de projeto e produção.

## 4. MÉTODO DE PESQUISA

O presente capítulo apresenta o método utilizado para a realização da pesquisa, incluindo a estratégia, o delineamento da pesquisa, a descrição das etapas, ferramentas e fontes de evidência, assim como a das variáveis analisadas.

### 4.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Conforme apresentado no capítulo 1, a questão de pesquisa que se busca responder é relacionada à investigação dos caminhos que levam à integração do planejamento e controle dos processos de projeto e produção. Essa questão foi abordada através da realização de uma pesquisa de caráter fenomenológico, por estar relacionada ao entendimento de aspectos organizacionais e gerenciais de empresas.

A pesquisa foi desenvolvida a fim de analisar as boas práticas e as dificuldades de planejamento e controle do PDP e as relações entre os envolvidos nesse processo. Sendo assim, optou-se pela realização de estudos de caso, por ser esta uma estratégia de investigação empírica que trata de fenômenos contemporâneos dentro de diferentes contextos na vida real. Além disso, este tipo de estratégia é aplicável a pesquisas em que os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos (YIN, 2001).

Neste trabalho foram realizados quatro estudos de caso em uma empresa construtora de Porto Alegre. Esses estudos tiveram empreendimentos de construção civil como objeto de análise. A integração do planejamento e controle do PDP foi a unidade de análise, a partir da qual foram propostas diretrizes para o planejamento e controle integrado dos processos de projeto e produção.

Os estudos foram programados para serem realizados consecutivamente de modo a permitir que lacunas de conhecimento fossem gradualmente sendo preenchidas. Cabe ainda ressaltar que o estudo como um todo teve caráter exploratório e deverá servir de base para o desenvolvimento de novos estudos.

## 4.2 DELINEAMENTO

Cada estudo empírico foi composto de três etapas distintas, sendo elas denominadas de: preparatória, desenvolvimento e fechamento, como ilustrado na Figura 16. Os itens que compõem cada etapa são explicados a seguir.

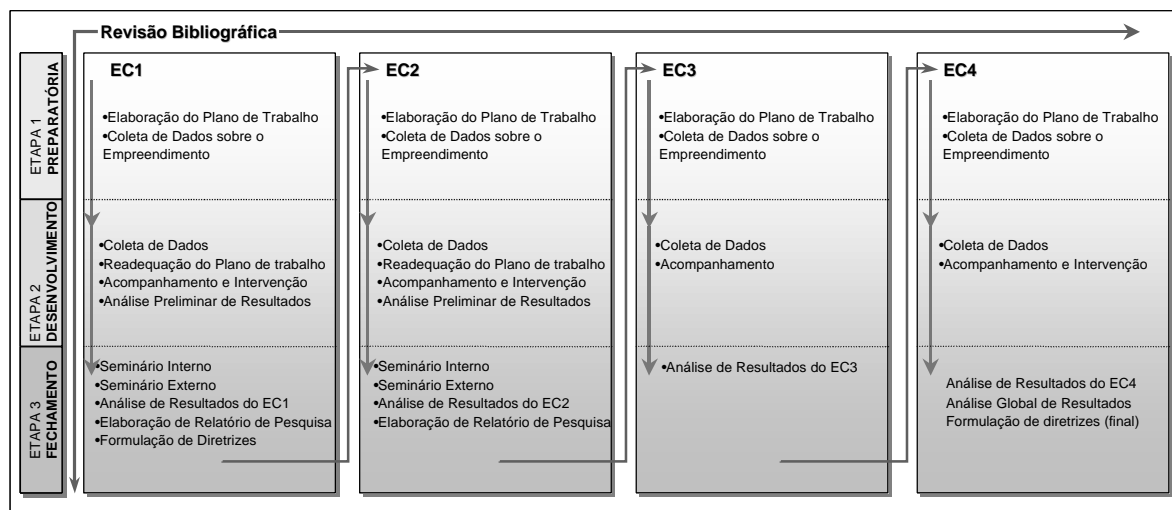


Figura 16 – Delineamento da Pesquisa

### 4.2.1 Revisão Bibliográfica

A revisão da bibliografia permeou todas as etapas pesquisa e desenvolveu-se ao longo da realização dos quatro estudos empíricos. Foi necessária a investigação sobre alguns aspectos técnicos relacionados à atividade de projeto, assim como questões relacionadas ao planejamento e controle da produção e das relações organizacionais envolvidas no PDP. Os capítulos de revisão buscaram levantar tanto aspectos técnicos quanto históricos, de forma a explicar os assuntos abordados dentro do contexto temporal em que se situam.

### 4.2.2 Etapa Preparatória

A etapa preparatória teve como objetivo principal, o levantamento de dados gerais do empreendimento, que caracterizavam o contexto no qual o estudo foi desenvolvido. A cada estudo foram levantadas questões como: relação de profissionais contratados pela construtora e pelo cliente, o tipo e o escopo de contratação, desenho do sistema de planejamento adotado e outras informações gerais acerca do empreendimento. Esse material foi utilizado como suporte à elaboração dos planos de trabalho conforme descrito a seguir.

A elaboração dos planos de trabalho de cada estudo de caso foi realizada a partir de reuniões entre os pesquisadores do NORIE/UFRGS e representantes da construtora (diretores da empresa, gerente da qualidade e gerente da produção). Nessas reuniões eram apresentados coletados dados gerais do empreendimento, tais como tipo (industrial, hospitalar, etc.), a área a ser edificada, o prazo de

execução e o escopo de contratação da construtora (desenvolvimento do projeto e execução ou apenas execução). A partir do levantamento desses dados, era então possível determinar o tipo de intervenção a ser realizada, assim como o papel dos pesquisadores e a participação por parte dos membros da empresa.

A elaboração do plano de trabalho foi bastante peculiar à realização dos estudos neste trabalho. Em geral, inicialmente existia muita incerteza sobre o que a construtora se propunha a realizar. Em alguns casos o plano inicialmente proposto não podia ser implementado em função de mudanças no empreendimento, sendo necessário fazer alterações no referido plano.

#### **4.2.3 Etapa de Desenvolvimento**

A etapa de desenvolvimento foi realizada a partir do acompanhamento do desenvolvimento dos empreendimentos estudados. Esta etapa teve como objetivos a coleta de dados propriamente dita e a análise dos resultados. Devido às particularidades observadas nos estudos realizados, foi possível considerar questões que abrangeram da simples adaptação de ferramentas para o planejamento e controle do PDP (nível operacional) ao entendimento do PDP na empresa (nível estratégico).

Dessa forma, nos diferentes estudos realizados, as informações e fontes de evidências sobre um mesmo tópico foram coletadas de formas diferentes, sendo elas a observação participante, observação direta, análise de documentos e a realização de entrevistas.

A observação participante se deu através da presença do pesquisador nas reuniões de planejamento de projeto e produção que a construtora promovia, nas quais o pesquisador podia intervir. Nessas reuniões, as informações eram coletadas sistematicamente através da utilização de ferramentas que buscavam registrar o processo de tomada de decisão.

A observação direta, por sua vez, procurou obter informações adicionais que auxiliassem na compreensão dos problemas e do contexto estudado. Nesse caso, as informações foram coletadas através do registro fotográfico e de visitas a campo.

A coleta de documentos refere-se à documentação gerada pela empresa. Dentre esses documentos destacam-se planilhas de planejamento e controle, atas de reunião (Anexo 1) e contratos. Em geral, esses documentos serviram de fontes geradoras de dados quantitativos e qualitativos para o estudo e por isso tiveram papel de extrema importância para este trabalho.

As entrevistas foram realizadas principalmente com o objetivo de obter a percepção dos participantes sobre as intervenções propostas. Foram entrevistados 15 profissionais envolvidos no desenvolvimento de projetos e execução de obras. Essas entrevistas foram semi-estruturadas e com duração em torno de 45 minutos.

A coleta de dados referente à realização dos estudos demandou cuidados que garantissem a confiabilidade dos dados coletados. Principalmente os dados gerados pela construtora exigiam que o pesquisador buscasse estar presente no momento de geração dessas informações. Outro cuidado tomado em relação aos dados foi à realização de uma análise preliminar dos resultados, a partir da qual os dados coletados eram agrupados e as informações reorganizadas de forma a explicitar mais fortemente as evidências buscadas.

#### **4.2.4 Etapa de Fechamento**

Em apoio à análise dos resultados, foram realizados alguns seminários internos e externos. Esses seminários tinham como finalidade a discussão dos resultados obtidos, a retroalimentação no processo de pesquisa e o intercâmbio das visões acadêmica e prática. Eram discutidas questões como o envolvimento dos participantes internos e externos no estudo, os problemas verificados e possíveis soluções aplicáveis em outros estudos.

Nos seminários internos participavam representantes da construtora e do Grupo de Pesquisa em Gerenciamento e Economia na Construção do NORIE/UFRGS<sup>15</sup>. Nos seminários externos participavam diversas empresas envolvidas nos estudos (representantes da construtora, do cliente e das empresas parceiras da construtora - projetistas, empresas de subsistemas, subempreiteiros, etc.).

Também fez parte da etapa de fechamento a elaboração de relatórios parciais para a empresa pesquisada. O foco de análise desses relatórios apresentava duas vertentes, uma teórica e outra prática. A vertente teórica objetivava mostrar resumidamente os avanços a partir da realização dos estudos e a vertente prática mostrar quais práticas obtiveram ou não bons resultados. Os relatórios auxiliaram o pesquisador na compreensão dos resultados de cada estudo em relação ao todo e na redação da dissertação.

Por último, a formulação de diretrizes constituiu-se de parte importante da realização desta pesquisa. A base para a elaboração dessas diretrizes foi a contraposição dos conhecimentos adquiridos pelo pesquisador através da revisão bibliográfica com os resultados obtidos na realização dos estudos. Além das diretrizes, novas questões de pesquisa foram levantadas durante a realização dos estudos, as quais foram sugeridas para a realização de trabalhos futuros.

### **4.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A EMPRESA PESQUISADA**

Os quatro estudos foram desenvolvidos na construtora **Porto**. Fundada em 1983, essa construtora constituiu-se de uma empresa de médio porte de Porto Alegre responsável pela execução de obras para

terceiros. Essas obras são, em geral, contratadas (sob encomenda) por cliente privado nos segmentos de obras de edificações industriais, hospitalares e comerciais da indústria da construção. Estas obras em geral são rápidas e complexas e tem grande incerteza envolvida.

Durante a realização desta pesquisa, o corpo técnico da construtora era formado por três diretores, um gerente da qualidade, sete engenheiros, dois técnicos de edificações, três estagiários de engenharia e dois de arquitetura.

A construtora **Porto** obteve no ano de 2001 a certificação de seu sistema da qualidade em relação à norma ISO 9002/1994, abrangendo o gerenciamento e construção de obras de engenharia civil. Tendo em vista as exigências da série de normas ISO 9000/2000, a empresa tem realizado um esforço para alcançar a certificação incluindo o escopo de desenvolvimento do produto.

É importante ressaltar que essa construtora tem realizado, nos últimos anos, diversos trabalhos com o NORIE/UFRGS. Dentre os estudos realizados, destaca-se a implantação do modelo de PCP proposto por Formoso et al. (1999), o qual foi incluído no seu sistema de qualidade. Nessa empresa, de acordo Soares (2003), a NBR ISO 9001 (ABNT, 1994) e o sistema de planejamento e controle da produção são complementares. Isto significa dizer que um contribui para a manutenção e aprimoramento do outro.

A justificativa para a realização dos estudos nessa construtora foi sua forma de atuação no mercado da construção civil. Os arranjos contratuais que a construtora estabelece com seus clientes finais e parceiros, bem como a forma como realiza suas obras, possibilitam o acompanhamento dos empreendimentos desde as etapas iniciais do PDP até a concretização da obra em poucos meses. Dada a velocidade com que acontecem as atividades nessas obras, é possível para os pesquisadores avaliar diferentes questões referentes à pesquisa e interagir de forma intensa com os principais envolvidos no empreendimento em estudo.

---

<sup>15</sup> Em geral, as pesquisas desenvolvidas na empresa pesquisada envolviam a realização de vários estudos sobre diferentes assuntos, as quais eram realizadas por pesquisadores do Grupo de Gerenciamento do NORIE/UFRGS.

## 4.4 ESTUDO DE CASO 1 (EC1)

### 4.4.1 Etapa de Preparação do EC1

#### PLANO DE TRABALHO

A primeira reunião relativa ao EC1 foi realizada em junho de 2001 e contou com a participação de um dos diretores da empresa, do gerente de qualidade, do engenheiro responsável pela obra em questão e de um grupo de pesquisadores do NORIE. Nessa ocasião, o diretor da construtora **Porto**<sup>16</sup> expôs o histórico da contratação da construtora para a realização de dois laboratórios para a **Plano Petroquímica** (cliente final), denominados neste trabalho como laboratório **Catal** e laboratório **Poly**.

O empreendimento **Poly** (Figura 17) era composto da reforma de uma edificação existente com cerca de 830m<sup>2</sup> e da ampliação desta em mais 1600m<sup>2</sup>. Nesse empreendimento havia requisitos relacionados à concepção que aumentavam a complexidade do produto. São exemplos desses requisitos, o controle rigoroso de temperatura e umidade e a execução de uma torre com dezesseis metros de altura.

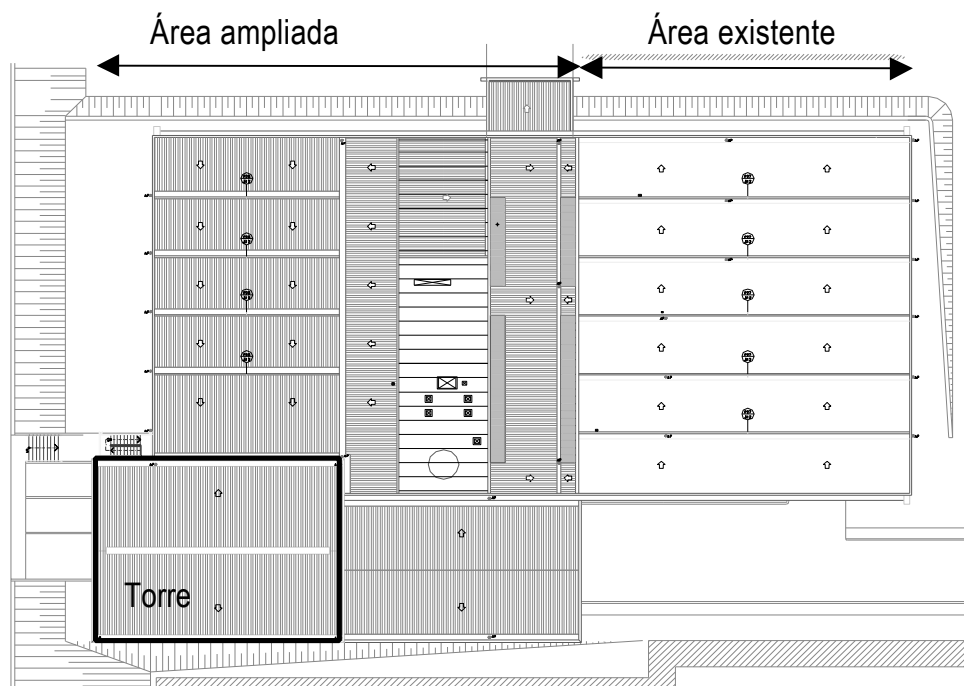


Figura 17 - Planta de implantação do Laboratório Poly (s/ escala)

O empreendimento **Poly** foi objeto de uma concorrência entre várias empresas construtoras. Para a realização das propostas de orçamento e cronograma, essas empresas receberam do cliente final o

estudo preliminar de arquitetura, além da determinação de um prazo para a execução do empreendimento. A **Plano Petroquímica** solicitou à construtora **Porto** várias revisões de orçamento e, por fim, a contratação foi realizada em maio de 2001.

Para o empreendimento **Poly** foi definido em contrato o prazo de seis meses para a realização do empreendimento, incluindo a conclusão do projeto arquitetônico e o desenvolvimento dos projetos estrutural e de sistemas prediais. O projeto arquitetônico, desde os primeiros estudos, foi desenvolvido por uma equipe de projetistas sediada em São Paulo, contratada diretamente pelo cliente final. Os demais projetos foram desenvolvidos sob responsabilidade da construtora **Porto**. Devido ao envolvimento da construtora na etapa de projeto, o empreendimento **Poly** foi definido como o principal objeto de análise do EC1.

A partir da contratação, a construtora **Porto** iniciou as negociações com seus fornecedores, a maioria deles contratados para o fornecimento de subsistemas, ou seja, dentre os serviços prestados estavam incluídos a elaboração do projeto, a fabricação de componentes (em alguns casos), e a sua instalação. Foram contratados os subsistemas de estaqueamento, estrutura de concreto pré-fabricado, estrutura metálica, ar condicionado, instalações elétricas, instalações hidrossanitárias e instalações para exaustão e utilidades (instalações para gases, produtos químicos e água não-potável).

Nesse empreendimento, foi acordado entre os participantes que o planejamento deveria seguir uma subdivisão hierárquica em três níveis. O plano de longo prazo de produção, desenvolvido na fase de orçamento, deveria ser atualizado conforme necessidade. Já o planejamento de médio prazo de produção deveria ocorrer semanalmente, sendo produzido um plano para um horizonte de três semanas à frente. Quanto ao planejamento de curto prazo de produção, este deveria ser realizado semanalmente e dois dias após a realização da reunião de médio prazo. Por último, as reuniões de planejamento de curto prazo de projeto deveriam acontecer semanalmente simultaneamente à execução e um dia após a reunião de médio prazo de produção. O esquema das relações entre esses planos são apresentadas na Figura 18.

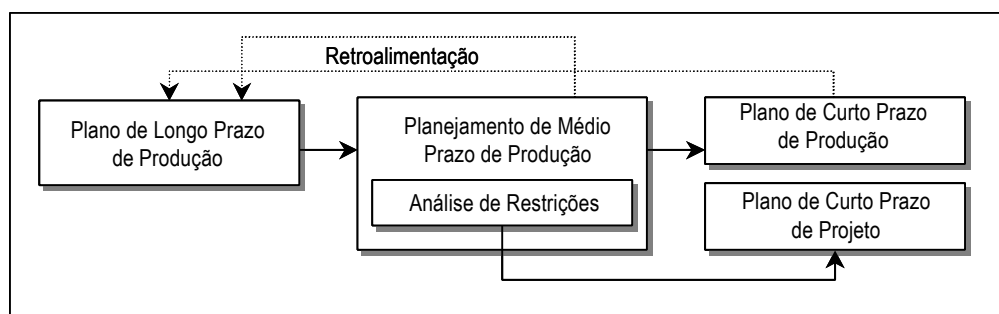


Figura 18 – Relação entre os níveis de planejamento do PDP

<sup>16</sup> Todos os nomes utilizados para designar empresas e empreendimentos são fictícios.



Neste empreendimento, foram realizadas quatro pesquisas<sup>17</sup> de forma paralela e integrada, as quais abordaram os seguintes tópicos: planejamento e controle do PDP (na presente dissertação); gerenciamento dos requisitos do cliente (MIRON, 2002), desenvolvimento de um sistema de informações baseado em uma *extranet*<sup>18</sup> e planejamento e controle da segurança (SAURIN, 2002). Dessas, apenas a pesquisa voltada ao planejamento e controle da segurança não teve grande interação com o planejamento e controle do PDP.

Para o empreendimento **Catal**, foi definido o prazo de três meses para a realização da obra, sendo seus projetos considerados prontos na ocasião da reunião. Uma vez que nesse empreendimento a fase de projeto já havia ocorrido, optou-se pelo acompanhamento da sua execução com o intuito de identificar problemas relacionados a projeto.

Levando em consideração as informações levantadas junto à construtora sobre o empreendimento, a etapa de desenvolvimento do EC1 foi subdividida em duas fases. A primeira focou as relações entre a equipe de projeto e produção e o impacto do planejamento e controle de projeto na produção. A segunda fase teve como o objetivo identificar problemas de produção decorrentes de falhas de projeto. Nessa fase buscou-se cruzar as informações resultantes do acompanhamento das reuniões de projeto realizadas na primeira fase com os problemas observados no planejamento e na execução da edificação.

A seleção das ferramentas de suporte à pesquisa em ambas fases foi feita com base na experiência adquirida com a realização do estudo desenvolvido por Tzortzopoulos et al. (2001), o qual tinha características similares a este. Foram selecionadas:

- planilha de planejamento de curto prazo de projeto (Anexo 2): essa planilha já havia sido utilizada pela empresa em outros empreendimentos. Dessa planilha eram retirados os indicadores PPC de projeto, PPC de projeto por projetista e causas dos problemas que impediram a realização do planejamento.
- planilha de planejamento de médio prazo de produção e lista de restrições (Anexo 3): abrangia um horizonte de três semanas para o empreendimento **Poly**. Juntamente com a programação das tarefas, uma lista de restrições de cada uma das tarefas era elaborada, as quais tinham uma data limite para a remoção, de modo que as mesmas fossem registradas.
- planilha do registro do PDP (Anexo 4): tendo em vista a intensa troca de informações entre os participantes das reuniões de projeto, foi desenvolvida uma planilha para o registro dessas

---

<sup>17</sup> Essas pesquisas fizeram parte do projeto GEHIS (Gestão de Empreendimentos de Habitação de Interesse Social) que vem sendo desenvolvida pelo grupo de gerenciamento e economia da construção do NORIE/UFRGS.

<sup>18</sup> Desenvolvida pelo doutorando Eduardo Luis Isatto.

informações, de modo que seu conteúdo incluía as tomadas de decisão e problemas entre os envolvidos. Essa planilha foi utilizada tanto para as reuniões de curto prazo de projeto, como para as reuniões de médio prazo de produção.

- planilha de planejamento de curto prazo de produção (Anexo 5): essa planilha também já havia sido utilizada pela empresa em outros empreendimentos. Dessa planilha eram retirados os indicadores PPC de produção e causas dos problemas que impediram a realização do planejamento.

Também foi previsto no plano de trabalho o acompanhamento semanal das reuniões de planejamento de projeto e de produção. As fontes de evidência utilizadas neste estudo estão apresentadas na Figura 19.

EC1		Fontes de Evidência	
Projeto	Documentação:	Planos de Curto Prazo (Poly)	
	Observação Participante:	Reuniões de CP Projeto (Poly)	
	Outras Fontes:	Registro do Processo	
Produção	Documentação:	Planos de Médio Prazo Produção (Poly e Catal) Lista de Restrições Produção (Poly e Catal) Planos de Curto Prazo Produção (Poly)	
	Observação Participante:	Reuniões de MP Produção (Poly e Catal)	
	Observação Direta:	Registro Fotográfico (Poly)	
	Outras Fontes:	Registro do Processo MP Produção (Poly e Catal) Entrevistas com projetistas e engenheiros	

Figura 19 – Fontes de Evidência utilizadas no EC1

#### 4.4.2 Etapa de Desenvolvimento do EC1

A etapa de desenvolvimento no EC1 foi marcada pela forte interação entre a equipe de pesquisa e os participantes. Também foi característica marcante a intensa coleta de dados, dada a rapidez com que foi realizado o empreendimento.

#### ACOMPANHAMENTO DAS REUNIÕES DE PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO DA PRODUÇÃO

Para o empreendimento **Poly**, foram acompanhadas 27 reuniões de planejamento de médio prazo. Além da análise das restrições e das atividades associadas a essas restrições, buscou-se identificar a semana de execução à qual as restrições estavam associadas. O objetivo nesse caso era monitorar o tempo entre identificação e remoção das restrições de projeto.

Complementarmente, nessas reuniões buscou-se levantar dados do planejamento de curto prazo que indicassem problemas ocorridos devido ao projeto. Foram coletadas as planilhas de curto prazo de produção, nas quais eram descritos os pacotes, assim como as causas do não cumprimento do

planejamento. Para o empreendimento **Poly**, o acompanhamento das reuniões de planejamento de médio prazo ocorreu durante os seis meses estipulados para a execução do empreendimento.

Para o empreendimento **Catal**, a coleta de dados deu-se através do acompanhamento das reuniões de planejamento de médio prazo de produção. Nessas reuniões foram coletadas as planilhas que continham os planos de médio prazo de produção e a lista de restrições à execução destes planos. O objetivo desta coleta era identificar o surgimento de restrições de projeto em empreendimentos nos quais os projetos fossem considerados prontos. Os objetivos secundários eram registrar o encaminhamento dado para a eliminação das restrições verificadas e o tipo de restrições encontradas. Para isso foi adotado como ferramenta de coleta de dados o caderno de campo e a planilha para o registro do processo.

#### ACOMPANHAMENTO DAS REUNIÕES DE PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE PROJETO

Em relação ao projeto, foram acompanhadas oito reuniões semanais de planejamento. Nessas reuniões, algumas com duração de até cinco horas e meia, eram coletadas as planilhas que continham as atividades de projeto planejadas. Registrava-se o cumprimento das atividades planejadas, a partir do levantamento feito pelo coordenador do planejamento, que nesse estudo era a função que mais se aproximava da figura de coordenador de projeto. Para as tarefas não cumpridas, o coordenador do planejamento também procurava levantar as causas que levaram ao não cumprimento dos planos.

Como fontes de evidência complementares, no EC1 utilizou-se os indicadores PPC de projeto (percentual de planos completos), para avaliar o efeito aprendizagem e a eficácia do planejamento e o PPC por projetista, para identificar os projetistas que apresentaram maior dificuldade em cumprir as atividades previstas, e o registro do processo para tentar identificar os problemas que impediam o cumprimento dos planos.

No EC1, depois de finalizada a série de reuniões semanais de projeto, identificou-se a necessidade de investigação de questões relacionadas ao planejamento de longo prazo de projeto, ao estabelecimento de pacotes de projeto no curto prazo e a modelagem do PDP conforme ele ocorria na empresa. Estas questões levaram à adequação do método de pesquisa nos estudos subseqüentes.

#### REGISTRO FOTOGRÁFICO

A partir do primeiro trimestre de execução do empreendimento, foi realizado o registro fotográfico dos problemas ocorridos na produção devido às falhas de projeto. Esse registro teve como objetivo, permitir uma análise mais aprofundada dos problemas em conjunto com o registro do processo. Esse registro foi realizado semanalmente durante as visitas do pesquisador ao canteiro de obras. A identificação de problemas foi baseada na percepção do pesquisador e em apontamentos realizados pelo mestre-de-obras e pelo engenheiro responsável pela execução.

## ÍNDICE DE REMOÇÃO DE RESTRIÇÕES (IRR)

Ao longo do desenvolvimento da pesquisa, foi proposta a implementação de um indicador de remoção de restrições (IRR). O principal objetivo deste indicador era avaliar o impacto do planejamento de projeto na produção, em função da eficácia de remoção dessas restrições. O monitoramento era realizado semanalmente junto às reuniões de planejamento de médio prazo de produção.

## ENTREVISTAS

Ao final do EC1 foram realizadas entrevistas com o gerente da produção, com o mestre de obras e com os projetistas dos subsistemas elétrico, de ar condicionado, de estruturas pré-fabricadas, estruturas metálicas e de fundações. O objetivo das entrevistas foi o de levantar sob o ponto de vista do entrevistado, as vantagens e desvantagens do planejamento integrado de projeto e produção da forma como foi realizado. Também foi objetivo dessas entrevistas, identificar as dificuldades envolvidas na elaboração e cumprimento dos planos.

## ANÁLISE PARCIAL DOS RESULTADOS

A partir da coleta de dados, foram selecionados quatro critérios para análise da integração do planejamento do PDP a partir da utilização dos métodos e ferramentas apresentados, sendo eles: facilidade de uso, integração do PDP, utilidade para o PDP e cumprimento dos prazos. Para cada critério foram estabelecidas algumas variáveis, as quais são apresentadas na Figura 20.

EC1	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	VARIÁVEIS	FONTES DE EVIDÊNCIA
	<b>Facilidade de Uso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Tempo de duração das reuniões de projeto;</li> <li>•Facilidade na elaboração dos planos;</li> <li>•Facilidade no cumprimento dos planos;</li> <li>•Atendimento às solicitações da produção;</li> <li>•Adaptabilidade das ferramentas de planejamento;</li> <li>•Tempo destinado ao cumprimento das tarefas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Observação participante: reuniões de curto prazo de projeto e médio prazo produção;</li> <li>•Entrevistas.</li> <li>•PPC de projeto</li> <li>•PPC de produção</li> <li>•IRR</li> </ul>
	<b>Integração do PDP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Redução do % de restrições de projeto no planej. de produção;</li> <li>• Redução do % de pacotes não cumpridos devido a projeto;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IRR;</li> <li>•PPC de Produção e análise das causas do não cumprimento do planejamento.</li> </ul>
	<b>Utilidade p/ o PDP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Redução das falhas de projeto na produção;</li> <li>•PPC de Projeto (eficácia do planejamento);</li> <li>•PPC de Produção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise de causas do não cumprimento do planejamento de curto prazo de projeto;</li> <li>•Planos de curto prazo de projeto;</li> <li>•PPC de projeto (eficácia do planejamento);</li> <li>•PPC de Produção (Eficácia do planejamento).</li> </ul>
	<b>Cumprimento dos prazos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Comprometimento dos envolvidos;</li> <li>•Dificuldades no cumprimento dos planos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Observação participante: reuniões de curto prazo de projeto e médio prazo produção;</li> <li>•Entrevistas;</li> <li>•PPC de projeto;</li> <li>•PPC de produção.</li> </ul>

Figura 20 – Critérios e variáveis de análise no EC1

No planejamento de curto prazo de projeto buscou-se observar questões relacionadas à utilização do sistema de planejamento e controle proposto para a etapa de projeto. As variáveis analisadas a esse

respeito foram o tempo de duração das reuniões, a facilidade em elaborar e cumprir os planos, e o atendimento às solicitações da produção. Na produção procurou-se observar variáveis que justificassem a utilização do modelo. Foi observado o percentual de restrições de projeto surgidas no planejamento de produção, percentual de pacotes de trabalho não executados por problemas de projeto, tempo destinado à remoção da restrição de projeto dentre outras.

Quanto à utilidade para o PDP, procurou-se observar variáveis como a redução do número de falhas de projeto. Por último, buscou-se analisar algumas variáveis relacionadas ao cumprimento dos prazos. A esse respeito foram analisados principalmente o comprometimento dos participantes no processo e as dificuldades relacionadas ao cumprimento dos planos.

#### **4.4.3 Etapa de Fechamento do EC1**

##### **SEMINÁRIO INTERNO**

A etapa de fechamento do EC1 foi marcada pela realização de um seminário interno, que contou com a participação dos pesquisadores e dos engenheiros e diretores da empresa. O objetivo desse seminário foi o de discutir as dificuldades encontradas no planejamento e controle integrado do ponto de vista das pessoas envolvidas. Para isso, foram expostos os resultados obtidos através da análise dos pesquisadores e, após a apresentação dos resultados, abriu-se o tema para discussão. Optou-se primeiramente pela realização de um seminário interno porque parte dos resultados apresentava dados sobre o comprometimento dos projetistas no cumprimento das tarefas.

##### **SEMINÁRIO EXTERNO**

Do mesmo modo, foi realizado um seminário externo, com o objetivo de discutir os resultados obtidos com as várias pessoas envolvidas. Estiveram presentes alguns projetistas de subsistemas, empreiteiros, membros da construtora e pesquisadores do NORIE. Esse seminário não contou com a participação de representantes do cliente final. Os resultados apresentados foram aqueles que, segundo o coordenador de planejamento, não comprometiam suas relações comerciais.

## 4.5 ESTUDO DE CASO 2 (EC2)

### 4.5.1 Etapa Preparatória do EC2

#### PLANO DE TRABALHO

A primeira reunião relativa ao EC2 foi realizada em janeiro de 2002 e contou com a participação de um dos diretores da empresa, do gerente de qualidade, do engenheiro responsável pela obra em questão e de um grupo de pesquisadores do NORIE. Nessa ocasião, o diretor da construtora **Porto** expôs o histórico da contratação da construtora para a realização da reforma e construção de edificações para a **Petro Petroquímica** (cliente final) localizadas em dois *sites*, nos municípios de Osório e Imbé, situados na região litorânea do Rio Grande do Sul.

No canteiro da Unidade Trapiche (Figura 21), localizado no município de Imbé, foram executadas as obras denominadas Centropol, Empreiteiras e Administração. A edificação denominada Centropol tinha como função principal à estocagem de materiais e barreiras de petróleo. Era constituída de 2 pavimentos e, além da área destinada a estocagem, também abrigava áreas para reuniões e serviços. A área total edificada, que incluiu uma doca externa, foi de aproximadamente 733m<sup>2</sup>. A edificação denominada Empreiteiras tinha funções variadas, das quais pode se destacar o abrigo para veículos e salas para a manutenção de equipamentos de mergulho. A área total edificada foi em torno de 417m<sup>2</sup>. O edifício Administração abrigava a parte administrativa da empresa, sofreu uma reforma, que abrangia uma área de aproximadamente 60m<sup>2</sup>.

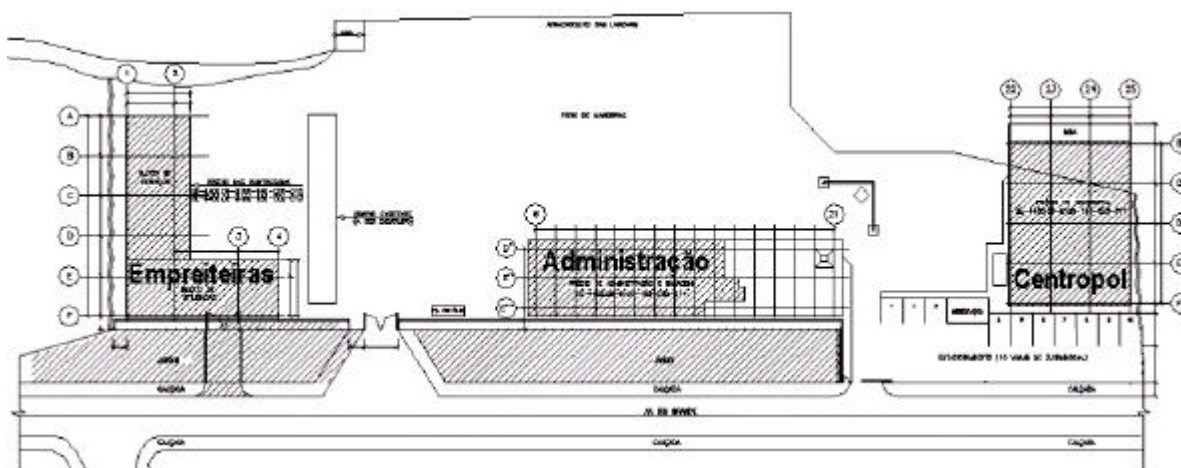


Figura 21 –Planta de Implantação da Unidade Trapiche – Imbé / RS

No canteiro da Unidade Tramandaí (Figura 22), localizado no município de Osório, foram executadas as obras *Briefing*, Centro de Combate a Incêndios, Lavagem de Barreiras, Caldeiras e Almoxarifado. A edificação denominada *Briefing*, com aproximadamente 90m<sup>2</sup>, era destinada ao treinamento de prevenção e combate a incêndios. O Centro de Combate a Incêndios era constituído de um conjunto de obras, dentre elas, uma edificação para serviços (sanitários, copa e almoxarifado), quiosque, casa de

comando e área externa para o treinamento de combate a incêndio. A área total edificada foi em torno de 3240m<sup>2</sup>. A Lavagem de Barreiras, com cerca de 443m<sup>2</sup>, tem a função de limpeza de veículos e equipamentos, seguidos da coleta e tratamento dos resíduos. Ainda neste canteiro, foi realizada a reforma dos edifícios Caldeiras com 454m<sup>2</sup> e Almojarifado com 760m<sup>2</sup>. A reforma dessas edificações consistiu, em grande parte, da renovação da pintura interna e externa e a troca dos pisos internos.

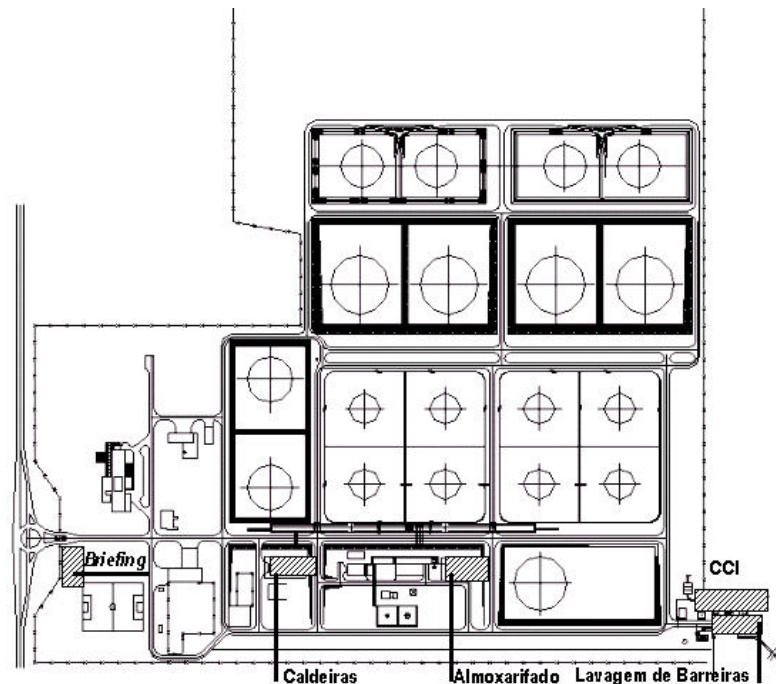


Figura 22 – Planta de Implantação da Unidade Tramandai – Imbé / RS

Foi definido o prazo de cinco meses para a realização da obra, cujo início da produção foi previsto para 25/03/2002. A contratação havia ocorrido após a construtora ter vencido a concorrência para a qual foram preparadas propostas de orçamento e cronograma. Os projetos de arquitetura, desenvolvidos em São Paulo por um profissional contratado pelo cliente, foram utilizados como referência para a elaboração do orçamento.

Os demais projetos para a execução do empreendimento haviam sido desenvolvidos em parte por profissionais contratados pelo cliente. Coube à construtora a contratação dos projetistas estrutural, fundações, hidrossanitário, elétrico e de terraplanagem.

O diretor da empresa que tinha a função de gerente de contratos ressaltou a necessidade de investigação sobre o planejamento e controle do PDP para obras cujos projetos fossem considerados prontos e nas quais não fosse possível a reunião da equipe de projeto. Seu interesse devia-se ao fato da maioria das obras realizadas pela construtora apresentarem essa característica.

A partir do entendimento do contexto do empreendimento, foram estabelecidos dois focos para este estudo de caso. O primeiro foi voltado ao planejamento e controle de PDP em empreendimentos com projetos considerados prontos. O segundo foco foi a identificação e descrição das fases do PDP na

construtora **Porto**. Paralelamente a este estudo também foi realizada uma pesquisa exploratória relacionada à modelagem em três dimensões<sup>19</sup>.

A seleção das ferramentas de suporte à pesquisa em ambas fases foi realizada com base na experiência adquirida com a realização do EC1, sendo para este estudo selecionadas as seguintes:

- Planilha de planejamento de longo prazo de projeto (Anexo 6): essa planilha foi elaborada pelo pesquisador, juntamente com o gerente da produção, a partir da planilha para a elaboração dos planos de médio prazo de produção. No presente estudo, o pesquisador passou a empregar a referida planilha para o planejamento das datas marco de entregas de projeto.
- Planilha de planejamento de curto prazo de projeto: a planilha utilizada para esse empreendimento foi a mesma utilizada no EC1.
- Planilha do registro do PDP: a planilha utilizada para esse empreendimento foi a mesma utilizada no EC1.
- Planilha de planejamento de médio prazo de produção e lista de restrições: a planilha utilizada para esse empreendimento foi a mesma utilizada no EC1. Entretanto, para o EC2, o horizonte de planejamento de médio prazo foi de quatro semanas à frente.
- Planilha de planejamento de curto prazo de produção: essa planilha também já havia sido utilizada pela empresa em outros empreendimentos. Dessa planilha eram retirados os indicadores PPC de produção e causas dos problemas que impediram a realização do planejamento.

Os objetivos principais deste estudo de caso foram estabelecer critérios para definir atividades de projeto no planejamento de projeto, identificar as atividades relacionadas ao planejamento e controle de projeto e produção em fases anteriores à contratação da construtora e melhorar o entendimento sobre as fases do PDP e as ferramentas que auxiliam a execução dessas fases. Relacionado ao planejamento e controle do processo de projeto, sugeriu-se a elaboração de listagens do conteúdo de projeto por subsistema. Isso ocorreu em função das dificuldades encontradas na definição de pacotes de trabalho observadas no estudo anterior.

Em relação ao planejamento e controle do PDP, buscou-se acompanhar o processo de revisão dos projetos inicialmente disponibilizados e o desenvolvimento dos projetos a serem elaborados. Assim, optou-se pela observação direta das reuniões de planejamento de projeto e coleta de documentos relacionados ao planejamento de projeto e produção.

Especificamente para a fase de projeto, o pesquisador acompanhou e deu suporte ao gerente da produção na elaboração do plano de longo prazo de projeto no planejamento de curto prazo de projeto e na realização das reuniões com representantes do cliente final.

---

<sup>19</sup> Desenvolvida em conjunto com o auxiliar de pesquisa Diego Luis Minozzo



Quanto ao planejamento e controle da produção, foi proposta a coleta dos planos de médio e curto prazo de produção, as listas de restrições e a análise das causas do não cumprimento do planejamento.

Por fim, o pesquisador acompanhou as reuniões entre representantes da construtora e projetistas e realizou entrevistas e seminários com representantes da construtora com os objetivos de modelar o PDP e identificar atividades relacionadas ao planejamento de projeto e produção antes da contratação. A modelagem do PDP na empresa foi necessária, pois, de acordo com observações realizadas no EC1, atividades de projeto são desenvolvidas pela empresa já nos primeiros contatos da empresa com o cliente, sem que seja realizado o controle da tomada de decisões. Cabe ressaltar que até então, havia dúvidas sobre o próprio conceito de PDP e suas fases. Assim, a modelagem permitiu a identificação do início do PDP na empresa, possibilitando a implementação de ferramentas de planejamento e controle nas primeiras fases dos processos de projeto e de produção.

As fontes de evidência utilizadas estão apresentadas na Figura 23. Foram elas: o percentual de restrições de projeto, o PPC de produção e a identificação das causas do não cumprimento das tarefas de produção. O percentual de restrições de projetos foi obtido através da divisão das restrições levantadas em três categorias, projeto, compras e outros. Os critérios que definem cada categoria são apresentados no capítulo de resultados.

EC2		Fontes de Evidência
Projeto	Documentação:	Planos de Curto Prazo de Projeto; Plano de Longo Prazo de Projeto; Projetos desenvolvidos no EC2; Projetos de outros empreendimentos; Carta de solicitação de projeto.
	Observação Participante:	Reuniões de CP Projeto Reuniões com repres. do cliente Reuniões com projetistas
	Outras Fontes:	Registro do Processo; Entrevistas com projetistas.
Produção	Documentação:	Planos de Médio Prazo Produção; Lista de Restrições Produção; Planos de Curto Prazo Produção.
	Observação Direta:	Registro Fotográfico

Figura 23 - Fontes de Evidência utilizadas no EC2

#### 4.5.2 Etapa de Desenvolvimento do EC2

##### REUNIÕES PARA O PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO DE PROJETO

Frente às dificuldades observadas no EC1, devidas à falta de planejamento de longo prazo de projeto, e à falta de referências sobre a realização desse nível de planejamento, foram estabelecidos os seguintes procedimentos para a elaboração desse plano:

- A partir do plano de longo prazo de produção, identificar as prováveis datas de eventos de produção que delimitariam o início de uma atividade ligada a um subsistema, como por exemplo, a concretagem de uma laje ou a execução de alvenaria;
- A partir dos eventos, estipular o tempo necessário para a realização de tarefas associadas às atividades identificadas, tais como o tempo para levantamento quantitativo, orçamentação, compra e entrega de materiais necessários à execução;
- Com base nessas informações, a data marco de entrega de projeto é resultado da subtração do tempo para a realização das tarefas associadas da data do evento. Depois de identificadas, as datas e as respectivas atividades de projeto deveriam ser listadas em uma planilha (Anexo 6) e encaminhadas aos projetistas.

Em relação à coleta de dados referentes ao planejamento de longo prazo de projeto, foram realizadas duas reuniões entre o gerente da produção e o pesquisador. Essas reuniões tinham como objetivo a elaboração do plano de longo prazo dos projetos que estivessem faltando. A esse respeito, a participação do pesquisador limitou-se à orientação do gerente de produção na elaboração do plano e ao desenvolvimento das ferramentas de suporte.

#### REUNIÕES DE PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE PROJETO

Para o planejamento de curto prazo de projeto, foram realizadas três reuniões de planejamento de projeto entre o gerente da produção e o pesquisador. Segundo as dificuldades observadas no EC1, em relação à falta de análise das restrições de projeto, propôs-se neste estudo, a realização conjunta do planejamento de curto prazo e da análise de restrições. Para isso, foi proposto também que a janela de tempo referente ao planejamento de curto prazo tivesse a abrangência de duas semanas.

A realização dessas reuniões tinha o propósito de elaborar os planos de projeto conforme necessidade verificada no planejamento de médio prazo de produção, para posterior envio aos projetistas. A participação do pesquisador era limitada à orientação do gerente na elaboração dos planos.

#### ENTREVISTAS

Foi realizada uma reunião geral com os engenheiros da empresa e entrevistas semi-estruturadas com projetistas parceiros da empresa a fim de gerar uma lista com o conteúdo de projeto. Essa lista foi gerada com o objetivo de facilitar o planejamento de projeto, frente às dificuldades no estabelecimento dos planos de projeto, observadas no EC1. Ao todo foram entrevistados seis gerentes da produção da construtora, oito projetistas parceiros da mesma (ar condicionado, estrutural, elétrico, hidrossanitário, estruturas metálicas, fundações, estruturas pré-fabricadas e arquitetura) e um mestre de obras. Como medida complementar, foi analisado o conteúdo de projeto de três empreendimentos realizados pela construtora.

É importante ressaltar que, além dos resultados esperados em relação ao conteúdo de projeto, as entrevistas proporcionaram a identificação de algumas das informações de projeto de subsistemas, necessárias ao desenvolvimento das atividades de projeto.

#### COLETA DE DADOS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Em relação ao planejamento e controle da produção, os objetivos estavam alinhados àqueles apresentados no EC1, ou seja, a identificação de problemas na produção e no planejamento da produção decorrentes do surgimento de falhas e restrições de projeto. Sendo assim, foram coletadas as planilhas de planejamento de médio e curto prazo e as listas de restrições de todo o empreendimento.

#### REUNIÕES DE PLANEJAMENTO DE PROJETO DE EMPREENDIMENTOS EM FASE DE ORÇAMENTO

Pertinente à modelagem do PDP na empresa, o pesquisador acompanhou duas reuniões de empreendimentos em fase de orçamento, realizadas entre representantes da construtora e projetistas de subsistemas. O objetivo do acompanhamento dessas reuniões foi identificar atividades de planejamento de projeto e produção nas fases iniciais desse processo.

#### SEMINÁRIO INTERNO

Com o mesmo objetivo do EC1, foi realizado um seminário interno. Nesse seminário foi apresentado um fluxograma elaborado pelo pesquisador, o qual buscava representar as etapas, subetapas e ferramentas utilizadas no PDP. Após a apresentação, foi realizada uma discussão sobre as fases explicitadas no modelo proposto a fim de avaliá-lo junto aos representantes da empresa.

#### ADEQUAÇÃO DO PLANO DE TRABALHO

Após o início dos trabalhos, constatou-se que havia dificuldades na realização do planejamento de longo e curto prazo de projeto. Foi possível observar que a demanda de trabalho exigida do gerente da produção o impedia de executar outras funções. A esse respeito, cabe dizer que esse gerente, além de suas funções como gerente da produção, realizou atividades relacionadas à gerência de contratos, projeto e orçamento, dentre outras (essas funções são apresentadas em mais detalhes no capítulo 5).

Assim, o gerente da produção optou pelo desenvolvimento convencional dos projetos. Coube ao pesquisador o acompanhamento de duas reuniões realizadas entre o gerente e os projetistas elétrico e hidrossanitário. Nesse caso, as fontes de evidência foram coletadas através da observação direta, da coleta de documentos referentes à solicitação de projetos e do registro do processo.

Na produção procurou-se observar variáveis relacionadas à necessidade de integração entre os processos de projeto e produção que justificassem a utilização do planejamento integrado. Para esse critério as variáveis de análise estabelecidas são apresentadas na Figura 24.

EC2	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	VARIÁVEIS	FONTES DE EVIDÊNCIA
	<b>Facilidade de Uso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Tempo de duração das reuniões de projeto;</li> <li>•Facilidade na elaboração dos planos;</li> <li>•Facilidade no cumprimento dos planos;</li> <li>•Atendimento às solicitações da produção;</li> <li>•Adaptabilidade das ferramentas de planejamento;</li> <li>•Tempo destinado ao cumprimento das tarefas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Observação participante: reuniões de curto prazo de projeto e médio prazo produção;</li> <li>•Entrevistas;</li> <li>•PPC de projeto;</li> <li>•PPC de produção.</li> </ul>
	<b>Integração do PDP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Redução do % de restrições de projeto no planej. de produção;</li> <li>• Redução do % de pacotes não cumpridos devido a projeto;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•PPC de Produção e análise das causas do não cumprimento do planejamento.</li> </ul>
	<b>Utilidade p/ o PDP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Redução das falhas de projeto na produção;</li> <li>•PPC de Projeto (eficácia do planejamento);</li> <li>•PPC de Produção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise de causas do não cumprimento do planejamento de curto prazo produção;</li> <li>•PPC de Produção (Eficácia do planejamento).</li> </ul>
	<b>Cumprimento dos prazos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Dificuldades no cumprimento dos planos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•PPC de produção;</li> <li>•Causas do não cumprimento dos planos de produção.</li> </ul>

Figura 24 – Critérios e variáveis de análise no EC2

#### 4.5.3 Etapa de Fechamento do EC2

A etapa de fechamento do EC2 envolveu a realização de um seminário, no qual foram apresentados os resultados obtidos. Este seminário, que contou com a participação dos diretores e do corpo de engenharia da empresa, teve como objetivo a validação do modelo de PDP e a identificação, sob a percepção dos envolvidos, dos benefícios e das dificuldades encontradas na realização do planejamento. Complementarmente, o pesquisador fez considerações sobre o desenvolvimento desse processo com base na revisão bibliográfica, as quais são apresentadas a seguir.

## 4.6 ESTUDO DE CASO 3 (EC3)

### 4.6.1 Etapa Preparatória do EC3

#### PLANO DE TRABALHO

A primeira reunião relacionada ao EC3 ocorreu em julho de 2002 e contou com a participação coordenador de planejamento da construtora **Porto**, do engenheiro responsável pela execução da obra e de pesquisadores do NORIE. Nessa ocasião o coordenador de planejamento da construtora apresentou o histórico do envolvimento da empresa na realização do orçamento para a execução de uma edificação comercial, denominada empreendimento **Farma**.

Sobre esse empreendimento, embora a construtora **Porto** não tivesse sido contratada, o cliente havia dado um parecer positivo quanto à possibilidade de execução do empreendimento por essa construtora. De acordo com o coordenador de planejamento, os valores dos vários orçamentos apresentados ao cliente eram bastante similares. Entretanto, na proposta de orçamento e cronograma elaborada pela construtora **Porto**, haviam sido feitas considerações em relação ao planejamento e controle do PDP que chamaram a atenção do cliente final.

O empreendimento **Farma** estava sendo objeto de uma concorrência entre várias empresas construtoras. Essas empresas receberam do cliente final, todos os projetos (arquitetônico e complementares), que haviam sido desenvolvidos sob coordenação do arquiteto contratado pelo cliente.

Ao todo, o empreendimento era composto da construção de uma edificação com área em torno de 4.560m<sup>2</sup> (Figura 25). Apesar dos projetos estarem prontos, um dos diretores da construtora havia sugerido ao cliente a revisão e alteração de algumas soluções de projeto com o intuito de reduzir os custos e o prazo de execução.

Assim, a construtora **Porto** envolveu os fornecedores de subsistemas antes mesmo da contratação para a realização de estudos de alternativas tecnológicas. A participação desses fornecedores foi sob a forma de risco, isto é, no caso da não contratação da construtora, os serviços até então prestados não seriam remunerados.

A construtora **Porto** propôs o prazo de seis meses de execução do empreendimento. Os recursos financeiros para a execução do empreendimento **Farma** seriam 40% recursos do proprietário e 60% financiados por um banco de fomento.

Para o empreendimento **Farma** buscou-se investigar questões relacionadas ao planejamento e controle do PDP na revisão de projetos pela construtora. O objetivo da revisão de projeto era o desenvolvimento de algumas soluções de projeto com o intuito de reduzir os custos e o prazo do empreendimento. Para a construtora **Porto**, essa forma de atuação poderia melhorar as condições de concorrência, através da

redução de custos associada a essas alterações que deveriam ser aprovadas pelo cliente e pelo arquiteto.

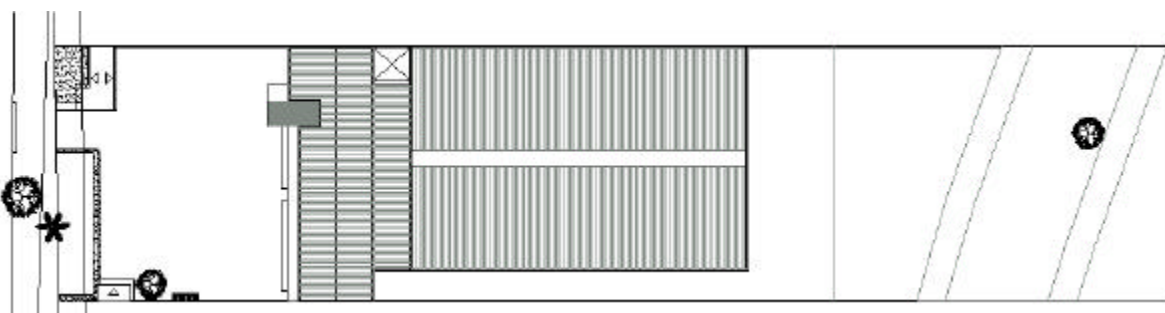


Figura 25 – Locação do empreendimento Farma

Assim, nesse empreendimento o plano de trabalho foi elaborado em função do planejamento e controle de projeto para empreendimentos em fase de orçamentação. No caso, a pressão de prazo era exercida pelo cliente que deveria entregar a proposta de orçamento e projeto à financiadora, tendo em vista a aprovação e liberação do financiamento.

Para este estudo, as fontes de evidências coletadas (Figura 26) foram obtidas através do acompanhamento das reuniões de planejamento de curto prazo de projeto e objetivavam identificar problemas relacionados à formulação e cumprimento dos planos de projeto e da coleta de documentação referente aos planos estabelecidos. Para este estudo também foi utilizado o registro do processo e planilhas de orçamento como fonte de evidência.

EC3	Fontes de Evidência	
Projeto	Documentação:	Planos de Curto Prazo de Projeto; Planilhas de Orçamento.
	Observação Participante:	Reuniões de CP Projeto.
	Outras Fontes:	Registro do Processo.

Figura 26 – Fontes de Evidência utilizadas no EC3

#### 4.6.2 Etapa de Desenvolvimento do EC3

A coleta de dados referentes ao estudo do empreendimento **Farma** ocorreu durante cinco semanas. Nessas semanas foram acompanhadas 04 reuniões realizadas entre os projetistas e representantes da construtora e do cliente final. Dessas reuniões, duas contaram com a participação do arquiteto, do gerente de contrato, do gerente da produção e dos projetistas estrutural, de pré-fabricados, de fundações e de estruturas metálicas. As outras duas reuniões contaram com a participação do arquiteto, do gerente de contrato, do gerente da produção e dos projetistas de ar condicionado, elétrico e hidrossanitário.

Nessas reuniões, foram estabelecidos planos para cada projetista. Esses planos foram coletados e fazem parte do acervo de documentos desse estudo. Cabe ressaltar que essas reuniões, conduzidas pelo gerente de contrato da construtora, foram realizadas apenas entre projetistas de áreas afins e não entre toda a equipe.

No planejamento de curto prazo de projeto (**Farma**) buscou-se observar questões relacionadas à facilidade do uso do modelo para etapa de projeto. As variáveis analisadas a esse respeito são apresentadas na Figura 27.

EC3	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	VARIÁVEIS	FONTES DE EVIDÊNCIA
	<b>Facilidade de Uso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Tempo de duração das reuniões de projeto;</li> <li>•Facilidade na elaboração dos planos;</li> <li>•Facilidade no cumprimento dos planos;</li> <li>•Atendimento às solicitações da produção;</li> <li>•Adaptabilidade das ferramentas de planejamento;</li> <li>•Tempo destinado ao cumprimento das tarefas.</li> </ul>	•Observação participante: reuniões de curto prazo de projeto.
	<b>Utilidade p/ o PDP</b>	•Redução dos custos relacionados a projeto.	•Planilhas de orçamento.
	<b>Cumprimento dos prazos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Comprometimento dos envolvidos;</li> <li>•Dificuldades no cumprimento dos planos.</li> </ul>	•Registro do Processo.

Figura 27 – Critérios de avaliação, variáveis e fontes de evidência do EC3

#### 4.6.2 Etapa de Fechamento do EC3

Este empreendimento não foi realizado por determinação do cliente, apesar da liberação do financiamento. Assim, no EC3 foram consideradas apenas as atividades realizadas na fase de orçamentação desse empreendimento.

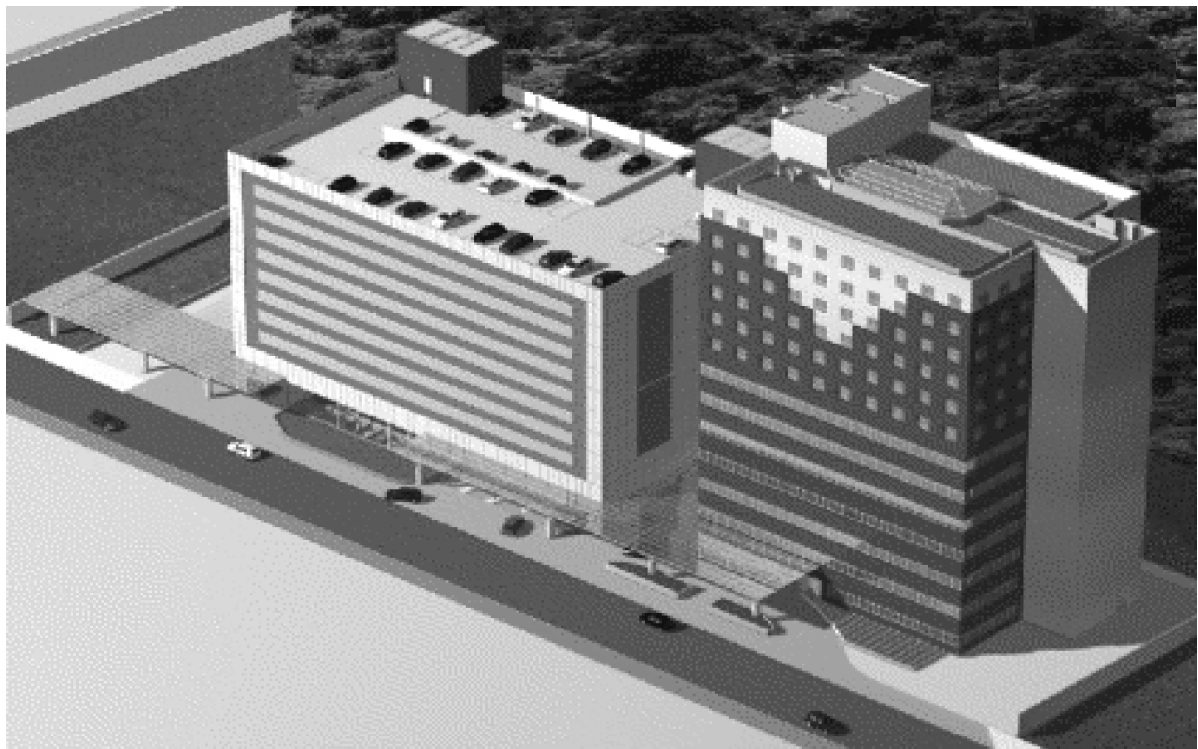
## 4.7 ESTUDO DE CASO 4 (EC4)

### 4.7.1 Etapa Preparatória do EC4

#### PLANO DE TRABALHO

A primeira reunião relativa ao empreendimento EC4 foi realizada em novembro de 2002 e contou com a participação do gerente de contrato da construtora **Porto** e de um grupo de pesquisadores do NORIE. Nessa ocasião, esse gerente expôs o histórico da contratação da construtora para a execução do empreendimento **Hospitalar**, constituído por dois edifícios denominados Garagem e Centro Médico para a **Hospitalar** (cliente final).

O edifício Garagem trata-se de uma edificação com área em torno de 22.300,00m<sup>2</sup> em 10 pavimentos, em que a finalidade principal era prover vagas de estacionamento para clientes da **Hospitalar**. O edifício Centro Médico constitui-se em uma edificação com área em torno de 16.450,00m<sup>2</sup>, distribuídos em 13 pavimentos. A finalidade dessa edificação era abrigar consultórios e ambulatórios de diversas especialidades. Para essa edificação, o contrato abrangia a execução integral dos três primeiros pavimentos, sendo os demais entregues somente com o acabamento externo (Figura 28).



*Figura 28 – Perspectiva do empreendimento Hospitalar*

O empreendimento **Hospitalar** foi objeto de uma concorrência entre várias empresas construtoras. Para a realização das propostas de orçamento e cronograma, essas empresas receberam do cliente



todos os projetos completos (arquitetura e complementares) que começaram a ser desenvolvidos em 1998.

Depois de contratada, o cliente final solicitou a alteração do projeto arquitetônico nos três primeiros pavimentos do edifício Centro Médico. Essas alterações foram conduzidas pelo coordenador de projetos do cliente em conjunto com o arquiteto durante o início das obras.

Foi definido o prazo de um ano e três meses para a realização do empreendimento, independentemente do desenvolvimento das alterações solicitadas. Cabe ainda ressaltar que, para a execução do empreendimento, a construtora **Porto** havia estabelecido uma parceria com uma empresa paulista de grande porte, denominada construtora **Meta**.

Para finalizar, ficou estabelecido que o planejamento deveria ser dividido em três níveis. O plano de longo prazo de produção, desenvolvido após a contratação, deveria ser atualizado conforme a execução. Já o planejamento de médio prazo de produção deveria ocorrer quinzenalmente, sendo produzido um plano para um horizonte de oito semanas à frente. Quanto ao planejamento de curto prazo de produção, este deveria ser realizado semanalmente.

Em relação ao projeto, foi decidido realizar reuniões semanais da equipe de projetistas coordenadas pelo cliente, nas quais o gerente de contrato participaria, apresentando as demandas observadas na produção. Por último, reuniões de projeto ocorreriam entre o gerente de contrato, o projetista estrutural e o de fundações. Estes projetistas foram contratados pela construtora com a finalidade de revisar os projetos e propor soluções que reduzissem os custos sem alterar o desempenho. As relações entre esses planos são apresentadas na Figura 29.

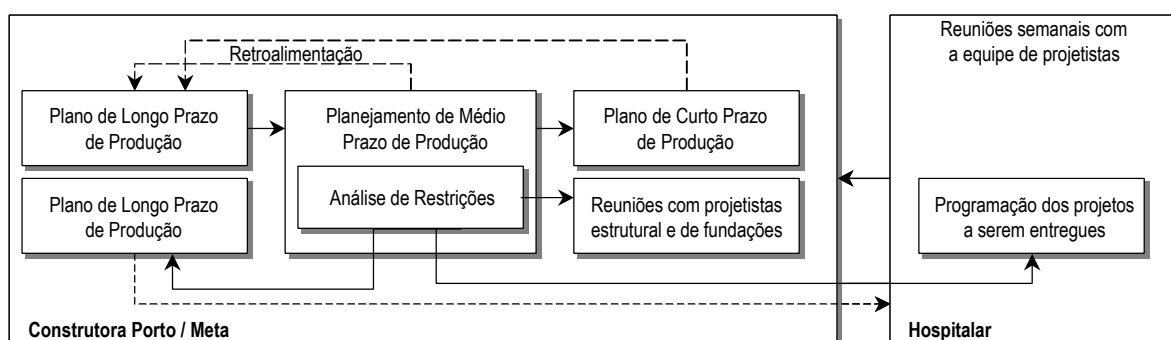


Figura 29 – Relação entre os níveis de planejamento do PDP – construtora / cliente

A partir do levantamento de dados relacionados ao empreendimento, foi programada a realização de quatro estudos para esse empreendimento. Esses estudos ocorreram de forma paralela e abordaram questões relacionadas ao planejamento e controle do PDP<sup>20</sup>, ao desenvolvimento de um sistema de

<sup>20</sup> Acompanhada também pela mestrandia Patrícia Moura.

informações baseado em uma *extrane*<sup>21</sup>; planejamento e controle da segurança<sup>22</sup> e planejamento e controle de custos<sup>23</sup>.

Para o estudo relacionado ao planejamento e controle do PDP, o plano de trabalho foi elaborado em função da identificação de problemas na produção devidos a projeto e do encaminhamento dado ao desenvolvimento do projeto. Buscou-se identificar problemas relacionados à gestão do desenvolvimento de projetos, assim como identificar as vantagens e desvantagens da utilização do planejamento de longo prazo de projeto. Este planejamento foi elaborado pela construtora e encaminhado ao coordenador de projeto.

Para esse estudo, foi considerada a participação do pesquisador nas reuniões de planejamento de projeto conduzidas pelo cliente, nas reuniões para a elaboração do plano de longo prazo de projeto e em eventuais reuniões entre projetistas e membros da construtora. A documentação coletada era pertinente à elaboração dos planos por parte da construtora e do cliente. Além da observação, as fontes de evidência utilizadas foram o registro do processo, o registro fotográfico e o número de alterações no plano de longo prazo de projeto.

Em relação à produção, foi proposto o acompanhamento das reuniões de planejamento de médio e curto prazo. A partir dessas reuniões foram coletadas as planilhas contendo os planos referentes a ambos os níveis de planejamento e as listas de restrições do planejamento de médio prazo. Também foi coletada a planilha de planejamento de longo prazo de produção. Adicionalmente utilizou-se como fontes de evidência, a tipologia das restrições por semana, o percentual de restrições de projeto, o PPC de produção e as causas do não cumprimento dos planos, o registro do processo e o registro fotográfico. A Figura 30 apresenta as fontes de evidência utilizadas.

EC4		Fontes de Evidência	
Projeto	Documentação:	Planos de Longo Prazo; Projetos existentes do EC4.	
	Observação Participante:	Reuniões de LP Projeto; Reuniões Projetista e Construtora.	
	Outras Fontes:	Registro do Processo; Registro Fotográfico.	
Produção	Documentação:	Planos de Médio Prazo Produção; Lista de Restrições Produção; Planos de Curto Prazo Produção..	
	Observação Participante:	Reuniões de MP Produção; Reuniões de CP Produção.	
	Observação Direta:	Registro Fotográfico	
	Outras Fontes:	Registro do Processo MP Produção.	

Figura 30 – Fontes de evidência do EC4

<sup>21</sup> Desenvolvida pelo doutorando Eduardo Luis Isatto.

<sup>22</sup> Desenvolvida pelo mestrando Fabrício Cambraia.

<sup>23</sup> Desenvolvida pela doutoranda Andréa Parisi Kern.

#### **4.7.2 Etapa de Desenvolvimento do EC4**

##### REUNIÕES PARA O PLANEJAMENTO DE PROJETO

Em relação ao planejamento de curto prazo de projeto, foram acompanhadas 06 reuniões promovidas pelo cliente. Participavam destas reuniões todos os projetistas e dois representantes da construtora (gerentes de contrato e de produção). As reuniões aconteceram semanalmente e tinham como objetivo dar encaminhamento às alterações de projeto solicitadas pelo cliente final. Nessas reuniões, o gerente de contrato da construtora também apresentava as demandas de projeto verificadas no planejamento de médio prazo de produção e procurava estabelecer consenso para o prazo de entrega com os projetistas.

##### REUNIÕES PARA O PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO DE PROJETO

Para o planejamento de longo prazo de projeto, foi realizada uma reunião entre o gerente de contrato, o coordenador de planejamento, o gerente da produção e dois pesquisadores. Essa reunião teve como objetivo gerar um plano de longo prazo contendo as datas marco para a entrega dos projetos. Como essa atividade nunca havia sido realizada pelos profissionais da construtora, o pesquisador buscou identificar as dificuldades na elaboração do plano e sua utilização. O plano de longo prazo de projeto obtido nessa reunião foi encaminhado à reunião semanal de planejamento de projeto para estabelecer o consenso sobre as datas estabelecidas pela construtora.

##### REUNIÕES PARA O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Em relação ao planejamento e controle da produção, os objetivos foram semelhantes ao do EC1, ou seja, a identificação de problemas na produção e no planejamento da produção, decorrentes do surgimento de falhas e restrições de projeto. Sendo assim, foram acompanhadas as reuniões de planejamento de médio e curto prazo de produção durante 12 semanas.

##### COLETA DE DADOS

A coleta de dados referentes ao EC4 foi realizada até a semana 21 do empreendimento. Os documentos coletados foram: as planilhas de planejamento de médio e curto prazo, as listas de restrições e os planos de longo prazo de projeto e produção considerando suas atualizações.

Os registros fotográficos propostos com o objetivo de registrar problemas na execução devidos à falhas de projeto foram realizados semanalmente durante 12 semanas. Entretanto, dado à ausência dos problemas acima referidos, principalmente por serem executados nessas semanas, apenas serviços relacionados às escavações e concretagem de cortinas de contenção e vigas de coroamento, essa ferramenta não foi utilizada como apoio a análise dos resultados.

## ANÁLISE PARCIAL DOS RESULTADOS

Finalizada a coleta de dados, deu-se início à análise parcial de resultados, que teve como objetivo principal analisar a adaptação do modelo de PCP/NORIE para o planejamento de projeto em diferentes contextos. Os critérios, as variáveis e fontes de evidências selecionadas para a análise são apresentados na Figura 31.

EC4	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	VARIÁVEIS	FONTES DE EVIDÊNCIA
	<b>Facilidade de Uso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Tempo de duração das reuniões de projeto;</li> <li>•Facilidade na elaboração dos planos;</li> <li>•Facilidade no cumprimento dos planos;</li> <li>•Atendimento às solicitações da produção;</li> <li>•Adaptabilidade das ferramentas de planejamento;</li> <li>•Tempo destinado ao cumprimento das tarefas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Observação participante: reuniões de projeto e médio prazo produção;</li> <li>•PPC de produção</li> <li>•IRR</li> </ul>
<b>Integração do PDP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Redução do % de restrições de projeto no planej. de produção;</li> <li>• Redução do % de pacotes não cumpridos devido a projeto;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IRR;</li> <li>•PPC de Produção e análise das causas do não cumprimento do planejamento.</li> </ul>	
<b>Utilidade p/ o PDP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Redução das falhas de projeto na produção;</li> <li>•PPC de Produção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise de causas do não cumprimento do planejamento de projeto;</li> <li>•Planos de longo prazo de projeto;</li> <li>•PPC de Produção (Eficácia do planejamento).</li> </ul>	
<b>Cumprimento dos prazos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Comprometimento dos envolvidos;</li> <li>•Dificuldades no cumprimento dos planos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Observação participante: reuniões de projeto e médio prazo produção;</li> <li>•PPC de produção.</li> </ul>	

Figura 31 – Critérios e variáveis de análise no EC1

### 4.7.3 Etapa de Fechamento do EC4

A etapa de fechamento do EC4 ocorreu simultaneamente à redação desta dissertação de mestrado. Para o empreendimento **Hospitalar**, cabe lembrar que o acompanhamento das reuniões foi encerrado no período em que ainda se executava as fundações e que por isso não foram realizados seminários de discussão.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 ESTUDO DE CASO 1 (EC1)

#### 5.1.1 Etapa Preparatória do EC1

No empreendimento **Poly**, foram identificados quatro grupos principais de pessoas envolvidas no PDP (Figura 32): cliente final, escritório de arquitetura, empresa construtora e fornecedores de subsistemas.

Para o cliente final, foram identificados três grupos de representantes:

- Cliente investidor: as decisões relacionadas a prazo e custo total do empreendimento eram tomadas por um setor da empresa contratante, denominado no presente trabalho de cliente investidor. Este cliente foi responsável pela contratação do escritório de arquitetura, para o qual estabeleceu requisitos gerais relacionados ao empreendimento.
- Cliente usuário: referente ao representante da empresa contratante responsável pela definição do programa de necessidades (incluindo ambientes e a disposição de máquinas e equipamentos), das condições de utilização a serem atendidas (incluindo, dentre outras, controle de temperatura, umidade, segurança e estética).
- Cliente de manutenção de operação: esse representante da contratante era responsável pela definição dos padrões de apresentação de todos os projetos e dos requisitos de desempenho a serem atendidos pela edificação (incluindo tipo de iluminação, sinalização de segurança, tipo de abastecimento de água e energia, etc.), assim como pelo estabelecimento de condicionantes relacionados à facilidade de manutenção e ampliação da edificação.

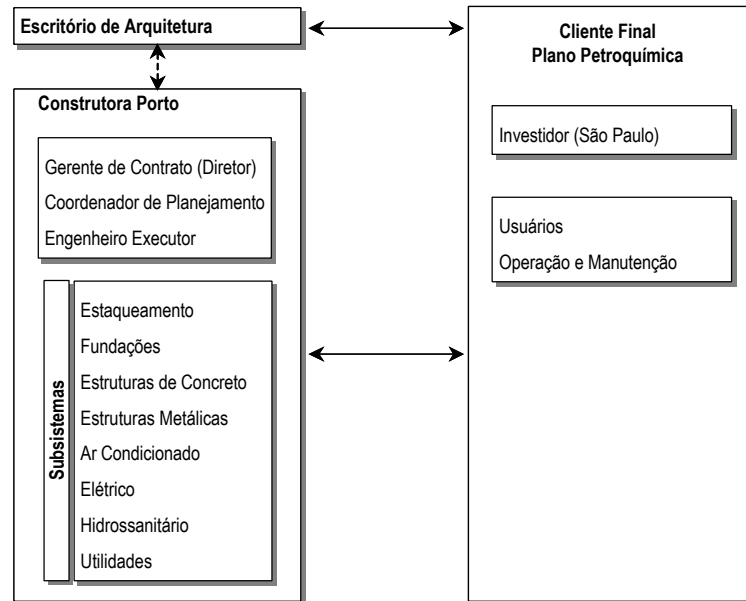


Figura 32 – Desdobramento dos envolvidos no PDP (baseado em MIRON, 2002)

Com relação à empresa construtora, os principais representantes eram:

- gerente do contrato: tratava-se de um diretor da empresa construtora, responsável pela condução das negociações com o cliente investidor, principalmente no que dizia respeito a alterações de prazo e custo observadas ao longo do PDP. Esse gerente também foi responsável pela negociação relacionada à contratação dos projetistas e fornecedores de subsistemas e pela coordenação inicial da troca de informações entre os envolvidos.
- coordenador de planejamento: funcionário da empresa construtora, foi responsável pela implementação do sistema de planejamento e controle utilizado para o empreendimento. Também foi responsável pela condução das reuniões realizadas entre os envolvidos e pela proposição de soluções alternativas de projeto que reduzissem os custos e o prazo de execução.
- gerente de produção: também funcionário da empresa construtora, foi responsável pelo gerenciamento da obra. Também coordenava as reuniões de curto prazo de produção e participava das demais reuniões de planejamento e controle. Em relação ao desenvolvimento dos projetos, esse engenheiro foi responsável pela definição de condicionantes construtivos relacionados ao seqüenciamento de execução e à coordenação entre as equipes de produção.

O escritório de arquitetura, contratado pelo cliente investidor, foi responsável pelo lançamento do estudo preliminar e pelo desenvolvimento do projeto arquitetônico da edificação **Poly**. O papel atribuído a esse escritório era o de traduzir os requisitos do cliente em decisões de projeto arquitetônico. Também era atribuição deste, verificar se os projetos complementares desenvolvidos atendiam aos requisitos e necessidades identificados.

Os fornecedores de subsistemas, contratados pela empresa construtora, eram os responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos complementares, que foram realizados por projetistas contratados. A

esses fornecedores cabia a proposição de projetos conformes aos requisitos e necessidades do cliente e a elaboração dos orçamentos e cronogramas referente às soluções de projeto apresentadas.

Através das informações coletadas e analisadas na etapa preparatória, procurou-se identificar as relações contratuais, as atribuições e as responsabilidades dos diversos intervenientes. Além disso, buscou-se compreender como ocorreu a fase de concepção do empreendimento e as implicações destas nas fases subseqüentes.

Assim, foram identificadas duas linhas de tomada de decisão, resultantes dos arranjos contratuais estabelecidos entre os envolvidos. A primeira era relacionada ao atendimento das necessidades do cliente final quanto à definição do projeto arquitetônico (implantação, reforma e ampliação da edificação existente, *layout* da edificação, estética), enquanto a segunda era relacionada ao atendimento das necessidades do cliente investidor e da construtora quanto ao controle de prazos e custos durante a execução.

A esse respeito, observou-se que não havia vínculos contratuais entre construtora e escritório de arquitetura. Assim, foi necessário que o cliente final interviesse junto a esse escritório para que um representante deste participasse das reuniões de planejamento e controle do PDP, uma vez que o contrato estabelecido entre cliente e escritório não previa esse tipo de acompanhamento. Em relação aos projetistas de subsistemas, o contrato que previa a realização do projeto e execução foi firmado considerando a participação dos envolvidos nas reuniões de planejamento e controle ao longo de toda a execução do empreendimento ou enquanto fosse necessária.

Quanto à fase de concepção do empreendimento, esta envolveu apenas o escritório de arquitetura e o cliente final. Situações semelhantes haviam sido identificadas por Tzortzopoulos (1999) e Fabrício (2002), cujos estudos identificaram que usualmente apenas o arquiteto participa da elaboração do programa funcional de empreendimentos de construção.

### 5.1.2 Etapa de Desenvolvimento do EC1

#### ACOMPANHAMENTO DAS REUNIÕES DE PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO DA PRODUÇÃO

Em relação ao planejamento de controle da produção, semanalmente eram realizadas duas reuniões, sendo elas as reuniões de curto e médio prazo de produção. Quanto às reuniões de planejamento de médio prazo de produção, foram acompanhadas 27 reuniões para o planejamento da edificação **Poly** e 9 reuniões para o planejamento da edificação **Catal**. As reuniões foram realizadas conjuntamente no escritório da obra e contavam com a participação do coordenador de planejamento, do engenheiro responsável pela execução, do mestre-de-obras, dos pesquisadores, dos projetistas de subsistemas e de representantes dos fornecedores de subsistemas, que, na maioria dos casos, era o próprio projetista.

As reuniões tinham duração em torno de duas horas e objetivavam o planejamento das atividades a serem executadas dentro de uma janela de tempo de três semanas e a identificação das restrições relacionadas a essas atividades. Nas três primeiras reuniões as pessoas envolvidas eram convocadas a participar conjuntamente, sendo convocados somente àqueles que o coordenador de planejamento julgava ser necessária a presença. A escolha dos participantes era realizada pelo gerente de produção, baseado na identificação previa de atividades relacionadas aos convocados.

Entretanto, durante o andamento do estudo observou-se que essa prática apresentava problemas relacionados ao fato de que a participação efetiva dos projetistas de subsistemas na reunião ocorria apenas durante breves períodos de tempo. Assim, o coordenador estabeleceu ciclos de 30 minutos para a reunião com cada projetista e fornecedor de subsistema. Caso houvesse necessidade, esses profissionais eram convocados conjuntamente para resolver problemas relacionados a seqüenciamento de produção e interferência entre as equipes de produção.

As atividades identificadas, referentes aos planos de médio prazo de produção, eram listadas em uma planilha (Figura 33) na qual eram especificados as atividades, os responsáveis e o tempo em dias para a execução das mesmas. Após a identificação das atividades, era realizada a identificação das restrições relacionadas a essas atividades. Para essas restrições, listadas em uma planilha à parte (Figura 34), eram definidos os responsáveis e a data limite para a remoção das mesmas. Em geral, as restrições identificadas eram relacionadas à compra de materiais e equipamentos, contratação de mão-de-obra, programação de treinamento de segurança, elaboração de projetos, dentre outras.

CONSTRUTORA PORTO		PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO		Obra: Engenharia (a):		Período 18	Datas =	Início														
				Mestre:		15/7/2002 a 11/8/2002		25/2/2002														
				FM100-05		FORMATAÇÃO		1ª Semana 16/3/2002														
								Data: 03/2003														
Equipe	Descrição da tarefa	Restrições	Início	Fim	Duração	OK	Semana #															
							Semana #	Semana #	Semana #	Semana #												
							0	1	2	3												
							S	T	Q	S	D	S	T	Q	S	D	S	T	Q	S	D	

Figura 33 – Planilha eletrônica de planejamento de médio prazo

CONSTRUTORA PORTO		LISTA DE RESTRIÇÕES		Obra:		Data limite para remoção da restrição		Período		18
				Eng:		Semanas				
Nº	Descrição da Restrição	Responsável	Data	15/07	22/07	29/07	05/08	Custo Previsto	OK (S ou N)	Problemas
				a	a	a	a			
				518	519	520	521			
1										
2										
3										
4										

Figura 34 – Planilha eletrônica de lista de restrições



## ACOMPANHAMENTO DAS REUNIÕES DE PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE PROJETO

Neste estudo, foram realizadas nove reuniões semanais referentes à edificação **Poly**. Essas reuniões tinham o objetivo principal de estabelecer prioridades no desenvolvimento dos projetos. Também nessa reunião, muitas vezes, eram explicitadas necessidades dos clientes internos e externos que não haviam sido levantadas, assim como discutidas questões de caráter técnico e financeiro. Além disso, à medida que as soluções de projeto eram apresentadas, o gerente de produção fazia indagações sobre outras alternativas que pudessem facilitar a execução.

As reuniões foram realizadas na sede da empresa construtora e contaram com a participação de cerca de 20 profissionais, sendo eles projetistas, representantes do cliente, dos subempreiteiros e da empresa construtora e os pesquisadores. Nessas reuniões eram definidas as atividades a serem realizadas pelos projetistas envolvidos, de modo a evitar que a execução da edificação fosse paralisada devido à falta dos mesmos. De modo geral, os planos eram listados por ordem de execução dos subsistemas, começando pelo projeto de fundações. As tarefas identificadas eram listadas em uma planilha (Figura 35) sendo definidos os responsáveis e o tempo em dias para a execução das mesmas. Cabe ressaltar que nesse empreendimento, salvo o estudo preliminar de arquitetura, o desenvolvimento dos projetos e a produção ocorreram simultaneamente.

Além das atividades planejadas, durante o desenvolvimento dos projetos observou-se o surgimento de demandas de projeto de componentes com longo *lead time* de fabricação, como, por exemplo, o quadro de distribuição geral, que, após a entrega do projeto à empresa responsável pela fabricação, necessitaria de 45 dias para a disponibilização deste no canteiro de obras. Nesse caso, essas demandas surgiram com tempo demasiadamente pequeno para o desenvolvimento da atividade.

		<b>PLANEJAMENTO SEMANAL</b> Planejamento x Execução	Obra: Nome Obra Engenheiro(a): Nome Engenheiro(a) Mestre: Nome Mestre Estagiário: Nome estagiário(a)		<b>Período 1</b> 12/3/2002 à 18/3/2002		FM111-00 4ª Semana 12/3/2002						
					PPC = Soma 100% = 0% <small>sem total itens</small>		Data: 18/3/2002						
Equipe	Visto		Pacote de Trabalho	Início	Fim	Desp.	T	Q	S	D	S	% Executado	Problema
<b>Problema:</b>		<b>8-1</b>											
<b>Outros</b>													
1						0	P						
							E						
2						0	P						
							E						
3						0	P						
							E						

Figura 35 – Planilha de planejamento de curto prazo de projeto. (versão eletrônica)

As primeiras reuniões tiveram duração de até cinco horas e meia, contando com a presença de todos os envolvidos. A esse respeito, devido ao número de profissionais reunidos em um mesmo local, o ambiente das reuniões de planejamento e controle de projeto era bastante tumultuado e marcado por conversas paralelas, o que dificultava manter o foco da reunião.

Ao longo da evolução dos projetos, observou-se também, que muitos projetistas tinham sua efetiva participação na reunião apenas no início ou fim da mesma. Assim, as reuniões passaram então a ser realizadas com grupos de projetistas de áreas afins, como, por exemplo, arquitetura, fundações,

estrutura metálica e estrutura pré-moldada, ou ainda ar condicionado, instalações elétricas e instalações hidrossanitárias. A esse respeito, na medida em que não era mais necessária a presença do projetista na reunião, este podia se retirar. Essa prática fez com que as reuniões tivessem o tempo total reduzido para cerca de quatro horas, sendo que os participantes não permaneciam na mesma por mais de duas horas.

A condução da reunião era feita pelo coordenador de planejamento, que discutia os assuntos de acordo com prioridade estabelecida por ele, pelo gerente de contrato e pelo gerente de produção. Para isso, cada projetista apresentava aos participantes, o que havia sido desenvolvido no período de uma semana. Destaca-se que neste estudo, o coordenador do planejamento era o profissional que melhor representava a figura do coordenador de projeto.

## COLETA DE DADOS DO PLANEJAMENTO DE PROJETO E PRODUÇÃO

### Planejamento de Médio Prazo de Produção

Em relação ao planejamento de médio prazo do empreendimento **Poly**, foram coletados dados referentes às listas de restrições elaboradas durante 26 reuniões de planejamento. Para possibilitar a análise dos dados, as restrições encontradas foram agrupadas segundo restrições de projeto e outros, sendo que as restrições de projetos incluíam todas as demandas de projeto propriamente ditas (projeto do produto e do processo). Para essa edificação, verificou-se o surgimento de restrições de projeto ao longo de toda a execução da edificação (Figura 36).

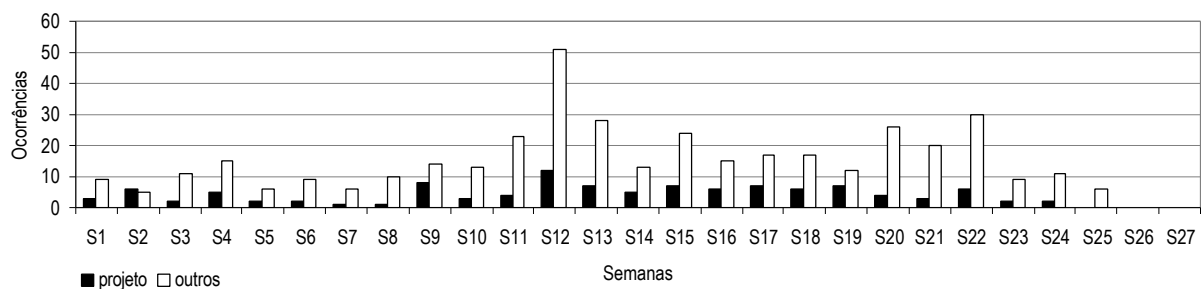


Figura 36 – Tipologia de restrições por semana EC1 (edificação **Poly**)

Esses dados foram posteriormente desdobrados em relação à janela de tempo para a qual estavam sendo identificadas essas restrições. A esse respeito, observou-se que a maioria das restrições era identificada para a primeira semana do horizonte de planejamento (Figura 37).

Em relação à remoção das restrições, foram coletados dados referentes ao índice de remoção das restrições. A esse respeito, verificou-se que no período anterior à implementação do indicador (anterior à semana 13) os valores do IRR não apresentavam regularidade na remoção (Figura 38). A média do IRR foi de 34,07% com coeficiente de variação de 1,07%. A partir da implementação, verificou-se que a média aumentou para 72,25% e o coeficiente de variação reduziu para 0,22.

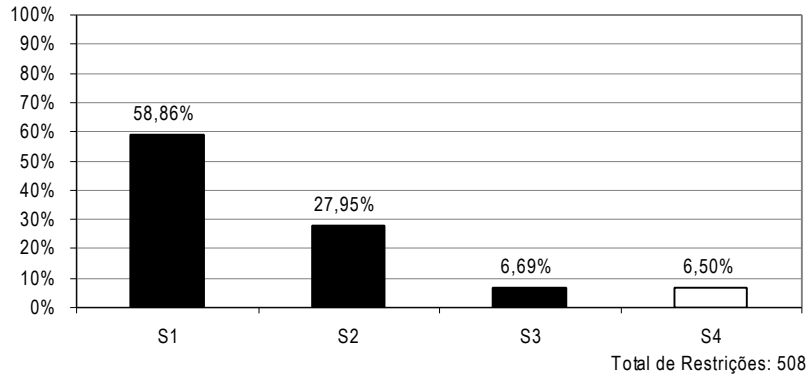


Figura 37 – Distribuição das restrições pelo horizonte de planejamento EC1 Poly

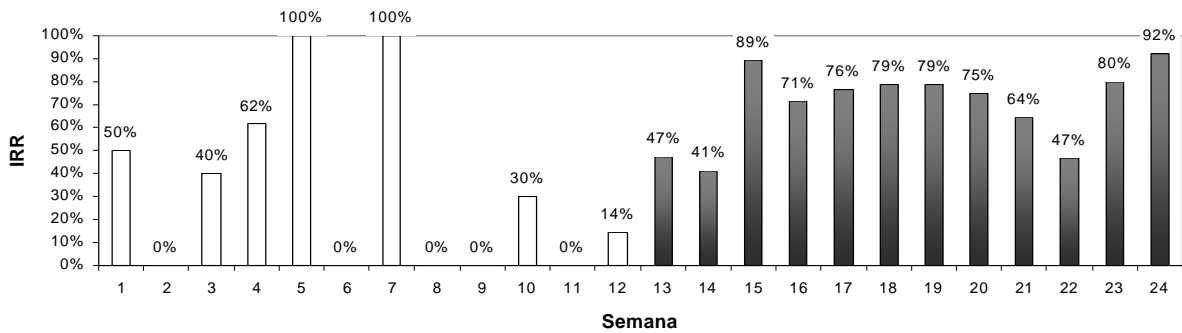


Figura 38 – IRR semanal no EC1 Poly

Quanto à edificação **Catal** (Figura 39), a coleta de dados referentes ao planejamento de médio prazo foi realizada para nove semanas de planejamento. Para esse período, foram verificadas restrições de projeto ao longo de toda a execução do empreendimento. Essas restrições do tipo projeto eram relacionadas com a elaboração de projetos dos processos, mais do que de projetos do produto. Cabe lembrar que para esse empreendimento todos os projetos haviam sido desenvolvidos em nível de projeto executivo e considerados prontos antes da contratação da construtora.

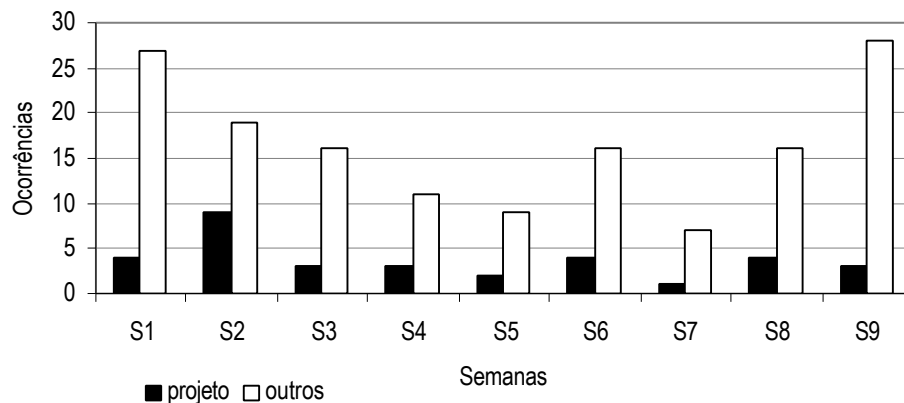


Figura 39 – Tipologia das restrições por semana (edificação Catal)

### Planejamento de Curto Prazo de Produção

Em relação ao cumprimento dos planos de produção, a principal fonte de evidência utilizada foi o PPC de produção. Para este estudo, observou-se que os resultados de PPC (Figura 40) revelam a ocorrência de problemas com o cumprimento dos planos, principalmente nas quatro primeiras semanas de execução do empreendimento.

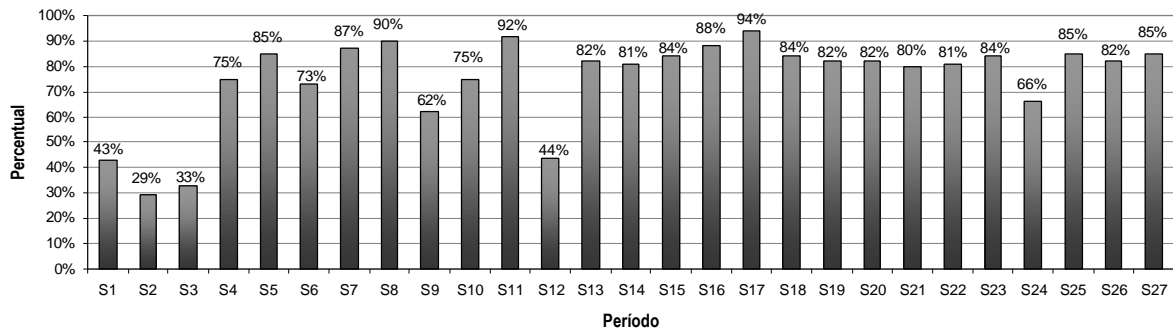


Figura 40 – PPC de Produção EC1

Através do levantamento das causas relacionadas ao não cumprimento das tarefas de produção, identificou-se que cerca de 41,5% dos problemas estava relacionado à não remoção das restrições (Figura 41). Também foi possível verificar que um percentual considerável (21,8%) de paralisações no canteiro de obras foi devido a problemas com projeto. Neste caso, a maior parte destes, relacionados com a não remoção de restrições de projeto.

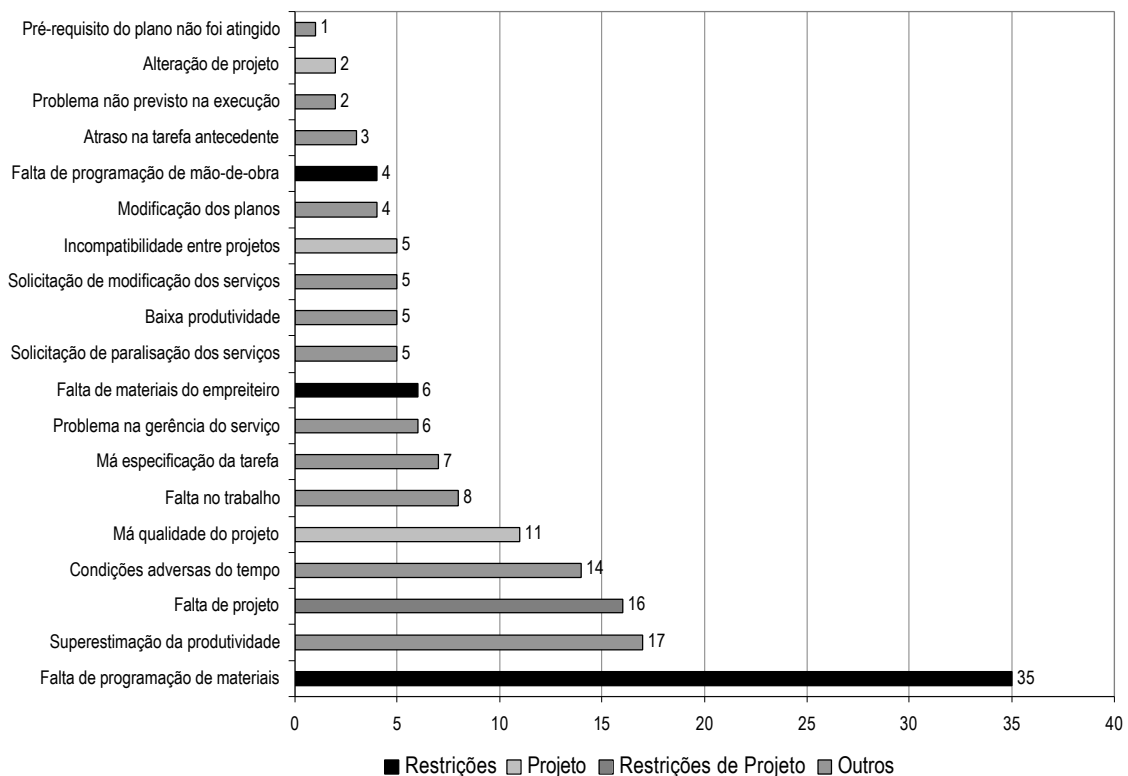


Figura 41 – Tipologia de problemas de produção acumulados

Nesse sentido, os dados coletados foram reorganizados de modo a possibilitar a identificação dos problemas ocorridos principalmente nas quatro primeiras semanas, nas quais os valores de PPC foram inferiores ao restante do período analisado. Desse modo, foi possível verificar nessas semanas o não cumprimento devido principalmente a não remoção de restrições de projeto (Figura 42). Quanto a isso, foi possível observar que, apesar do desenvolvimento dos projetos ter sido iniciado simultaneamente à execução, foi necessário quatro semanas para que o projeto tivesse um grau de maturidade e detalhamento suficientes para o início efetivo das atividades de produção.

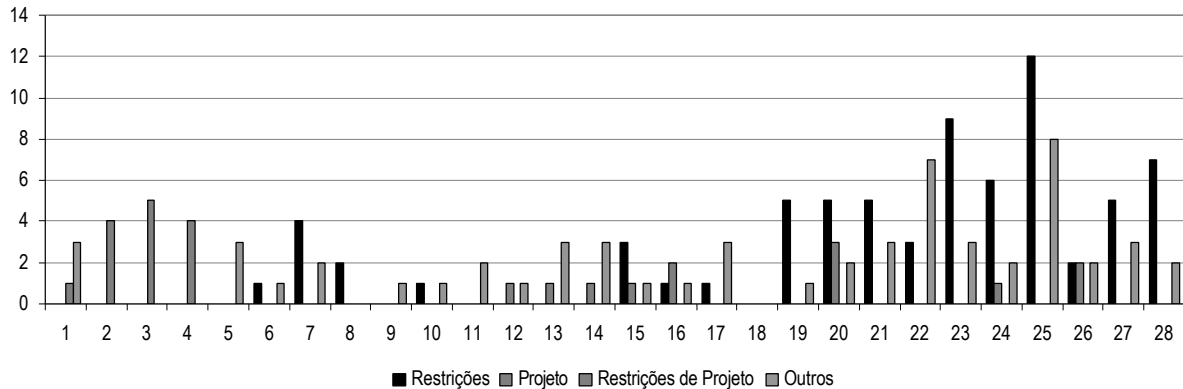


Figura 42 – Causas do não cumprimento das tarefas por semana

A partir desses dados, constatou-se também que nas últimas semanas de realização do planejamento, a maior incidência de problemas era devida a não remoção das restrições, apesar do IRR ter seus valores aumentados após a implementação do indicador.

#### Planejamento de Curto Prazo de Projeto

Em relação ao cumprimento dos planos de curto prazo de projeto, a principal fonte de evidência utilizada, foi o PPC de projeto. A esse respeito, verificou-se que baixos valores desse indicador ocorreram principalmente nas duas primeiras semanas (Figura 43).

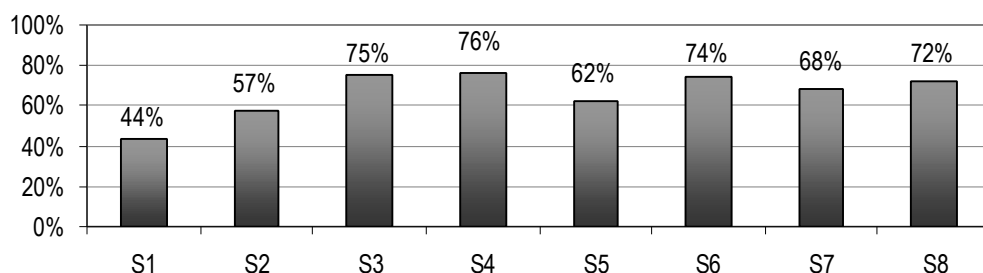


Figura 43 - PPC de Projeto EC1

Quanto ao cumprimento dos planos por projetista, foi possível verificar que, apesar do aumento dos valores de PPC de projeto ao longo do desenvolvimento do produto, houve muitas variações entre os projetistas no que se refere ao cumprimento de planos (Figura 44).

Referente à análise das causas do não cumprimento dos planos, foram identificados problemas relacionados à má programação das atividades, a falta de comprometimento, carência de informações, além das causas não identificadas (Figura 45).

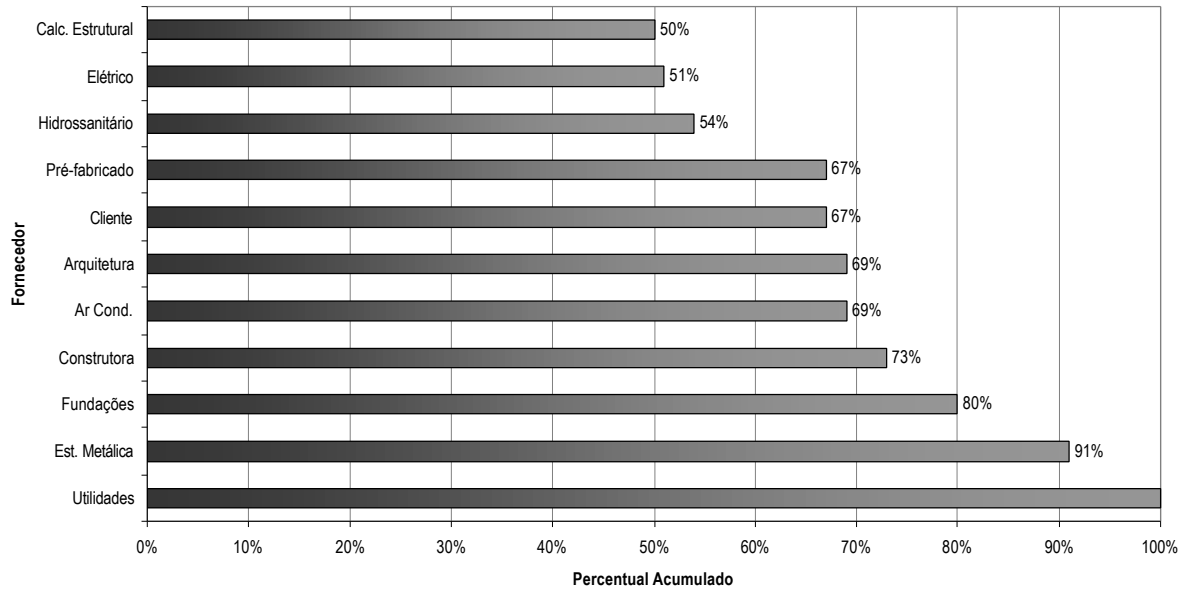


Figura 44 – PPC de Projeto por Fornecedor

Foram consideradas atividades mal programadas aquelas cujo tempo estabelecido para a sua realização era insuficiente. Em relação à falta de comprometimento dos responsáveis pela execução das tarefas, esta foi considerada como causa quando a atividade planejada foi desconsiderada pelo executor (a esse respeito observaram-se casos em que o projetista não utilizava as planilhas de curto prazo para verificação das atividades a serem cumpridas).

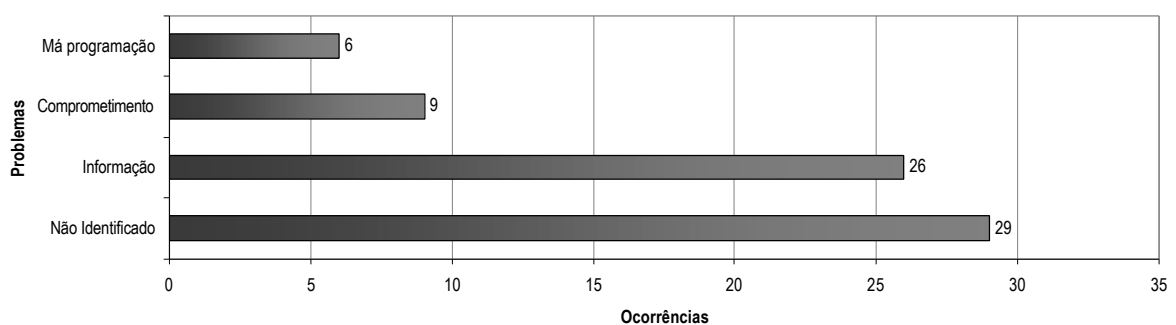


Figura 45 – Tipologia de problemas de projeto acumulados

Quanto à troca de informação foram identificados problemas relacionados à falta de informação de canteiro (informações do canteiro de obras necessárias para a elaboração do projeto), ao programa de necessidades, falhas na troca de informações, tais como arquivos eletrônicos corrompidos ou atraso no envio por problemas com o servidor de Internet, e ao repasse de definições decorrentes de tomadas de decisão e ou alterações do produto que não eram divulgadas a todos os envolvidos (Figura 46).

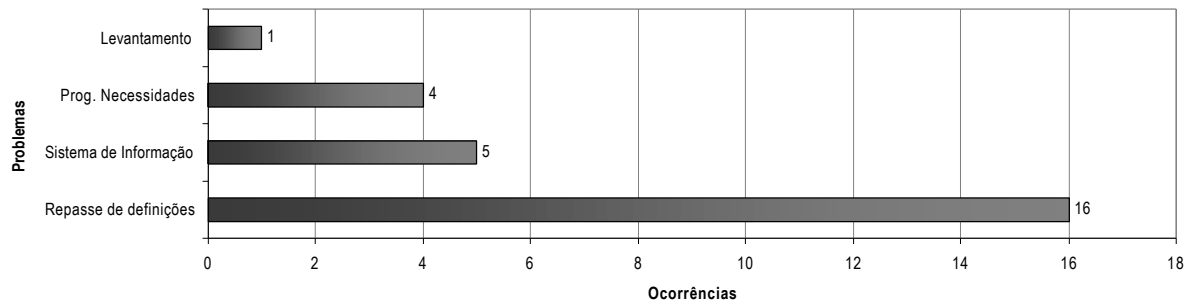


Figura 46 – Desdobramento dos problemas de informação acumulados

No que se refere a isso, uma elevada parcela dos problemas não teve suas causas identificadas pelo coordenador de projeto. De acordo com relato desse coordenador, o ambiente das reuniões de projeto era demasiadamente dinâmico para a investigação das causas. Assim, somente eram apontadas nas planilhas as causas que não exigissem investigações aprofundadas junto aos projetistas. Além disso, a investigação das causas foi prejudicada pela pouca experiência do coordenador em relação ao desenvolvimento de projetos.

Considerando-se os problemas relacionados à falta de informações, o maior número de ocorrências verificadas foi à falta de repasse de informações. Para melhor esclarecer como ocorreram esses problemas, a seguir é descrito um exemplo.

Um desses problemas foi observado quando o projetista de ar condicionado apresentou ao cliente final uma nova proposta de máquinas com melhor sistema de exaustão de ar. A nova proposta representava custos extras para o cliente final e somente poderia ser realizada mediante aprovação do cliente investidor. Além dos custos, a nova proposta utilizava máquinas mais pesadas e com maior carga elétrica. Tendo sido aprovada a alteração do projeto, todas as informações inerentes às novas máquinas deveriam ser repassadas para os projetistas estrutural e elétrico, de modo que esses projetistas alterassem seus projetos. Devido ao forte engajamento do projetista estrutural no processo de planejamento, este estudou a alteração, o mesmo não ocorrendo com o projetista elétrico, que somente após duas semanas tomou conhecimento da alteração, sendo necessário refazer parte do trabalho desenvolvido nessas duas semanas. Este problema encontra-se representado na Figura 47.

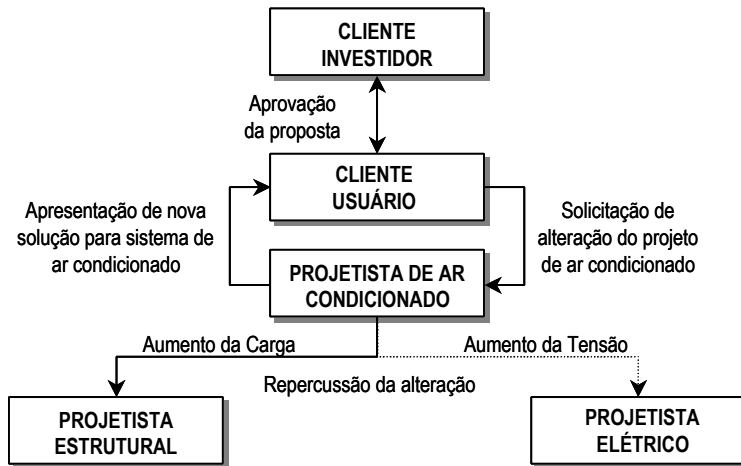


Figura 47 - Problemas com repasse de decisões

## ENTREVISTAS

A partir das entrevistas realizadas com a finalidade de levantar as vantagens e desvantagens relacionadas com a reunião da equipe interfuncional, constatou-se que sob o ponto de vista dos envolvidos, a realização das reuniões de planejamento de projeto e de produção auxiliou no cumprimento da principal meta: o desenvolvimento dos projetos em simultaneidade com a execução.

Dentre as vantagens percebidas, os envolvidos relataram que a resolução dos problemas de interfaces entre subsistemas foi o maior benefício. Nesse caso, de acordo com os projetistas, a definição explícita do responsável pelo desenvolvimento do projeto de uma interface e as discussões sobre questões técnicas relacionadas à mesma facilitou a realização do trabalho. Além disso, foi relatado que a reunião da equipe facilitou a identificação de requisitos dos clientes internos, levando à redução do número de possíveis retrabalhos em função da não consideração desses requisitos.

Quanto às desvantagens, na percepção dos envolvidos, a duração prolongada das reuniões foi a mais citada. A esse respeito, cabe lembrar que a maioria dos projetistas desenvolve projetos para vários empreendimentos simultaneamente e, sendo assim, dispunham de pouco tempo para as reuniões.

Outra desvantagem relatada foi o fato de que o desenvolvimento em equipe gerava muitas alterações de projeto. Nesse caso, os problemas apontados foram o atraso na entrega dos projetos, o excessivo número de correções (retrabalho), os erros de projeto devidos às inúmeras correções e os custos excessivos relacionados à impressão dos projetos.

## OBSERVAÇÃO DIRETA DE PROBLEMAS NO CANTEIRO

A partir do registro fotográfico identificou-se cerca de 30 problemas relacionados à não consideração de requisitos, à falta de análise de construtibilidade e compatibilização das soluções de projeto e à falta de controle de qualidade do projeto disponibilizado. Alguns exemplos dos problemas ocorridos são apresentados a seguir.



Um exemplo de problema relacionado a requisitos foi a não comunicação do período de paralisação da produção da fábrica (cliente final) e da duração desta paralisação, limitada em 5 dias - essa paralisação correspondia ao tempo disponibilizado para a instalação das máquinas do cliente na nova edificação. Após o recebimento dessa informação, verificou-se que o tempo disponível até a data de paralisação estipulada era insuficiente para a execução da pintura do piso, para a qual, a tinta especificada necessitava de sete dias sem tráfego sobre área pintada. A solução adotada envolveu a alteração do seqüenciamento de execução de modo a concluir apenas as áreas necessárias à instalação das máquinas. Apesar do requisito ter sido atendido, a solução proposta envolveu a mobilização e desmobilização de várias equipes, aumentando consideravelmente os custos de mão-de-obra.

Os problemas de construtibilidade têm relação com as dificuldades de execução das soluções propostas. Por exemplo, puderam ser observados problemas com a especificação de telhas metálicas de fechamento horizontal com 9,00m de comprimento. Nesse caso, os problemas foram derivados das dificuldades de armazenamento e transporte, que levaram a danos nos materiais. Outro problema também observado foi a não consideração da contra-flecha de 5,0 cm nas vigas pré-fabricadas, no detalhamento das esquadrias. Nesse caso, a dificuldade para dar acabamento entre viga e esquadria prolongou o tempo de execução dessa atividade.

Como exemplo de problema de falta de compatibilização pode-se relatar um caso relacionado ao posicionamento da estrutura metálica e alvenaria. A forma como foi apresentado o projeto de estruturas metálicas não permitia a identificação da posição do sistema de contraventamento dessa estrutura. Assim, após a execução, observou-se que o contraventamento havia sido projetado e executado alinhado ao eixo da estrutura na mesma posição em que seria executada a alvenaria. Esse problema exigiu que o contraventamento fosse desmontado e montado novamente em posição adequada.

Os problemas relacionados à falta de controle de qualidade das informações referem-se à entrega de projetos sem a devida verificação. Como exemplo, pode-se citar o problema relacionado ao posicionamento das máquinas de ar condicionado no interior da edificação. Houve uma alteração da posição das máquinas de ar condicionado devido à alteração da posição das alvenarias externas. Nesse caso, as cotas especificadas não foram revisadas e as máquinas ficaram distantes do ponto de instalação, aumentando o tempo de execução da instalação das mesmas.

#### IMPLEMENTAÇÃO DE UMA *EXTRANET*

A troca de informação entre os envolvidos no desenvolvimento do empreendimento **Poly** inicialmente foi coordenada pelo gerente de contratos da empresa construtora. Nesta etapa, todas as informações pertinentes ao desenvolvimento do produto, incluindo os projetos desenvolvidos e as alterações de custo e prazo, eram encaminhadas por e-mail para esse gerente que divulgava as informações conforme necessidade.

Frente aos problemas com a troca de informação observados nesse período, a partir da oitava semana os pesquisadores<sup>24</sup> desenvolveram e implementaram um *site* de acesso restrito (*extranet*) para a troca de informação. Nesse *site*, foram disponibilizadas informações relacionadas a projeto, planejamento e controle, programa de necessidades e segurança. Através deste *site*, informações adicionais, como a relação dos membros da equipe, fotografias, dados do cliente e da construtora, também foram disponibilizadas. Complementarmente, foi realizada a ligação entre o *site* e uma câmera (*web-cam*) no canteiro de obras, que permitia a visualização da evolução do canteiro de obras em tempo real.

O acesso ao *site* era restrito aos participantes que tinham a permissão de inserir e acessar os arquivos disponibilizados. Por motivos de segurança, rastreabilidade e armazenamento das informações relacionadas ao PDP, a retirada dos arquivos era vetada aos participantes.

### 5.1.3 Discussão sobre os Resultados do EC1

#### ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE CURTO PRAZO DE PROJETO

Na elaboração dos planos foram observadas dificuldades relacionadas à estimativa do tempo, à definição das atividades a serem realizadas e à identificação das suas restrições.

Sob o ponto de vista dos projetistas, em geral o tempo destinado para o desenvolvimento das atividades de projeto era muito pequeno. Entretanto, apesar das atividades terem sido inicialmente estabelecidas pelo coordenador de planejamento, o tempo para a realização das mesmas era negociado entre esse coordenador e o projetista responsável pela atividade. Corroborando Tzortzopoulos et al. (2001), constatou-se que esse problema estava associado à dificuldade na elaboração dos próprios planos que, uma vez mal definidos, dificultavam a estimação do tempo necessário para sua realização.

Sobre esse problema, observou-se também que alguns projetistas realizavam atividades além daquelas programadas, nesse caso aumentando o número de atividades a serem desenvolvidas. Em se tratando disso, observou-se que alguns projetistas relutavam em entregar os projetos em pequenos lotes, da forma como era solicitado pela empresa construtora. Muitas vezes o lote de informação solicitado constituía-se apenas de uma informação não graficada (por exemplo, a solicitação das cargas estruturais) ou a graficação de parte do projeto (por exemplo, a planta de furações nas vigas pré-moldadas para passagem de tubulações elétricas).

Ainda em relação ao pouco tempo destinado para a realização das tarefas, observou-se que a falta de análise de um horizonte de planejamento mais longo fazia com que o projeto de componentes com

---

<sup>24</sup> A implementação da *extranet* fez parte do estudo desenvolvido pelo doutorando Eduardo Luis Isatto.

longo *lead time* de fabricação somente fossem identificados a partir de sua necessidade na produção. Assim, como a data para a conclusão do empreendimento não poderia ser alterada sem penalizações, a data de execução era mantida e o prazo de elaboração do projeto reduzido ao tempo disponível.

Observou-se também que os projetistas tinham dificuldades em visualizar restrições ao desenvolvimento das atividades planejadas. Nesse sentido, o fato de não ser elaborado um plano de médio prazo de projeto fazia com que os projetistas, além das atividades programadas, tivessem que remover as restrições relacionadas, o que muitas vezes envolvia o levantamento de informações de projeto de outros subsistemas não desenvolvidos.

Constatou-se que a forma na qual foi realizado o planejamento de médio prazo da produção auxiliou o coordenador do PDP a definir as atividades a serem realizadas, assim como as suas prioridades. Desta forma, as restrições de projeto identificadas no médio prazo de produção (a serem eliminadas ao longo de três semanas) constituíam atividades a serem cumpridas em curto prazo. O fato da restrição de projeto estar associada a uma atividade de produção facilitava a definição do conteúdo do projeto a ser entregue, sendo a estimativa de tempo definida com a participação do projetista na reunião.

#### CUMPRIMENTO DOS PLANOS DE PROJETO

Quanto ao cumprimento dos planos de projeto, observou-se que o baixo desempenho da equipe foi devido às dificuldades relacionadas à implementação do sistema de planejamento e à não identificação de restrições ao cumprimento das tarefas planejadas, também verificadas em Miles (2002) e Tzortzopoulos et al. (2001). Observou-se também que depois de decorridas três semanas, os membros da equipe passaram a comprometer-se mais com a entrega das atividades planejadas, o que elevou os valores de PPC. De acordo com o coordenador de planejamento, a utilização do PPC foi um bom indicador do cumprimento das atividades.

Também segundo o coordenador de planejamento, apesar das dificuldades na elaboração dos planos, na estimação do tempo e na identificação de restrições, os planos foram cumpridos satisfatoriamente. Este fato foi corroborado pela redução do número de problemas de produção devidos a restrições de projeto, após as quatro primeiras semanas de execução do empreendimento.

Quanto à variação observada no cumprimento dos planos por projetista, constatou-se que, em função da forte interdependência entre o trabalho dos diferentes projetistas ao longo de uma semana, o PPC não é um bom indicador do grau de comprometimento de cada projetista. Em alguns casos, para o cumprimento das atividades programadas eram necessárias informações precedentes, muitas vezes vindas de projetos ainda não elaborados, do levantamento de requisitos e da eliminação de restrições. Assim, os baixos resultados encontrados para alguns dos projetistas foram atribuídos ao mau planejamento das atividades e à não remoção de restrições.

## ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE MÉDIO PRAZO DE PRODUÇÃO

Quanto aos planos de médio prazo, observou-se algumas dificuldades relacionadas à sua elaboração. Apesar da participação dos subempreiteiros, do mestre-de-obras, do coordenador de planejamento e do engenheiro responsável pela execução, na reunião, os planos eram elaborados em sua maioria para curtos horizontes de planejamento. Essas dificuldades corroboram os resultados das pesquisas realizadas por Ballard (2000b), em que foi constatada a dificuldade de planejar atividades para horizontes de planejamento diferentes do curto prazo.

O mesmo foi observado em relação às restrições. As restrições foram identificadas para um horizonte de até quatro semanas, ultrapassando a janela de tempo estipulada para o planejamento de médio prazo. Apesar do tempo utilizado no desenvolvimento do projeto ser maior devido às alterações propostas nas reuniões entre a equipe, os problemas foram resolvidos em tempo e custo comparativamente menor se comparado ao tempo utilizado para corrigir erros na produção devido a falhas de projeto.

Apesar disso, constatou-se que a maior parte dessas restrições foi identificada somente para primeira semana. Adicionalmente, através do acompanhamento das reuniões e da identificação das causas do não cumprimento dos planos em nível de curto prazo, observou-se que existem também dificuldades relacionadas à identificação de restrições relacionadas às atividades planejadas, independentemente do prazo.

## TROCA DE INFORMAÇÃO

Em relação à troca de informações, observou-se que houve vários problemas nas primeiras semanas do PDP. A quantidade de informações geradas impedia o rápido processamento e divulgação das informações. Além disso, a utilização de e-mails como meio de troca de informações foi considerado pouco confiável: alguns projetistas relatavam, durante as reuniões de planejamento e controle de projeto, o não recebimento das informações enviadas pelo gerente de contrato. Além disto, este mecanismo de troca de informações não permitia a rastreabilidade do processo de troca de informações.

Também relacionado à troca de informações, observou-se que não foram estabelecidos padrões para a troca de informação, a fim de reduzir os problemas de falta de interoperabilidade. Nesse sentido, a não adoção de *softwares* e versões padronizados dificultou o envio, a visualização e a análise das informações geradas.

Em relação aos problemas com o repasse de informações, observou-se que, apesar de todas as decisões de projeto terem sido registradas em atas de reunião, os desdobramentos relacionados a essas decisões não eram registrados. As atas traziam informações somente sobre o que havia sido

alterado ou sobre o que havia sido decidido, não sendo explicitados aspectos técnicos das decisões, tais como a alteração de carga e tensão citadas no exemplo do item 5.1.2.

#### EFICIÊNCIA NA REALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES

Quanto à eficiência na realização das atividades, apesar do planejamento e controle ter contribuído substancialmente para a gestão do processo de desenvolvimento do produto, constatou-se que são necessárias outras ferramentas de suporte ao desenvolvimento. Para problemas relacionados a interfaces, como no exemplo o da contra-flexa no item 5.1.2, de acordo com Clark e Wheelwright (1993), Pahl e Beitz (1996), Ulrich e Eppinger (2000), Crawford e Benedetto (2000) e Cunha e Buss (2001), é recomendável a utilização do método DFX para detalhar o projeto. Além deste, para problemas como o não atendimento a requisitos estéticos (observado no exemplo do posicionamento das máquinas de ar condicionado citado no item 2.1.2), estes autores recomendam a utilização do QFD a fim de melhor traduzir requisitos qualitativos em termos técnicos. Contudo, a utilização destes métodos é prática relativamente recente na construção civil e requerem maiores estudos sobre sua implementação.

Apesar da forte interação entre o cliente e as equipes de projeto e produção, o número de decisões tomadas em canteiro de obras e o número de problemas de projeto que repercutiram em paralisações e conseqüente aumento de custos e prazos foram considerados muito relevantes na percepção do gerente da produção e pelo mestre-de-obras, dado que a execução do empreendimento atrasou em cerca de 30 dias.

#### COORDENAÇÃO DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO

Observou-se que não houve uma coordenação geral do PDP em função do arranjo contratual existente no empreendimento, no qual o escritório de arquitetura e a empresa construtora haviam sido contratados separadamente pelo cliente, e também pela fragmentação das responsabilidades na condução das reuniões. A coordenação do desenvolvimento do produto foi realizada em parte pela equipe do escritório de arquitetura e em outra parte pela empresa construtora, representada pelo coordenador de planejamento e pelo gerente de contratos. A equipe do escritório de arquitetura buscava coordenar o atendimento aos requisitos dos clientes usuários da edificação, enquanto que o coordenador de planejamento e o gerente de contratos dividiam a coordenação de questões relacionadas à investigação de soluções de projeto que atendessem aos requisitos de custo e prazo estabelecido pelo cliente investidor.

#### RESOLUÇÃO DE INTERFACES

Constatou-se que a identificação e a solução de algumas das interfaces entre subsistemas foram facilitadas pela realização da reunião da equipe interfuncional, assim como pelo papel do coordenador

de planejamento na definição do projetista responsável pela elaboração do projeto identificado. Assim, caso surgissem dúvidas quanto à definição do responsável pela elaboração de um projeto de interface, esse coordenador determinava o responsável.

Por exemplo, foi identificada a necessidade de solucionar a interface entre o subsistema de fundações e o de estrutura pré-fabricada. Existiam diferentes soluções para a vinculação entre os subsistemas, as quais poderiam ser definidas tanto pelo projetista de fundações como pelo projetista de pré-fabricados. Após discussão entre os envolvidos, foi definida a solução que melhor atendia aos requisitos de facilidade de execução e custo. Também foi definido pelo coordenador de planejamento e pelo gerente de contratos que o projetista de pré-fabricados era o responsável pela elaboração desse projeto.

### TOMADA DE DECISÃO

Em relação à tomada de decisão, constatou-se que a reunião da equipe interfuncional tornou esse processo mais dinâmico. Nas reuniões de projeto ou de produção, os requisitos conflitantes eram negociados de forma a alcançar entendimento comum entre as partes. Nesse caso, também a participação de representantes do cliente final nas reuniões facilitou o processo de tomada de decisão referente à aprovação dos projetos.

Além das questões relacionadas aos requisitos do cliente final, a reunião das pessoas que participavam do processo envolvia também discussões relacionadas a questões técnicas e financeiras. As questões técnicas eram solucionadas com relativa facilidade, possibilitando a elucidação de questões relacionadas à execução. Entretanto, havia mais dificuldade em discutir as questões financeiras, geralmente causadas por alterações de projeto, na presença de toda a equipe interfuncional. Em geral, este tipo de discussão levava à perda do foco na reunião.

### INTEGRAÇÃO DO PLANEJAMENTO DO PDP

Em relação à integração do planejamento e controle do PDP, constatou-se que a participação da empresa construtora neste processo, desde as fases iniciais desse processo, possibilita que condicionantes relacionados à execução sejam considerados pelos projetistas. A esse respeito, constatou-se que, além dos condicionantes técnicos, também são levados em consideração os condicionantes relacionados ao prazo e custo de execução nas soluções propostas.

Sob a mesma óptica, a contratação de projetistas vinculados aos fornecedores de subsistemas também facilitou a integração entre o planejamento de projeto e produção. Nesse caso, além da consideração dos condicionantes acima mencionados e do conhecimento relacionado ao custo, prazo e execução da solução de projeto proposta, os projetistas tinham conhecimento das restrições relacionadas às atividades de projeto e de produção.

Também a participação do gerente de produção nas reuniões de projeto foi favorável à integração do planejamento, uma vez que as metas relacionadas aos planos de projeto eram estabelecidas segundo as metas da produção. Assim, o seqüenciamento das atividades de projeto desenvolvidas era estabelecido de acordo com a prioridade estabelecida pelo cronograma de produção. Contudo, nem todos os requisitos de produção puderam ser identificados, ressaltando a necessidade da utilização de ferramentas para a captura destes. Como exemplo disto, pode-se citar a necessidade de transferência das máquinas do cliente, situadas na edificação a ser reformada, para a nova edificação sem a paralisação da produção do cliente. Nesse caso, a não identificação desse requisito levou a mudanças no seqüenciamento e atrasos na pintura do piso.

Constatou-se também que o planejamento de médio prazo de produção representa um forte elo entre a produção e o projeto. Nesse caso, as restrições referentes à elaboração de projetos, identificadas nas reuniões de médio prazo, devem ser encaminhadas para as reuniões de planejamento de projeto com a devida especificação do conteúdo a ser desenvolvido e do responsável e do tempo de desenvolvimento. Também, após o término do período de realização das reuniões de projeto, essa restrição pode ser diretamente enviada ao projetista responsável em tempo adequado para a realização da atividade solicitada.

#### **5.1.4 Diretrizes Propostas a partir do EC1**

A partir dos resultados do EC1, foi elaborada uma primeira proposta de diretrizes para o planejamento integrado dos processos de projeto e produção no PDP.

a) planejamento sistemático de produção em nível de longo, médio e curto Prazo: É necessário manter na empresa uma prática de realização sistemática de planejamento e controle da produção, uma vez que a estabilidade na condução desse processo é fundamental ao planejamento de projeto. Em empreendimentos, nos quais as fases de projeto e produção ocorrem simultaneamente, as datas marco de projeto devem levar em consideração as datas de execução, que devem ser atualizadas periodicamente com a finalidade de reduzir incertezas relacionadas a prazos para elaboração de projetos.

b) planejamento sistemático de projeto em nível de longo, médio e curto prazo: conforme abordado no item 3.2, o planejamento e o controle das atividades de projeto possibilitam que as metas e objetivos do PDP sejam atingidas. Observou-se que o planejamento de longo é essencial a identificação de projetos de devem ser desenvolvidos em paralelo, como no exemplo de componentes com longo *lead time* de fabricação. Quanto ao médio prazo, observou-se que sua realização é fundamental para a eficácia do planejamento de curto prazo, principalmente em relação à remoção de restrições. Por fim, quanto ao planejamento de curto prazo de projeto, este é essencial para que os projetos sejam elaborados conforme a prioridade identificada no planejamento e controle da produção.

c) reuniões periódicas da equipe interfuncional: a realização das reuniões entre as equipes mostrou-se importante em relação a vários aspectos. No planejamento de curto prazo de projeto, favoreceram a solução de questões técnicas entre subsistemas e a consideração de requisitos dos clientes internos. Além disso, melhorou o comprometimento dos participantes, uma vez que o planejamento realizado entre os vários intervenientes tornava mais transparente o seqüenciamento das atividades e dependência entre elas.

De acordo com Miron (2002), para a constituição dessa equipe é importante identificar os principais responsáveis pela tomada de decisão na definição de um empreendimento, estabelecer regularidade nas reuniões e controlar as atividades a serem exercidas por esse tipo de equipe. Além disso, deve-se considerar o tempo e periodicidade de realização das reuniões, o seqüenciamento das reuniões de planejamento e controle de projeto e produção e a definição dos papéis exercidos pelas pessoas, como fatores importantes ao sucesso do trabalho de equipe.

d) simultaneidade dos processos de projeto e produção: a completa sobreposição entre esses processos é prejudicial ao PDP, devido à necessidade de tempo para a maturação do projeto. Assim, na elaboração do planejamento integrado, deve-se considerar um período de tempo separando o início das atividades de projeto e produção. Este tempo poderá variar de acordo com o nível de complexidade e incerteza do empreendimento a ser realizado.

e) troca de informação: o desenvolvimento de uma sistemática mais eficaz e eficiente para a troca de informações entre os envolvidos com o PDP é importante, na medida que pode evitar atrasos no desenvolvimento dos trabalhos e facilitar a tomada de decisão, o rastreamento e a retroalimentação de informações inerentes ao PDP. Observou-se com este estudo que é necessário o estabelecimento de padrões mínimos relacionados aos sistemas de troca de informação, a fim de reduzir os problemas relacionados à falta de interoperabilidade. Além disso, as ferramentas utilizadas para o registro das informações, principalmente relacionadas à tomada de decisão, devem possibilitar a identificação das principais decisões tomadas, do processo que levou a elas e dos desdobramentos possíveis a partir delas.

f) relações contratuais: em empreendimentos da construção civil, em geral caracterizados pela mobilização e desmobilização de profissionais distintos, a forma com a qual são estabelecidas as relações contratuais afeta diretamente as relações entre os participantes do processo (KAMARA et al., 1999), e, conseqüentemente, a realização do planejamento e controle do PDP de forma integrada. Com este estudo observou-se que, em nível tático, essas relações devem ser estabelecidas a fim da cooperação entre as pessoas, quanto ao estabelecimento das prioridades, principalmente nos casos em que existam linhas de tomada de decisão distintas. Neste estudo, observou-se que a contratação de projetistas de subsistemas, assim como a intervenção do cliente junto ao arquiteto favoreceu a cooperação destes com construtora.



## 5.2 ESTUDO DE CASO 2 (EC2)

### 5.2.1 Etapa Preparatória do EC2

Da mesma forma que no EC1, no empreendimento **Centropol**, foram identificados três grupos principais de pessoas relacionadas ao PDP: cliente final, empresa construtora e projetistas (Figura 48).

Por parte do cliente **Petro**, foram identificados dois representantes:

- Cliente Investidor: refere-se ao setor da empresa contratante, responsável pela definição das metas relacionadas aos prazos e custos totais do empreendimento e por responder às negociações relacionadas a esses assuntos. Este cliente foi responsável pela contratação dos projetistas, para o qual estabeleceu os principais requisitos e necessidades relacionadas ao empreendimento.
- Cliente de Operações e Manutenção: refere-se ao representante da contratante responsável pela definição dos requisitos de desempenho das soluções de projeto e do padrão para a apresentação dos projetos desenvolvidos pelos projetistas contratados pela empresa construtora. Além disso, esse cliente também representava o cliente investidor quando havia necessidade de pequenas alterações de projeto.

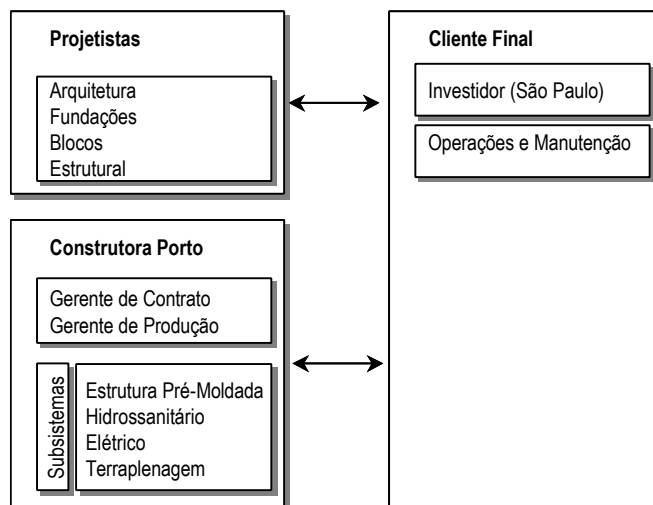


Figura 48 – Desdobramento dos envolvidos no PDP – EC2

Por parte da construtora **Porto**, foram identificados dois subgrupos de representantes. Um deles relacionado diretamente ao corpo de profissionais da empresa e o outro a empresas fornecedoras de subsistemas. São eles:

- Gerente de Contratos: tratava-se de um diretor da empresa construtora, sendo este responsável pela condução das negociações entre a construtora e o cliente investidor nos assuntos relacionados a prazo e custo. Esse gerente, também foi responsável pela elaboração do cronograma inicial de execução do empreendimento.

- Gerente da produção: era o mesmo gerente de produção envolvido no EC1. Foi responsável pelas atividades relacionadas à gestão do projeto e produção (incluindo o planejamento das atividades, a divulgação e compatibilização dos projetos). Além disso, também se responsabilizou pela coordenação das reuniões de médio e curto prazo de produção e pela contratação de fornecedores de subsistemas.
- Fornecedores de subsistemas: faziam parte deste grupo os fornecedores dos sistemas hidrossanitário, elétrico, de terraplenagem e de estrutura pré-moldada, sendo este último responsável também pela elaboração dos projetos de fundações. Fazia parte do escopo de contratação desses fornecedores a revisão dos projetos e a execução.

Projetistas contratados diretamente pelo cliente era constituído de projetistas de arquitetura, de fundações (estacas e blocos e baldrames) e de estruturas de concreto. Estes projetistas foram contratados pelo cliente investidor antes de contratação da construtora **Porto** e foram responsáveis pelo desenvolvimento das versões iniciais dos projetos de suas especialidades. Não havia relações contratuais entre a construtora **Porto** e o grupo de projetistas contratados pelo cliente.

No EC2 foi possível identificar três linhas de tomada de decisão. A primeira relacionada à definição do produto, que era exercida pelo cliente de manutenção e operações, o qual tinha atribuições para avaliar os projetos desenvolvidos. A segunda era relacionada ao custo total da edificação e era exercida pelo cliente investidor. A última, exercida pelos representantes da construtora, era relacionada ao estabelecimento dos processos de produção.

O levantamento de dados realizado junto ao gerente da produção indicou a necessidade de desenvolvimento de alguns dos projetos de subsistemas (Figura 49), embora o cliente considerasse prontos para a execução, os projetos desenvolvidos pelos projetistas contratados por ele. Também se constatou que alguns projetos eram considerados desnecessários, pois parte da intervenção constituía-se apenas de pequenas reformas nas edificações existentes (por exemplo, pintura e a substituição do piso cerâmico por outro similar).

EC2	Arquitetônico	Arq. Incêndio	Fundações	Estrutural	Blocos	Hidrossanitário	Elétrico	Terraplenagem
Centropol	S	X	S	A	S	N	N	X
Empreiteiras	S	X	S	A	S	N	N	X
<sup>R</sup> Administração	S	X	X	X	X	N*	N	X
Central de Lavagem	S	X	X	A	X	N	X	N
Centro de Treinamento	S	N	X	N	X	N	X	N
Casa de Comando e Quiosque	S	X	X	S	S	N	N	N
<sup>R</sup> Almoarifado	S	X	X	X	X	X	X	X
<sup>R</sup> Casa das Caldeiras	S	X	X	X	X	N	X	X
Briefing	S	X	X	S	S	N	S	N
Sanitários	S	X	X	S	S	N	N	N

**Legenda:** S - Existente      X – Desnecessário      <sup>R</sup> – Reforma  
 N - Inexistente      A – em Elaboração      \* - Solicitado Posteriormente

Figura 49 – Necessidade de Desenvolvimento dos Projetos

## MODELAGEM DO PDP

Das dificuldades encontradas no EC1 relacionadas ao planejamento integrado do PDP, destacou-se o pouco entendimento sobre o seqüenciamento das fases desse processo dentro da empresa. Isso ocorreu porque nesse estudo o pesquisador não teve a oportunidade de acompanhar as negociações entre cliente final e construtora desde os primeiros contatos entre ambas. Assim, depois de algumas reuniões com os diretores da construtora, constatou-se que algumas atividades relacionadas ao desenvolvimento do produto eram realizadas antes da contratação. Para identificar quais eram essas atividades, foram entrevistados os diretores da empresa, o coordenador de planejamento e gerentes responsáveis pela execução de obras em andamento. O objetivo destas entrevistas foi estabelecer as principais fases do PDP nos empreendimentos realizados pela empresa pesquisada.

A construtora **Porto** atua como prestadora de serviços e, por esta razão, o PDP pode ocorrer de formas diferentes, dependendo do escopo para o qual é contratada. Foram identificadas três situações de contratação distintas que interferem na organização do PDP.

A primeira diz respeito à contratação da construtora para o desenvolvimento do projeto e da produção em sua totalidade. Nesse caso, a empresa assume a seleção e a coordenação da equipe interfuncional. A segunda refere-se à contratação da empresa apenas para a execução da obra a partir de projetos já elaborados. A terceira refere-se à contratação da empresa para a revisão de projetos elaborados e execução da edificação, que é o caso do empreendimento analisado no EC2.

O fluxograma da Figura 50 representa esquematicamente as fases do PDP de empreendimentos para os quais a construtora é responsável pelo projeto e execução, ou seja, para o maior escopo de contratação. As atividades relacionadas a essas fases encontram-se descritas a seguir:

**Avaliação preliminar do negócio:** nessa fase são analisadas as características do empreendimento, os serviços a serem prestados, o lucro potencial, os principais concorrentes e as possibilidades de contratação. Geralmente nessa fase, existe um estudo preliminar de arquitetura previamente desenvolvido sem a participação da construtora. Esse estudo é utilizado como referência para a realização das atividades supracitadas. A empresa não participa da concorrência se a possibilidade de contratação é pequena.

**Elaboração de proposta de orçamento e execução:** na construtora Porto, esta fase é bastante parecida a fase denominada por Tzortzopoulos (1999) como planejamento e concepção. Nesta, verificada a possibilidade de contratação tem início então o PDP. As atividades realizadas são direcionadas a elaboração do orçamento e ao desenvolvimento de propostas preliminares, nas quais se procura reduzir custos e prazos. São utilizadas ferramentas para a captação dos requisitos, sendo formada uma equipe de desenvolvimento do produto, que é envolvida, geralmente, sob a forma de contrato no risco. Geralmente são estabelecidos alguns parâmetros quantitativos de projeto, sem a elaboração de

desenhos, para a estimativa dos custos e do prazo de execução. Informalmente é definido o escopo de atuação dos projetistas e dos fornecedores. As atividades pertencentes a esta fase são:

Análise do estudo preliminar de arquitetura: em geral, o gerente de contrato analisa o projeto disponibilizado e busca capturar os requisitos do cliente, em relação ao desenvolvimento dos subsistemas. Para isso pode haver necessidade de realizar reuniões entre o arquiteto, o cliente e o gerente de contrato, assim como visitas ao local onde será construída a edificação ou a edificações similares já executadas.

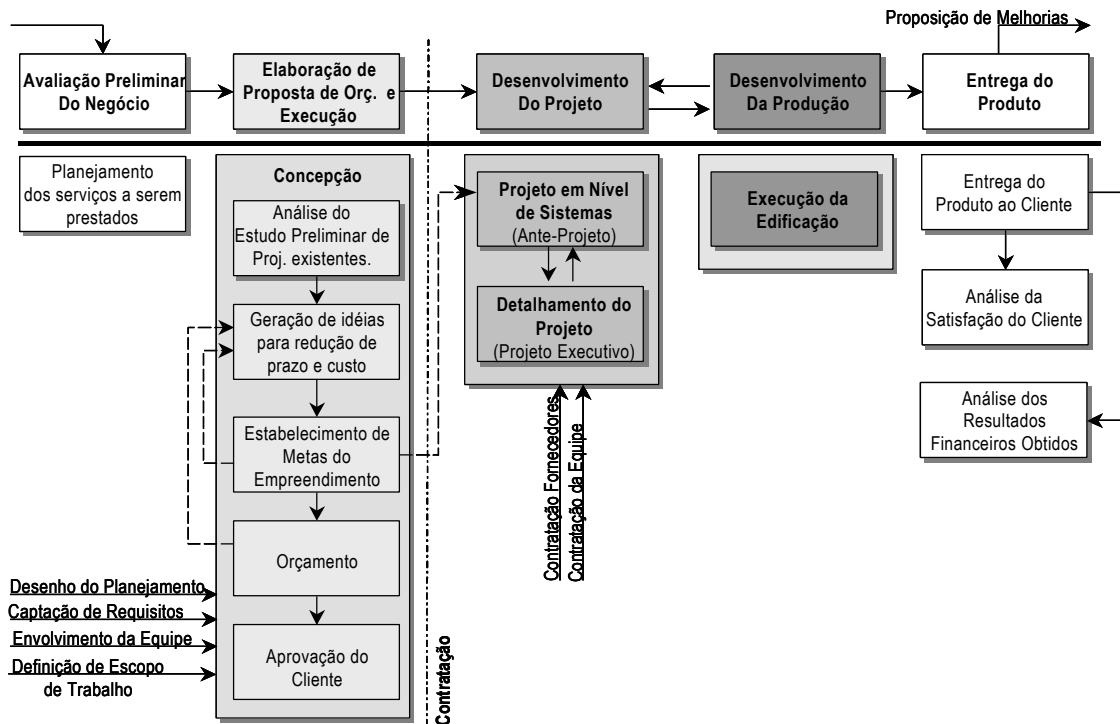


Figura 50 – Fases do desenvolvimento do Produto na Construtora Porto

- Geração de idéias para redução de prazo e custo: muitas vezes o estudo preliminar de arquitetura apresenta soluções desfavoráveis à execução rápida e com custos reduzidos. Desse modo, são realizadas reuniões internas entre gerente de contrato, o gerente da produção, os representantes das empresas fornecedoras de subsistemas (em geral projetistas) e, em alguns casos, o arquiteto. Essas reuniões são realizadas a fim de estudar e definir soluções tecnológicas que reduzam os prazos e os custos.
- Estabelecimento das metas do empreendimento: nessa fase o gerente de contrato desenvolve o cronograma de execução, segundo as propostas de projeto geradas. Por vezes essa atividade possibilita ao gerente identificar soluções de projeto que tenham um impacto negativo nos custos e no tempo de execução. Nesses casos, a equipe é reunida novamente para a realização de eventuais alterações.

- Orçamento: após a realização das atividades anteriores é elaborado o orçamento a ser encaminhado ao cliente. Esse orçamento é constituído da concatenação dos orçamentos realizados pelos fornecedores de subsistemas que é realizada pelo gerente de contrato juntamente com o gerente da produção. Em geral essa atividade dá início ao mesmo ciclo de alterações de projeto observada na fase de estabelecimento das metas.
- Aprovação do Cliente: a proposta de orçamento e cronograma é enviada ao cliente e geralmente isso envolve um ciclo de negociação. No caso da contratação da construtora, é iniciada a fase de desenvolvimento do projeto.

Desenvolvimento do projeto: na empresa pesquisada, a fase de desenvolvimento do projeto aglutina as fases denominadas por Tzortzopoulos (1999) como anteprojeto e projeto executivo. Assim, o desenvolvimento do projeto ocorre a partir de algumas definições, tais como a abordagem de desenvolvimento dos projetos (seqüencial ou simultânea); formação da equipe de projeto e produção (existem casos em que mais de um fornecedor do mesmo subsistema é envolvido na fase de geração de idéias); tecnologia para a troca de informação. Dessa forma, a empresa busca tomar medidas que reduzam os problemas ao longo do PDP. Em geral, as atividades relacionadas a essa fase são:

- Projeto em nível de subsistemas (anteprojeto): constitui-se do desenvolvimento dos projetos em nível de detalhe reduzido, com o objetivo de analisar as interfaces entre os sistemas e da proposição de soluções para pontos conflitantes. Os projetos desenvolvidos são apresentados apenas em forma de croqui, estimativas numéricas ou desenhos pouco detalhados. Assim, busca-se aumentar a eficiência e reduzir o tempo de desenvolvimento. Em geral, essa fase é acompanhada pelo cliente e pelo gerente de produção e as contribuições destes são levadas em consideração na elaboração das soluções de projeto.
- Detalhamento do projeto (projeto executivo): depois de definidas as soluções, os projetos são detalhados em nível executivo e encaminhados ao gerente de contrato ou ao gerente da produção, para aprovação. Eventuais correções, percebidas pelos gerentes, são comunicadas aos projetistas.

Desenvolvimento da Produção: o desenvolvimento da produção refere-se a fase de acompanhamento da obra (TZORTZOPOULOS, 1999), na qual ocorre a execução da edificação propriamente dita. No início dessa fase são fechados os contratos entre a empresa construtora e os fornecedores de subsistemas. Durante a obra, são realizadas as reuniões de planejamento e controle da produção em níveis de médio e curto prazo.

Entrega do produto ao cliente: ao final da obra, esta é entregue ao cliente. Nesta etapa o gerente de contrato ou o gerente da produção buscam avaliar o nível da satisfação do cliente em relação aos critérios estabelecidos em contrato e aos requisitos do cliente. Também nesta etapa, muitas vezes, é

solicitada à construtora uma versão final do projeto de acordo com o executado (*as built*). Nesta etapa são realizadas:

- análise da satisfação do cliente: a análise de satisfação do cliente é feita mediante a aplicação de um questionário desenvolvido pela empresa. Este questionário faz parte dos procedimentos da ISO 9000/2002 e é utilizado como fonte para a identificação de problemas de gestão em todos os setores da empresa.
- análise dos resultados financeiros: uma análise financeira é realizada, comparando os resultados esperados (realizados na fase de orçamento) e os resultados obtidos ao final da obra.

## **5.2.2 Etapa de Desenvolvimento do EC2**

### ACOMPANHAMENTO DAS REUNIÕES DE PLANEJAMENTO DE PROJETO

#### **Planejamento de Longo Prazo de Projeto**

Para o planejamento de longo prazo de projeto foram realizadas duas reuniões envolvendo o pesquisador e o gerente da produção. A proposta do pesquisador foi identificar as datas marco de entrega dos projetos através da sua associação com os eventos de produção, obtidos do plano de longo prazo da produção, como, por exemplo, execução de fundações profundas, início da elevação de alvenarias e concretagem da primeira laje.

Entretanto, foram encontradas dificuldades para a realização deste plano, devido a vários fatores. Dentre eles destacam-se: o fato de grande parte dos projetos já ter sido desenvolvida pelos projetistas contratados pelo cliente final, a demora na contratação dos projetistas de subsistemas, a existência de indefinições no plano de longo prazo de produção e a falta de conhecimentos específicos do gerente da produção sobre alguns subsistemas. Além destes, na percepção do gerente da produção, seria necessário empregar muito esforço para o planejamento de projeto em troca de um benefício relativamente pequeno.

#### **Planejamento de Médio e Curto Prazo de Projeto**

O planejamento de médio e curto prazo de projeto foi inicialmente realizado pelo gerente da produção sem a participação dos projetistas. Isso ocorreu porque o projetista elétrico e hidrossanitário não haviam sido efetivamente contratados nas primeiras semanas de execução do empreendimento, apesar de terem sido definidos.

Assim, a partir das demandas identificadas na produção, esse gerente listou uma série de atividades para os projetistas, as quais foram encaminhadas posteriormente aos mesmos em reuniões distintas. Devido à impossibilidade de analisar as restrições aos planos elaborados nas reuniões com os projetistas, o gerente de produção solicitou a estes que listassem as informações necessárias para o

desenvolvimento dos projetos solicitados e encaminhassem a mesma por e-mail à construtora. Exemplos dessas listas de solicitação estão apresentadas no Anexo 7.

Foram realizadas ao todo quatro reuniões de projeto, sendo duas delas com o projetista elétrico e duas com o hidrossanitário. As reuniões tiveram duração em torno de uma hora e, além do encaminhamento do plano, eram discutidas questões relacionadas aos requisitos e necessidades dos clientes. Além disso, foram repassadas a esses projetistas os padrões para a troca de informação, a fim de reduzir problemas de interoperabilidade.

Quanto aos demais projetistas, por se tratarem de fornecedores de subsistemas com sede em outras cidades, os contatos eram realizados por e-mail, telefonemas e eventuais visitas desses profissionais ao canteiro de obras.

### COLETA DE DADOS DO PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO

Para o planejamento e controle da produção, foram realizadas reuniões semanais para o planejamento de médio e curto prazo de produção. Como o gerente da produção era o mesmo do EC1, estas reuniões não foram acompanhadas, pois se considerava o processo de planejamento e controle da produção consolidado.

#### Planejamento de Curto Prazo de Produção

A principal fonte de evidência coletada no planejamento curto prazo foi o PPC de produção (Figura 51). Foram coletados dados referentes a 18 semanas de realização do empreendimento Tramandaí. Os resultados desse indicador apresentaram alguma variação, porém dentro dos limites estabelecidos como aceitáveis pela construtora. No levantamento das causas relacionadas ao não cumprimento das tarefas de produção (Figura 52) não se identificou causas relacionadas a projeto.

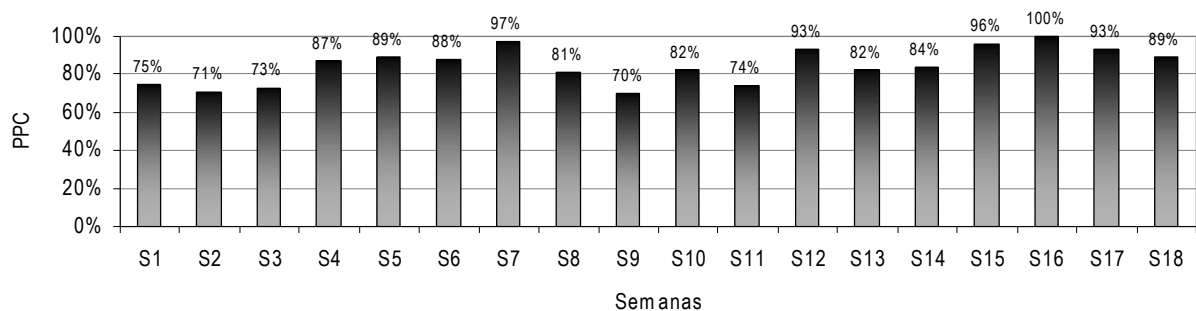


Figura 51 – PPC de Produção – Unidade Trapiche - EC2

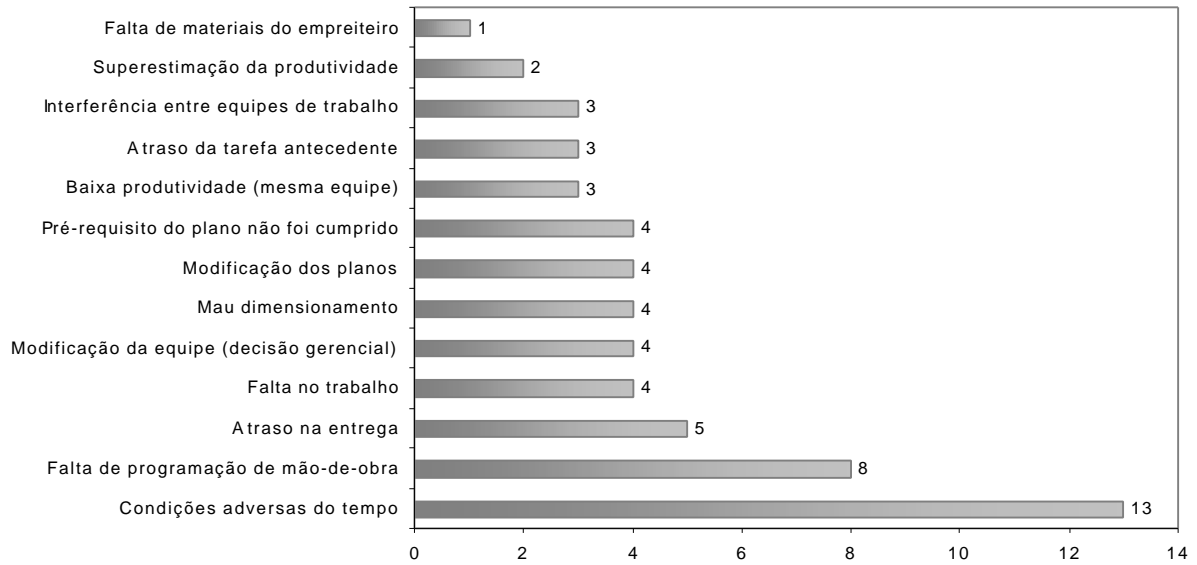


Figura 52 – Causas do não cumprimento das tarefas

### Planejamento de Médio Prazo de Produção

Em relação ao planejamento de médio prazo do empreendimento **Centropol**, foram coletados dados referentes às listas de restrições elaboradas durante 21 semanas de planejamento (Figura 53). As restrições encontradas foram agrupadas segundo os mesmos critérios estabelecidos no EC1. A partir desse desdobramento verificou-se o surgimento de restrições de projeto ao longo da execução da edificação.

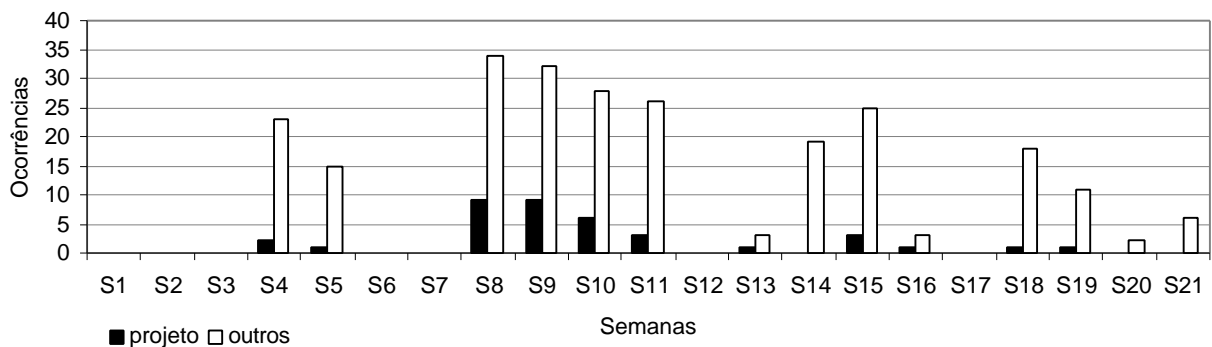


Figura 53 – Tipologia de restrições por semana – Empreendimento Tramandaí – EC2

Foram verificadas ao todo 282 restrições, sendo 37 delas (13%) relacionadas a projeto, 100 (36%) relacionada a compras e 145 (51%) relacionada a outros tipos de restrições.

Inexistem os dados relacionados às semanas 1 a 3, dado que nesse período não houve planejamento de médio prazo. Nas semanas 06, 07 e 12, também não foram realizadas as reuniões de planejamento, devido à necessidade de reuniões com o cliente de operações e manutenção. Por fim, na semana 17 não foi realizada a reunião de médio prazo de produção em função do envolvimento do gerente da



produção na elaboração de um orçamento para o mesmo cliente, relacionado a um outro empreendimento.

### ESCOPO DO PROJETO

Frente às dificuldades observadas no EC1 quanto à elaboração dos planos de curto prazo de projeto, decidiu-se realizar entrevistas com projetistas e gerentes de produção, assim como analisar projetos de empreendimentos executados anteriormente pela construtora **Porto**, com o objetivo de definir o conteúdo típico dos projetos de subsistemas. O objetivo desse levantamento era gerar uma lista dos principais grupos de informações que compõem estes projetos (Anexo 08). A partir dessas informações, buscava-se facilitar a elaboração dos planos e a definição de pequenos lotes de informação a serem produzidas pelos projetistas.

Ao todo foram entrevistados seis gerentes de produção da construtora, oito projetistas parceiros da mesma (ar condicionado, estrutural, elétrico, hidrossanitário, estruturas metálicas, fundações, estruturas pré-fabricadas e arquitetura) e um mestre de obras. Também foram utilizados como fonte de informação, os projetos de três empreendimentos realizados pela construtora. As entrevistas semi-estruturadas duravam cerca de 45 minutos. Em alguns casos, os entrevistados utilizavam projetos elaborados para facilitar o entendimento do pesquisador em relação à sua especialidade.

Devido aos problemas que levaram à não realização do planejamento de curto prazo de projeto neste empreendimento, estas listas não foram utilizadas.

### ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE MODELAGEM EM 3D

Durante a execução do empreendimento, foram identificadas algumas dificuldades de compreensão dos projetos executivos entregues ao gerente da produção. Os problemas inicialmente identificados diziam respeito ao entendimento do projeto de fundações. Esses problemas foram causados pelo fato de que os blocos e vigas de fundações foram dispostos em níveis diferentes.

Assim, após a terceira semana de execução, os pesquisadores propuseram o desenvolvimento de um estudo paralelo de modelagem da edificação **Centropol** em três dimensões utilizando um software AutoCAD (Figura 54). Este estudo teve como objetivo a análise dos efeitos da visualização do modelo no entendimento dos projetos e no estabelecimento dos planos de produção. Entretanto, apesar da geração do modelo, dada a velocidade de execução do empreendimento e as dificuldades na troca de informação, não foi possível disponibilizar o modelo em tempo adequado a essa avaliação.

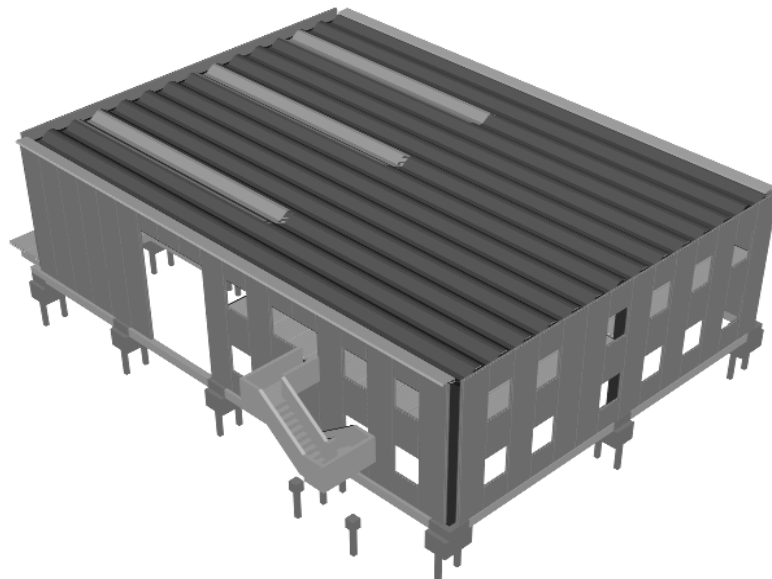


Figura 54 – Modelo tridimensional da edificação Centropol – Trapiche – EC2

### 5.2.3 Discussão sobre os Resultados do EC2

#### COORDENAÇÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO NO EC2

Quanto à coordenação do PDP, foi possível observar que não houve coordenação geral em função da fragmentação contratual entre os projetistas contratados pelo cliente e a empresa construtora. A esse respeito, constatou-se que o contrato estabelecido entre cliente final e esses projetistas não previam o acompanhamento do desenvolvimento dos projetos ao longo da execução. Assim, os projetos desenvolvidos por esses profissionais, após entregues e aprovados pelo cliente, eram considerados prontos, não sendo considerada a necessidade de eventuais alterações.

Também foi possível observar que a forma seqüencial de desenvolvimento dos projetos estabelecida pelo gerente da produção dificultou a coordenação das atividades desenvolvidas pelos projetistas contratados pela construtora. A disponibilização das propostas de projeto para esse gerente era realizada somente depois de considerada pronta pelo projetista. Seqüencialmente, essas propostas eram encaminhadas ao representante do cliente final que levava cerca de duas semanas para análise das propostas, que, muitas vezes, tinham necessidade de alterações. Essas alterações eram repassadas novamente ao projetista, formando o ciclo de negociação discutido no item 2.2.

Em relação à produção, o fato do papel de coordenador ser representado pela figura do gerente da obra, possibilitou que este tomasse decisões quanto à priorização na entrega dos projetos. Assim, através da realização do planejamento de médio prazo de produção feita por esse gerente, eram identificadas as atividades de produção a serem realizadas e a eventual necessidade de informações de projeto para a execução.

## TOMADA DE DECISÃO

Através da participação nas reuniões entre gerente da produção e projetistas, foi possível observar que, apesar do cliente de manutenção e operação participar das discussões relacionadas à definição do produto, este não tinha autonomia para decidir quando essas questões envolviam alterações substanciais de custo. Quando isso ocorria, era necessário que este cliente justificasse junto ao cliente investidor a necessidade de alteração. Isso era realizado através do envio das propostas ao cliente investidor e demandava cerca de duas semanas até que fosse aceita ou rejeitada a solicitação.

Da mesma forma, observou-se que, quando o gerente da produção era solicitado a fazer alterações de processos produtivos, havia dificuldades em tomar decisões, quando estas envolviam o conhecimento das implicações da adoção desses processos. Também nesse caso, constatou-se que eram necessários ciclos de negociação entre o gerente e o cliente, os quais constituíam gargalos no processo.

## CONTEÚDO DE PROJETO

Com a realização das entrevistas, constatou-se que muitos dos entrevistados demonstraram dificuldades em definir o conteúdo dos projetos desenvolvidos. Também se observou que parte dos entrevistados confundia a especificação do conteúdo do projeto com o nível de detalhamento (estudo preliminar, anteprojeto, etc.) e a forma como os projetos são entregues (planta baixa, cortes, elevações, etc.), corroborando assim as dificuldades relacionadas à elaboração dos planos, observadas no EC1.

## CUMPRIMENTO DOS PLANOS DE PRODUÇÃO

A não ocorrência de problemas relacionados a projeto na execução pode ser atribuída ao fato das alterações de projeto, principalmente relacionadas ao projeto arquitetônico, terem sido resolvidas pelo próprio gerente da produção ou pelos projetistas dos fornecedores de subsistemas. Este gerente comentou que o arquiteto havia permitido a construtora realizar as alterações sem consulta prévia.

As alterações realizadas (mais notadamente na implantação da edificação denominada Centropol e no projeto da edificação denominada Centro de Combate a Incêndios) não caracterizavam alterações na definição do produto e, quando realizadas, eram submetidas à aprovação do cliente. O tempo de aprovação foi apontado informalmente como a causa da não liberação de pacotes do médio prazo para o planejamento de curto prazo, mas, mesmo assim, não foi demasiado a ponto de causar a paralisação das atividades no canteiro de obras.

Este fato corrobora com os resultados do estudo anterior, no qual se identificou a necessidade de uma sistemática para remoção de restrições de projeto. No caso deste empreendimento, o fato dos projetos estarem prontos antes do início da obra e dos projetistas não terem participação durante o processo de execução da obra implicou o aumento do tempo necessário para a remoção deste tipo de restrição.

## INSTRUMENTOS CONTRATUAIS

Com a realização deste estudo, foi possível constatar que o planejamento integrado dos processos de projeto e produção envolve, além da definição dos planos e da troca sistemática de informações entre esses processos, ações relacionadas à vinculação contratual entre os profissionais, em geral sob responsabilidade da alta gerência do empreendimento. No que se refere a isso, constatou-se que o produto ia sendo definido ao longo da execução e à medida que o gerente de produção identificava problemas de projeto não resolvidos. Logo, a contratação deveria prever o envolvimento sistemático dos projetistas, clientes e seus representantes também ao longo de toda a execução e não somente após a entrega do projeto.

### 5.3 ESTUDO DE CASO 3 (EC3)

#### 5.3.1 Etapa Preparatória do EC3

No empreendimento **Farma**, foram identificados três grupos principais de pessoas relacionadas ao PDP: cliente final, arquiteto e empresa construtora (Figura 55). Nesse estudo, apenas o primeiro grupo era formado por diversos intervenientes.

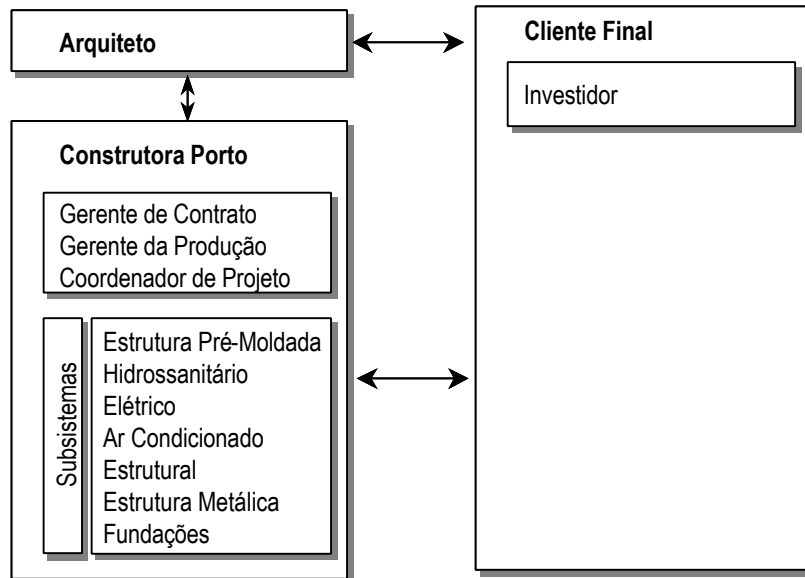


Figura 55 – Desdobramento dos envolvidos no PDP do EC3

O representante do cliente final era o proprietário da empresa promotora do empreendimento **Farma**. Denominado neste trabalho como cliente investidor, este era o responsável pela tomada de decisão relacionada à definição do programa de necessidades e aos custos de execução. Esse cliente foi responsável pela negociação junto ao órgão financiador do empreendimento e pela contratação do arquiteto e dos projetistas dos sistemas prediais elétricos, hidrossanitário e estrutural (incluindo fundações e projeto de pré-fabricados).

O arquiteto foi o responsável pelo desenvolvimento do projeto de arquitetura até a fase executiva. A partir deste projeto foi elaborado o orçamento pela empresa construtora. As decisões relacionadas à aprovação dos projetos de subsistemas eram realizadas também pelo arquiteto, enquanto representante do cliente.

Por parte da construtora, foram identificados quatro profissionais principais:

- gerente do contrato: era um diretor da empresa construtora, responsável pela condução das negociações com o cliente investidor, principalmente no que dizia respeito a alterações de prazo e custo observadas ao longo do PDP. Esse gerente também foi responsável pela negociação relacionada ao envolvimento das empresas fornecedoras de subsistemas. O

gerente de contrato também foi responsável pela coordenação das reuniões realizadas entre os projetistas, o arquiteto e os representantes da construtora.

- gerente de produção: foi responsável pela coordenação do desenvolvimento das alterações de projeto, em nível de estudo preliminar, e da concatenação dos orçamentos apresentados pelos fornecedores de subsistemas. Além disso, esse gerente tinha a incumbência de dar contribuições às soluções de projeto apresentadas, sob o ponto de vista da execução.
- coordenador de projeto: foi contratado um profissional, com formação em arquitetura, para a coordenação da troca de informação entre os fornecedores de subsistemas, arquiteto e construtora. É importante relatar que não havia na empresa experiência anterior em relação à definição do papel do coordenador de projeto.

Por último, também pertenciam ao grupo coordenado pela empresa construtora as empresas fornecedoras de subsistemas. Estas empresas foram envolvidas na realização do empreendimento sob a forma de contrato informal de risco, ou seja, não recebiam nada pelas contribuições iniciais, mas havia o compromisso de contratá-las se o empreendimento fosse viabilizado. Os profissionais que representavam essas empresas constituíam-se de projetistas contratados, a exceção do projetista de estruturas de concreto armado, que foi contratado diretamente pela construtora. Esses projetistas foram responsáveis pela elaboração de propostas alternativas às soluções de projeto desenvolvidas previamente.

Através das informações coletadas e analisadas na etapa preparatória, procurou-se identificar as relações contratuais, as atribuições e as responsabilidades dos diversos intervenientes. Além disso, buscou-se compreender como havia ocorrido a fase de concepção do projeto arquitetônico, uma vez que este se encontrava bastante detalhado no início do estudo.

Assim, após a coleta de dados, foram identificadas duas linhas de tomada de decisão, relacionadas à forma como foram estabelecidos os arranjos contratuais. A primeira, representada pelo arquiteto, era relacionada ao atendimento das necessidades do cliente final quanto à definição do projeto arquitetônico (características técnicas, funcionais e de estética). A segunda, representada pelo gerente de contrato, tinha relação com a definição dos processos de produção.

A esse respeito, observou-se também que inicialmente não havia nenhuma relação contratual entre construtora e o arquiteto. Desse modo, frente às dificuldades encontradas no PDP de outros empreendimentos, o gerente de contratos formalizou um vínculo com o arquiteto, que envolvia a revisão de algumas soluções tecnológicas em conjunto. Neste estudo, assim como nos anteriores, o desenvolvimento inicial dos projetos ocorreu sem a participação do representante da produção, levando a necessidade de revisão das propostas elaboradas. Nesse caso, esta revisão envolveu muito retrabalho, dado o estágio avançado de desenvolvimento do projeto inicial.

### 5.3.2 Etapa de Desenvolvimento do EC3

#### PARTICIPAÇÃO NAS REUNIÕES DE PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE PROJETO

Neste estudo, ao todo foram acompanhadas quatro reuniões realizadas entre a equipe interfuncional na fase de elaboração da proposta de orçamento. Essas reuniões foram voltadas à identificação e desenvolvimento de soluções de projeto que reduzissem o custo do empreendimento. De acordo com o gerente de contratos, além das soluções com custos menores, o orçamento deveria ser ajustado com base na redução das incertezas de projeto.

Nessas reuniões, além da elaboração dos planos, eram discutidas questões técnicas, como a resolução de interfaces, e questões relacionadas aos requisitos do cliente. As reuniões foram realizadas na sede da empresa construtora e contaram com a participação de cerca de 10 profissionais: o arquiteto, os representantes da empresa construtora e os projetistas de subsistemas.

Em cada reunião eram definidas atividades para os projetistas envolvidos, visando ao desenvolvimento dos projetos de modo a evitar que o cronograma e o orçamento fossem entregues fora do prazo estipulado pelo cliente. Cabe ressaltar que, devido à necessidade de obtenção de financiamento do empreendimento de um banco de fomento, haviam regras estabelecidas por esta na entrega de documentos.

As tarefas identificadas eram listadas na planilha utilizada pela empresa para esse fim, sendo definidos os responsáveis e o tempo em dias para a execução das mesmas. Adicionalmente eram identificadas as restrições à execução dos planos.

Frente às dificuldades encontradas no EC1 em relação à não identificação de restrições aos planos, foi proposto pelo pesquisador que a planilha para o planejamento de curto prazo de projeto, contemplasse uma janela de tempo de duas semanas (Figura 56). Dessa forma, o planejamento de médio e curto prazo seria realizado conjuntamente (Figura 57).

Esperava-se com isso que o próprio planejamento de projeto definisse demandas de projeto no curto prazo, assim como as informações relacionadas com a produção. Entretanto, devido o número de atividades exercidas pelos envolvidos durante o processo de planejamento, não foi possível sua implementação. Assim, o planejamento foi realizado da mesma forma que no EC1.

CONSTRUTORA PORTO		Planejamento de Curto Prazo de Projeto			Obra:		Período		1		Início									
					Coord.(a):		15/8/2002				15/8/2002									
					Eng.(a):		15/8/2002		à		28/8/2002									
					Mestre:		1ª Semana				Data:									
					IRR		0%		Formatação		15/8/2002									
											11/8/2003									
Equipe	Descrição da tarefa	Restrições	Início	Fim	Direção	OK	Semana 1							Semana 2						
							15/8/2002	16/8/2002	17/8/2002	18/8/2002	19/8/2002	20/8/2002	21/8/2002	22/8/2002	23/8/2002	24/8/2002	25/8/2002	26/8/2002	27/8/2002	28/8/2002
							Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q
							o													
							o													
							o													
							o													

Figura 56 – Planilha de planejamento e controle de projeto utilizada na EC3

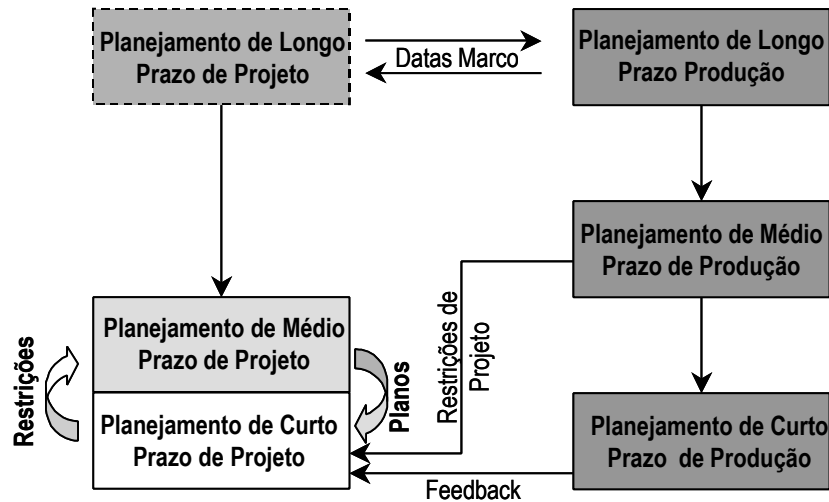


Figura 57 – Desenho de Planejamento e Controle Proposto no EC3

As primeiras reuniões tiveram duração em torno de duas horas e meia e foram realizadas com dois grupos distintos. O primeiro era formado pelos representantes da construtora e pelos projetistas estrutural, de estruturas metálicas, de fundações, de pré-fabricados e dos pesquisadores. O segundo, era formado pelos representantes da construtora, o arquiteto, os projetistas dos sistemas prediais elétrico, hidrossanitário e de ar condicionado e os pesquisadores.

Das quatro reuniões realizadas, duas foram com o primeiro grupo e as outras duas com o segundo. O gerente de contratos optou por essa divisão a fim de manter a reunião focada. Assim, com o primeiro grupo se discutia questões relacionadas à infra-estrutura e a estrutura da edificação e com o segundo grupo as soluções para os sistemas prediais. A condução da reunião era realizada pelo gerente de contratos, que discutia os assuntos de acordo com a prioridade estabelecida conjuntamente por ele, pelo gerente da produção e pela coordenadora de projeto. Ao longo das reuniões, o gerente de contrato também relatava aos participantes o andamento das negociações com o cliente.

## COLETA DE DADOS

### Planos de Curto Prazo de Projeto

Em relação ao planejamento de curto prazo de projeto, ao todo foram gerados 04 planos com cerca de 11 atividades em cada plano. Para este empreendimento não foi coletado o indicador PPC. Nesse caso, foi acordado entre os participantes que não deveriam ocorrer atrasos nas entregas de projeto, exceto no caso da identificação de restrições relacionadas ao desenvolvimento destes. Caso isso ocorresse, essa restrição deveria ser informada ao gerente de contratos para este dar o devido encaminhamento.

### Planilhas de Orçamento



Em relação ao orçamento, foram analisadas duas planilhas elaboradas pelo gerente de contrato e pelo gerente da produção. Comparativamente, depois de realizadas as alterações de projeto, os valores obtidos representaram uma redução de 12% do valor da primeira proposta. Cabe ressaltar que não foi reduzida a margem de lucro da empresa construtora na segunda proposta.

### **5.3.3 Discussão sobre os Resultados do EC3**

Com a realização do EC3, foi possível observar, através do acompanhamento das reuniões da equipe interfuncional, que a realização destas tem impacto na redução das incertezas relacionadas a prazo e custo de execução. A interação da equipe possibilitou que fossem esclarecidas dúvidas sobre o processo de produção adotado pelos fornecedores de subsistemas e dessa forma possibilitando a redução do tempo estimado de execução. O prazo total estimado para a execução do empreendimento, após a realização das reuniões, foi reduzido de seis para cinco meses. Além disto, foram reduzidos os custos diretos, com significativa repercussão no orçamento final entregue ao cliente.

Em relação aos vínculos contratuais, a vinculação entre o arquiteto e a construtora favoreceu o processo de tomada de decisão, observando-se o aumento do comprometimento deste na participação do processo de substituição de sistemas convencionais de produção por sistemas mais rápidos, como, por exemplo, a troca de paredes de alvenaria por paredes de gesso acartonado.

Por fim, quanto à elaboração dos planos de curto prazo de projeto foi possível observar que as restrições à execução das tarefas planejadas em geral constituíam informações de projetos não elaborados. Dessa forma, depois de identificada uma restrição para uma atividade planejada, era necessário replanejar a data de entrega dessa atividade e assim consecutivamente. Assim, o planejamento de médio e curto prazo de projeto realizado de forma integrada constitui-se numa possibilidade de melhoria na gestão do projeto que deve ser considerada em estudos futuros.

## 5.4 ESTUDO DE CASO 4 (EC4)

### 5.4.1 Etapa Preparatória do EC4

No empreendimento **Hospitalar**, foram identificados três grupos principais de pessoas envolvidas com o PDP: representantes do cliente final, os projetistas e empresa construtora (Figura 58). O desdobramento desses intervenientes é apresentado a seguir.

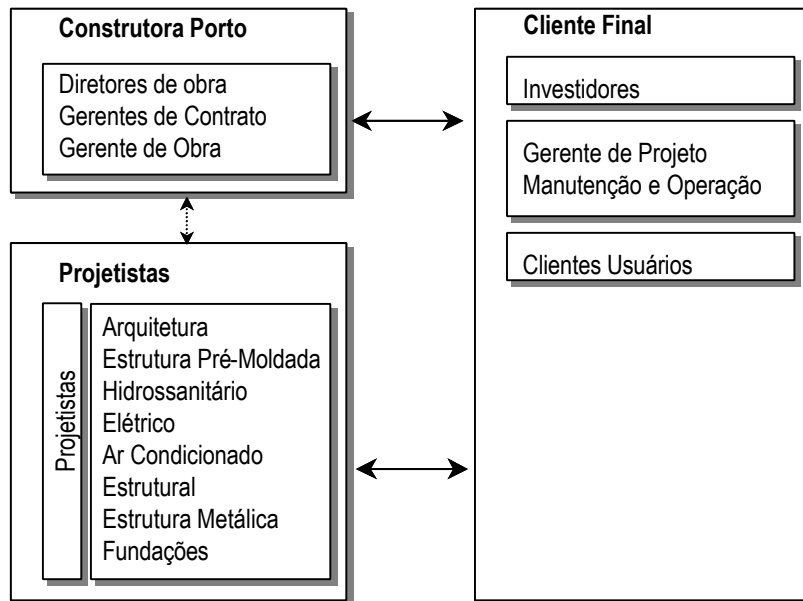


Figura 58 – Desdobramento dos envolvidos no PDP do EC4

Em relação ao cliente final, foram identificados quatro grupos no PDP com diferentes papéis e responsabilidades:

- Clientes investidores: referia-se aos representantes da empresa contratante, responsáveis pela definição das metas relacionadas a prazo e custo total do empreendimento e por responder às negociações relacionadas a esses assuntos. Além disso, também era responsável pela contratação do grupo denominado como projetistas, para o qual os principais requisitos e necessidades relacionadas ao empreendimento foram comunicados.
- Cliente de manutenção e operação: refere-se ao representante da contratante responsável por assegurar que nos projetos e na execução seriam atendidos todos os requisitos técnicos relacionados aos equipamentos a serem utilizados na edificação e ao fornecimento de energia e água. Também cabia a esse representante o estabelecimento dos requisitos de desempenho e de procedimentos de execução para os sistemas produtivos envolvidos na execução de ambientes cirúrgicos ou de tratamento radioterápico.
- Coordenador de Projeto: constituía-se em um representante da contratante, com a responsabilidade de aprovação dos projetos em relação aos requisitos do cliente. Por cumprir o

papel de coordenador, o cumprimento dos prazos de entrega dos projetos a serem disponibilizados para a execução do empreendimento em andamento também era de sua responsabilidade durante o PDP.

- Clientes Usuários: eram os responsáveis pela aprovação das soluções de arquitetura, no que dizia respeito à definição dos ambientes e *layout*. Esses clientes constituíam-se de vários tipos de profissionais, tais como médicos, enfermeiros, operadores de equipamentos clínicos, entre outros.

O cliente final também contava com uma série de projetistas contratados para o desenvolvimento dos projetos de arquitetura, estruturas (fundações, estruturas de concreto, estrutura pré-moldada) e de sistemas prediais (elétrico, hidrossanitário, utilidades e ar condicionado). Estes projetistas iniciaram o desenvolvimento dos projetos em 1998, sendo estes utilizados para a elaboração do orçamento por várias empresas construtoras.

Em relação à construtora foram identificados três grupos de profissionais com diferentes responsabilidades relacionadas ao empreendimento:

- Diretores das empresas: por se tratar de uma parceria entre duas construtoras, dois diretores, um de cada empresa, foram os responsáveis pelo fechamento do contrato com o cliente final, assim como pela formação da equipe técnica e gerencial do empreendimento. Além disso, esses diretores cumpriam também o papel de tomadores de decisões relacionadas à renegociação de custos tratadas com o cliente investidor.
- Gerentes de Contrato: da mesma forma, os dois gerentes de contrato do empreendimento eram representantes das respectivas construtoras. Cabia a esses gerentes a negociação relacionada a entrega dos projetos, pequenas alterações de prazo e custo, assim como a proposição de soluções alternativas de projeto. O gerente de contrato da construtora **Porto** também era responsável pela coordenação do planejamento e controle da produção.
- Gerentes de Obra: eram responsáveis pelo controle na execução do empreendimento, incluindo os serviços, materiais e mão-de-obra. Além do chefe da obra, havia um profissional de apoio ao PCP e outro dedicado à execução de obras propriamente dita.

Ao final da coleta de dados, realizada através de participação em reuniões com representantes do cliente final, da construtora e dos projetistas, assim como da análise de documentos, como o cronograma e o contrato de prestação de serviços, foram identificadas três principais linhas de decisão, uma delas relacionada à definição do produto, a segunda referente à definição das metas de custo e prazo e a terceira à definição dos processos construtivos. Constatou-se também a inexistência de vínculos contratuais entre os projetistas e as construtoras.

No início do processo de desenvolvimento do produto não havia acordos comerciais relacionados à remuneração dos projetistas frente às alterações que o projeto estava sofrendo. Cabe lembrar que o desenvolvimento do projeto teve início em 1998 e que, após entregues ao cliente, foram considerados concluídos pelos projetistas, em função da aprovação por parte deste.

No EC4 constatou-se que os projetos foram desenvolvidos, além da fase de concepção, sem o envolvimento intensivo dos representantes dos clientes usuários e da produção. Assim, somente viabilizada após cinco anos do início de seu desenvolvimento, constatou-se que grande parte do trabalho desenvolvido em nível bastante detalhado estava desatualizado em relação aos requisitos dos clientes usuários e aos processos produtivos. Esta desatualização resultou em retrabalhos relacionado ao desenvolvimento de novas propostas, inclusive de projeto arquitetônico.

#### **5.4.2 Etapa de Desenvolvimento do EC4**

##### ACOMPANHAMENTO DAS REUNIÕES DE PROJETO

Neste estudo foram acompanhadas seis reuniões semanais referentes ao empreendimento **Hospitalar**. Essas reuniões foram realizadas com o objetivo principal de dar seguimento às alterações solicitadas sobre o projeto desenvolvido anteriormente e fazer a compatibilização entre os mesmos. Além das questões técnicas envolvidas neste processo, também eram identificados ou apresentados novos requisitos a serem incorporados no projeto do produto.

As reuniões foram realizadas na sede da organização contratante e contavam com a participação de cerca de 15 profissionais, incluindo os projetistas, representantes da construtora, representantes do cliente final e os pesquisadores. Assim, a reunião era conduzida pelo coordenador de projeto (representante do cliente) que informalmente estabelecia atividades para os participantes. De maneira geral não havia ordem para a discussão dos projetos e cada representante anotava suas próprias atribuições ou as recebiam por *e-mail* através do envio realizado pelo gerente de contratos da construtora, que utilizava as planilhas de registro do processo dos pesquisadores para identificação das informações necessárias.

As reuniões tinham duração em torno de duas horas, contando com a presença de todos os envolvidos durante toda a reunião. Constantemente, ocorriam conversas paralelas, muitas vezes sobre assuntos não relacionados com o propósito da reunião.

A partir da quinta reunião, os representantes da construtora, disponibilizaram um cronograma com as datas marco de projeto baseadas nas datas marco da produção. Esse cronograma passou a ser utilizado como ferramenta de apoio à coordenação das reuniões. Assim, os assuntos passaram a ser discutidos a partir dos projetos considerados como prioritários ao atendimento a produção. Uma vez organizada a seqüência de entrega dos projetos, observou-se também que restrições às atividades

planejadas passaram a ser identificadas, dada a interdependências entre elas. Entretanto essas restrições não eram formalmente listadas.

#### ACOMPANHAMENTO DA REUNIÃO PARA PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO DE PROJETO

Para o planejamento de longo prazo de projeto, foi realizada uma reunião entre o gerente de contrato, o gerente da obra, o engenheiro responsável pelo planejamento e controle da produção e dois pesquisadores. Essa reunião foi realizada com a finalidade de gerar um plano contendo as datas marco de entrega dos projetos.

Para isso, a partir do plano de longo prazo de produção, foram identificadas as datas marco dos principais eventos da produção<sup>25</sup> tais como, a concretagem dos tirantes, que estabelecia a data da entrega do projeto de tirantes, a concretagem do contrapiso, que estabelecia a data de entrega dos projetos de fundações.

Diferente do que foi realizado nos estudos descrito por Miles (1998) e Tzortzopoulos (2001), o critério para o estabelecimento das datas-marco de projeto foram propostos pelo pesquisador e consistia da identificação da data do evento (data marco da produção), sendo descontado o maior *lead time* de recursos a serem utilizados na execução desse evento. Dada a possibilidade de ocorrerem alterações de projeto próximas a essa data, em alguns casos era também descontado o tempo necessário para levantamento quantitativo, cotação e compra de materiais (Figura 59).

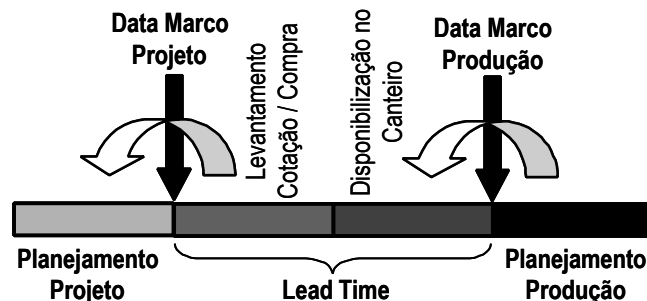


Figura 59 – Critério de Planejamento de Longo Prazo de Projeto – EC4

A reunião foi conduzida pelo gerente de contrato da construtora **Porto**, sendo utilizado como apoio à lista de conteúdo de projeto elaborada no EC2. Os planos eram listados em uma planilha eletrônica (Figura 60) na qual, além da especificação da data e do projeto, também era listado o responsável por este. O plano gerado foi encaminhado às reuniões de projeto para a negociação das datas com os projetistas a fim de estabelecer o comprometimento destes com o plano.

<sup>25</sup> Neste trabalho, eventos de produção consistem a execução dos principais serviços relacionados aos subsistemas.

**Construtora Porto / Meta** **Master Plan de Projeto**

Evento	Prédio	Conteúdo de Projeto	Início da Produção	Lead Time (dias)	Responsável	Data limite de Projeto	Gantt Chart																		
							jan					fev					mar								
							9	10	11	12	13	13	14	15	16	17	17	18	19	20	21				
							9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21						
			Saque de Feira				9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21						
Parede de alvenaria sanitar	Garagem e Centro Médico	Projeto de formantes da lateral direita e esquerda	10/fev	20	Jarbas	13/1/2003																			
		Projeto parede oco teto lat. Direita	3/fev	10	Tatiane	16/1/2003																			
		Projeto arranque cortina e placas sigla de estacionamento dos fundos	6/jan	1	Tatiane	13/1/2003																			
		Projeto aplicação definitiva de alvenaria			Jarbas	13/1/2003																			
		Projeto sigla de estacionamento	6/jan	7	Tatiane	13/1/2003																			
		Projeto laje do subsolo	16/fev	15	Tatiane	23/1/2003																			
Sapatas	Garagem e Centro Médico	Projeto formas da sapata	2/fev	7	Jarbas	15/1/2003																			
		Projeto de formas dos bunkers	25/mar	10	Tatiane	17/1/2003																			
		Projeto armadura dos bunkers	2/fev	7	Jarbas	15/1/2003																			
		Projeto armadura sapatas	2/fev	7	Jarbas	15/1/2003																			
		Projeto arranque placas	26/jan	15	Tatiane	13/1/2003																			
		Projeto de formas	3/fev	15	Tatiane	17/1/2003																			

Figura 60 – Plailha de Longo Prazo de Projeto – EC4

#### ACOMPANHAMENTO DAS REUNIÕES DE CURTO PRAZO DE PRODUÇÃO

Acompanhou-se no EC4, doze reuniões de planejamento e controle de curto prazo de produção, referentes ao empreendimento **Hospitalar**. Essas reuniões foram realizadas semanalmente no escritório do canteiro de obras e tinham como objetivo a definição das atividades de produção a serem realizadas para uma janela de tempo de uma semana e a negociação dos prazos destas com os empreiteiros.

As reuniões duravam cerca de duas horas e tinham a participação do gerente de contratos, do gerente de obra, do engenheiro responsável pelo planejamento, dos empreiteiros de subsistemas, dos mestres de obras e dos pesquisadores. Estas eram coordenadas pelo engenheiro responsável pelo planejamento, sendo os planos elaborados na planilha estabelecida para esse fim (apresentada no EC1).

Nas primeiras reuniões, a partir do plano de longo prazo de produção, eram identificadas as datas de entrega dos primeiros serviços (escavações, sondagens, etc.). Entretanto, após algumas reuniões, dado o número de profissionais que passaram a participar desse processo, este procedimento tornou-se inviável. Assim, o engenheiro de planejamento, juntamente com o gerente de obra, passou a elaborar pré-planos de curto prazo a fim de tornar mais rápidas as reuniões. A partir dessa mudança as reuniões passaram a ter duração em torno de uma hora. Até a terceira reunião de planejamento de curto prazo de produção não haviam sido realizadas reuniões de planejamento de médio prazo da produção.

## ACOMPANHAMENTO DAS REUNIÕES DE MÉDIO PRAZO DE PRODUÇÃO

Foram acompanhadas, neste estudo, cinco reuniões de planejamento de médio prazo de produção. Estas tinham duração em torno de duas horas, tendo como participantes o gerente de contrato da construtora **Porto**, o gerente de obra, o engenheiro de planejamento, os empreiteiros de subsistemas convocados, o mestre-de-obras e os pesquisadores. Assim como para o planejamento de curto prazo de produção, também era realizado para este nível de planejamento um pré-plano a fim de reduzir o tempo das reuniões.

Essas reuniões eram realizadas quinzenalmente e tinham o objetivo de planejar as atividades de produção para uma janela de tempo de oito semanas. Nas primeiras reuniões, dada a revisão do planejamento de longo prazo que estava sendo realizada, os planos eram elaborados com base na experiência do gerente de contratos e dos empreiteiros. Após a terceira semana de reunião, o plano de longo prazo passou a servir de referência para a elaboração dos planos de médio prazo.

Após as reuniões, além da relação de atividades e de restrições, o gerente de contrato gerava uma lista a parte de restrições de projeto. Essa lista era encaminhada para o coordenador de projeto por *e-mail* ou entregue durante as reuniões de projeto. De acordo com o gerente de contratos, a utilização de uma planilha exclusiva para as restrições de projeto, tinha como objetivo dar mais destaque às mesmas, dado o elevado número de restrições identificadas a cada reunião.

## COLETA DE DADOS DO PLANEJAMENTO DE PROJETO E PRODUÇÃO

### Planejamento de Médio Prazo de Produção

Em relação ao planejamento de médio prazo do empreendimento **Hospitalar**, foram coletados dados referentes às listas de restrições elaboradas durante 8 reuniões de planejamento. Para possibilitar a análise dos dados, as restrições encontradas foram agrupadas segundo restrições de projeto, compra, segurança e outros, seguindo os critérios estabelecidos no EC1. Como resultado, verificou-se o surgimento de restrições de projeto ao longo do período analisado (Figura 61).

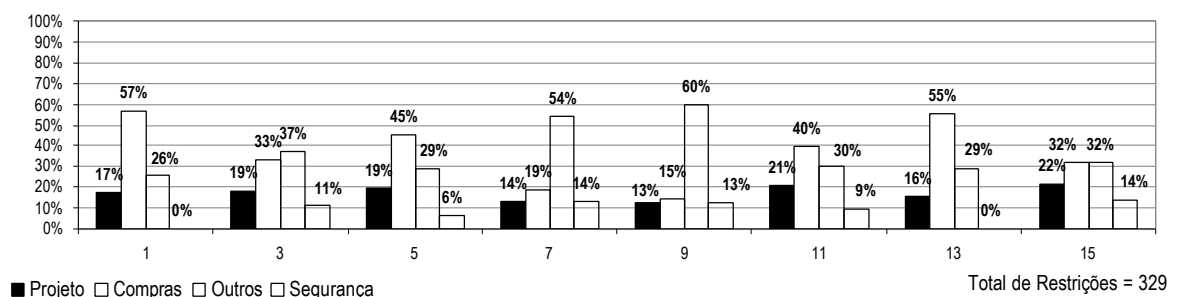


Figura 61 – Tipologia de restrições por semana EC4

Assim como no EC1, esses dados foram desdobrados em relação à janela de tempo para a qual estavam sendo identificadas essas restrições, dado que esse planejamento foi proposto para um

horizonte de oito semanas. A esse respeito, corroborando o primeiro estudo, observou-se que a maioria das restrições era identificada apenas para a primeira semana do horizonte de planejamento (Figura 62).

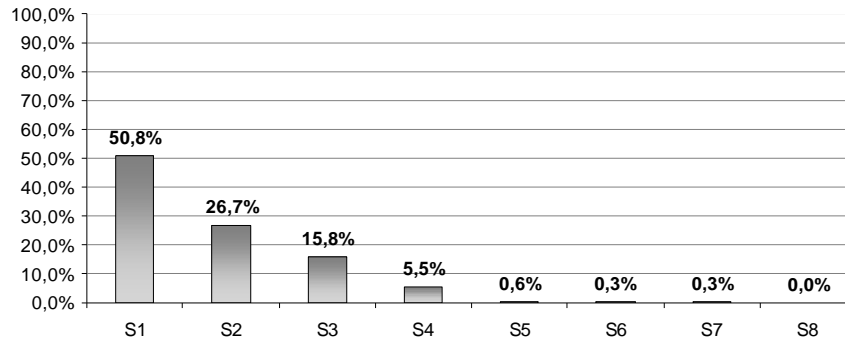


Figura 62 – Distribuição das restrições pelo horizonte de planejamento EC4

### Planejamento de Curto Prazo de Produção

A Figura 63 mostra os resultados de PPC coletados durante 16 semanas de execução do empreendimento. Os valores desse indicador eram relativamente altos nas primeiras semanas, mas as atividades programadas referiam-se essencialmente à execução de um único serviço, relacionado às escavações de mais de cinquenta lamelas que constituíam a cortina de contenção, para as quais os projetos já estavam prontos e a mão de obra contratada.

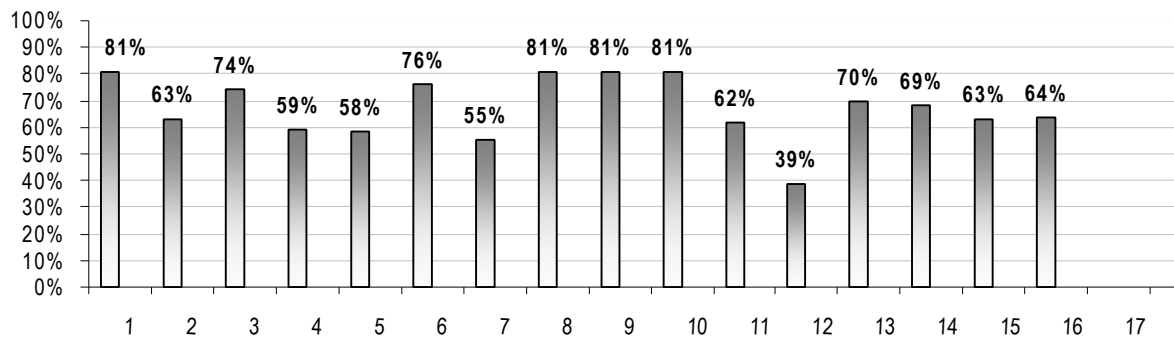


Figura 63 – PPC de Produção EC4

Do desdobramento desses dados realizado através do levantamento das causas relacionadas ao não cumprimento das tarefas de produção, identificou-se que apenas 5% das causas do não cumprimento era relacionada ao projeto (Figura 64).



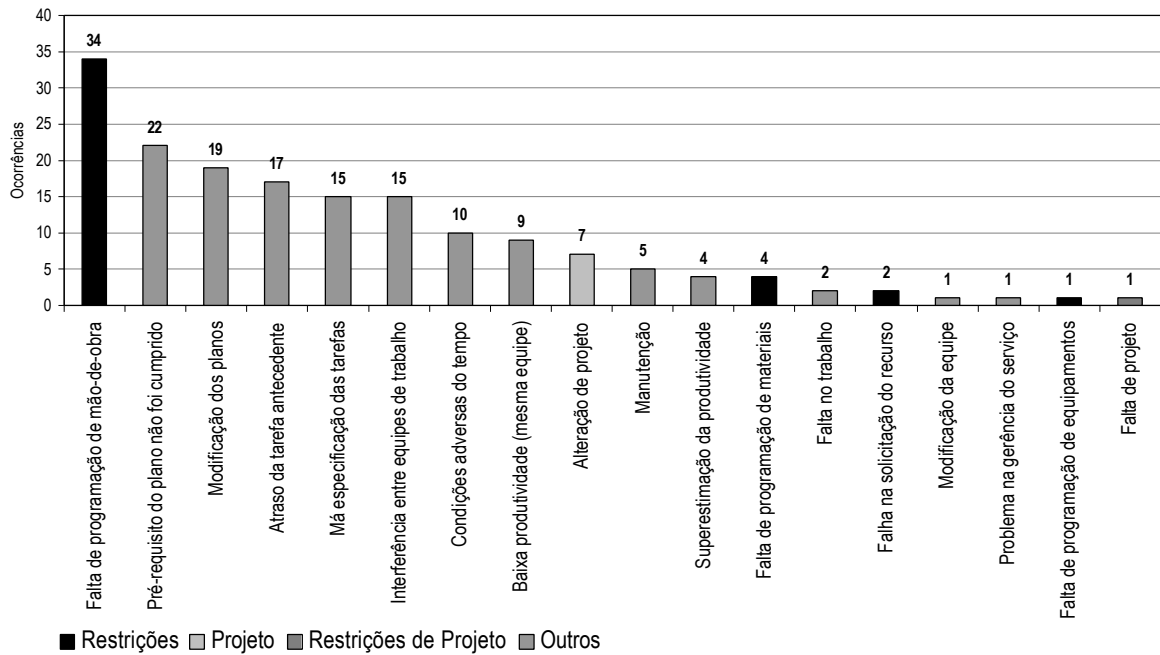


Figura 64 – Causas do não cumprimento das tarefas por semana

### 5.4.3 Discussão sobre os Resultados do EC4

Constatou-se neste estudo que existem obstáculos ao planejamento e controle integrado de projeto e produção, alguns relacionados com a forma adotada para planejar, e outros relacionados à vinculação estabelecida entre os envolvidos desde as primeiras fases de desenvolvimento. Essas dificuldades representam oportunidades de melhoria, sendo apresentadas a seguir.

#### Sistematização do Planejamento e Controle

Neste estudo, a falta de sistematização do planejamento e controle do processo de projeto trouxe como conseqüências a não continuidade das tarefas e a ocorrência de retrabalhos. A esse respeito, apesar da realização de reuniões entre a equipe interfuncional para o desenvolvimento dos projetos, observou-se que a definição de atividades para os projetistas, a identificação de interdependências entre subsistemas e a análise de restrições ao desenvolvimento dos projetos não eram realizados formalmente. Sendo assim, ao final das reuniões não havia controle sobre o que havia sido programado: número de tarefas, quantidade de trabalho por projetista e o prazo para o desenvolvimento das atividades programadas. Como conseqüência, não era possível ao coordenador avaliar se essas tarefas haviam sido efetivamente cumpridas.

Entretanto, observou-se que a elaboração do plano de longo prazo de projeto, realizado pela gerência das construtoras, auxiliou a condução das reuniões de projeto. Isto pôde ser observado principalmente a partir do momento em que o coordenador de projeto passou a utilizar este plano como referência ao estabelecimento da seqüência das atividades de projeto, de acordo com as prioridades da produção.

Assim, por solicitação do coordenador de projeto, os representantes das construtoras passaram a atualizar este plano semanalmente e encaminhá-lo às reuniões de projeto.

Em relação a esse plano, observou-se que os gerentes envolvidos no planejamento apresentaram dificuldades na identificação de eventos da produção e do conteúdo de projeto associado a esse evento. Contudo, essa atividade é relativamente recente dentre as práticas de planejamento utilizadas e por isso requer ser melhor estudada em outras pesquisas, principalmente em relação ao estabelecimento do conceito de eventos de produção e da relação entre conteúdo de projeto associados a esses eventos.

Para o planejamento de médio prazo de produção, corroborando Ballard (2000b) e também os resultados do EC1, foram constatadas dificuldades de visualização das tarefas para horizontes de planejamento superiores a três semanas, assim como de identificação de restrições associadas aos planos elaborados. Neste caso, essa dificuldade foi causada principalmente pela falta do plano de longo prazo de produção e pela inexistência dos projetos de fundações nas primeiras semanas de execução do empreendimento. Em relação a falta do plano de longo prazo, a dificuldade era relacionada à identificação da meta a ser cumprida. Quanto aos projetos, a dificuldade era associada a falta de informações para a visualização dos fluxos para as diferentes frentes de trabalho.

Também em relação ao planejamento de médio prazo de produção, observou-se que a periodicidade quinzenal dessas reuniões dificultava o controle sobre a remoção das restrições, dado que a maioria destas restrições eram identificadas para a primeira e segunda semana do horizonte de planejamento de médio prazo. Sendo assim, nas reuniões de planejamento de curto prazo de produção, realizadas após a reunião de planejamento de médio prazo, o gerente não sabia ao certo quais restrições haviam sido removidas. Assim, este controle passou a ser realizado semanalmente pelo engenheiro de planejamento, com a finalidade de assegurar que as atividades associadas a essas restrições pudessem ser planejadas em nível de curto prazo.

Em relação ao planejamento de curto prazo de produção, constatou-se que a forma como foram elaborados os planos pode auxiliar na definição das atividades no planejamento de curto prazo de projeto em lotes de informação reduzidos. Em se tratando disto, observou-se que devido à inexistência do projeto executivo de lamelas<sup>26</sup>, o gerente de contratos passou a solicitar, diretamente ao projetista, a entrega destes segundo a ordem e quantidade de lamelas a serem executadas.

Apesar da resistência do projetista em entregar os projetos em pequenas partes, observou-se que nas reuniões de curto prazo de produção o projetista entregou lotes de informações que continham apenas parte do total de lamelas a serem projetadas. Isso ocorreu porque, em alguns casos, o projetista não

---

<sup>26</sup> Lamelas são elementos estruturais que em conjunto formam uma cortina de contenção.

dispunha de informações de canteiro de obras, necessárias ao desenvolvimento e detalhamento do projeto de algumas lamelas. Essas informações, eram relacionadas à escavação das lamelas, que somente podiam ser disponibilizadas à medida da execução.

Com isso, constatou-se que apesar da entrega em lotes reduzidos significar uma mudança na forma de trabalho dos projetistas, existem benefícios da sua utilização. Neste estudo, isto pode ser notado principalmente pelo aumento da eficácia do planejamento de curto prazo de produção. Além disso, corroborando Reinertsen (1997), essa foi uma maneira para lidar com a incerteza e a interdependência entre o projeto e a execução. Constatou-se também que a entrega de projetos em lotes reduzidos melhora o efeito aprendizagem, uma vez que o projetista pode ser retroalimentado com informações sobre dificuldades de execução simultaneamente ao desenvolvimento dos projetos ainda não elaborados. Além disso, essa forma de trabalho possibilita a redução do esforço de trabalho concentrado, uma vez que os projetos são entregues à medida da necessidade.

Por fim, constatou-se que, de maneira geral, a realização de pré-planos, e isso se estende à elaboração das listas de restrições de projeto no planejamento da produção, representam benefícios, uma vez que tornam as reuniões de planejamento mais objetivas, tanto de projeto como de produção. Além disso, possibilitam que as reuniões sejam mais breves ou que sejam dispensados os participantes para os quais não exista assunto pendente, dada a identificação prévia do escopo da reunião.

#### **Explicitação e Definição dos Papéis**

Com a realização dos estudos de caso 01, 02 e 03 constatou-se que a definição clara do escopo de contratação é imprescindível ao bom andamento das atividades de projeto e de produção. Neste estudo, constatou-se que além do escopo, também é necessária a definição dos papéis de cada pessoa envolvida. Em se tratando disto, observou-se que a indefinição do responsável pela realização da compatibilização dos projetos, levou o arquiteto a fazê-la voluntariamente apenas para facilitar o desenvolvimento do projeto de arquitetura e não com o propósito de liberar os projetos para a execução. Como consequência disso, houve um atraso na realização das escavações das fundações, pela falta de projetos de arquitetura e de estrutura compatibilizados.

Em relação à coordenação das reuniões de planejamento de curto prazo de produção, observou-se a sobreposição dos papéis do gerente de obra e do engenheiro de planejamento. Nesse caso, além das conversas paralelas relacionadas a assuntos diferentes, tratados simultaneamente, observou-se que, algumas vezes, esses profissionais realizavam a mesma tarefa, com objetivos diferentes. Por exemplo, o gerente de obra algumas vezes elaborava o planejamento de maneira convencional, desconsiderando as metas previamente estabelecidas, enquanto o engenheiro de planejamento planejava sem ter retroalimentação de informações do canteiro de obras.

No que se refere à indefinição dos papéis, observou-se também que informações de canteiro de obras, tais como o levantamento dos níveis antes e após as escavações, eram utilizadas constantemente no desenvolvimento dos projetos. Contudo, apesar de muitas dessas informações serem essenciais a vários projetos, não havia definição do responsável pelo levantamento destas.

#### **Definição das Formas para a Troca de Informação**

Evidenciando os resultados do EC1, constatou-se que a definição do formato da informação a ser trocada é importante e deve ser realizada já nas primeiras fases do PDP, quando ainda estão sendo definidos os intervenientes. Devem ser estabelecidos, além dos padrões de comunicação das informações, os meios de divulgação destas. Em relação a isso, neste estudo observou-se a existência de dificuldades dos mestres-de-obras e do engenheiro de planejamento na leitura e utilização dos projetos, geralmente apresentados em pranchas relativamente grandes. Além disso, a utilização de escalas diferentes de desenho, dificultou a compatibilização dos mesmos e, até a definição de um padrão, foi necessário redesenhar alguns dos projetos. Depois de estabelecido um padrão, já na fase projeto executivo, houve retrabalho relacionado aos ajustes dos desenhos ao padrão definido.

#### **Estabelecimento de Vínculos Contratuais**

Constatou-se que o comprometimento relacionado à execução das atividades pode ser melhorado pelo estabelecimento de vínculos contratuais adequados. Isto pôde ser observado na contratação do projetista de estruturas pela construtora. Este projetista foi contratado a fim de revisar os projetos iniciais, elaborados sob a contratação do cliente final. Essa segunda contratação foi viabilizada principalmente pela identificação de possibilidades de redução de consumo de concreto e aço e, conseqüentemente, dos custos das estruturas. A vinculação contratual entre a empresa construtora e o projetista resultou na revisão adequada do projeto e também na entrega do mesmo em pequenos lotes, nos prazos estabelecidos conforme a prioridade dos planos de médio e curto prazo.

Por outro lado, a inexistência de vínculos contratuais entre a construtora e os demais projetistas fazia com que as demandas por projetos, observadas no planejamento da produção, não fossem consideradas no estabelecimento de prioridades de desenvolvimento do projeto em algumas situações. Evidência disso foi verificada a partir de atrasos na entrega dos projetos de cortinas de contenção, que resultaram em alterações nos planos de curto prazo da produção. Neste caso, o projetista foi contratado pelo cliente final que não mantinha controle sobre a prioridade dos projetos a serem desenvolvidos, apesar de ser orientado pelas listas de restrições de projeto encaminhadas ao coordenador de projeto.

Neste sentido, constatou-se que o planejamento de médio prazo de produção, através das listas de restrições, passou a exercer a função de proteção contratual da empresa contra a falta ou atraso de projetos. Dado que o contrato entre construtora e cliente final não permitia alteração da data de

finalização do empreendimento que não fosse justificável, o não cumprimento das atividades de produção devido a projeto passou a ser de responsabilidade do cliente.

### **Reunião da Equipe Interfuncional**

Neste estudo, observou-se que a reunião da equipe interfuncional, assim como as reuniões entre a gerência de execução da obra com os gerentes das subempreiteiras, facilitou o processo de tomada de decisão. A esse respeito observou-se que as discussões realizadas nas reuniões de planejamento e controle de projeto e produção não eram limitadas a elaboração dos planos. Muitas vezes, as discussões envolviam problemas com definição de soluções técnicas de projeto e execução, as quais foram resolvidas em função da presença dos responsáveis pela tomada de decisão.

Além disso, a participação nas reuniões dos membros da equipe interfuncional responsáveis pela tomada de decisão possibilitou a redução do tempo de desenvolvimento de soluções de projeto. Quanto a isso, pode-se citar o exemplo relacionado à definição dos procedimentos para a execução das paredes da sala de radioterapia, cuja definição cabia ao fornecedor dos aparelhos radioterápicos. Nesse caso, a especificação no projeto era de uma parede de concreto com cerca de 40cm de espessura. Devido ao comprimento e altura dessa parede, o volume de concreto a ser utilizado era muito grande. Para o gerente de obra, devido à pressão que esse volume poderia exercer nas formas de concretagem, a execução somente poderia ser realizada em duas etapas. Entretanto, para o cliente de manutenção e operação, essa estratégia de execução poderia causar micro-fissuras na parede, que por sua vez, permitiriam o vazamento de radiação. Assim, ao longo da reunião de projeto foram discutidas várias soluções alternativas, mas nenhuma foi adotada, devido à incerteza existente sobre o assunto. Então, o coordenador de projeto marcou uma reunião com o representante do fornecedor, que foi realizada somente uma semana depois da discussão. Em função deste problema, o projeto de fundações também foi paralisado, pois essa informação era imprescindível ao desenvolvimento deste.

Com a realização do EC4, também foi possível observar que a tomada de decisão ocorria de forma fragmentada. Em se tratando disso, constatou-se que decisões relacionadas à definição do produto eram tomadas tanto pelo coordenador de projeto como pelos representantes dos clientes usuários. Casos em que o coordenador de projeto não tinha certeza sobre os requisitos e necessidades dos clientes usuários, como o programa de necessidades dos três primeiros pavimentos do Centro Médico, era necessária a consulta e aprovação pelos representantes destes. Dado que estes representantes não participavam das reuniões, as propostas elaboradas eram encaminhadas a estes pelo coordenador. Caso estas não fossem aprovadas, eram encaminhadas novamente aos projetistas, gerando o ciclo de alterações e correções descrito por Prasad (1996).

O mesmo ocorreu em relação a decisões relacionadas à definição de processos produtivos. Neste caso, as decisões eram tomadas tanto pelos representantes da construtora, como pelo cliente de

manutenção e operação. Também neste caso, a fragmentação gerou ciclos de alterações e correções, observados nas reuniões de projeto.

## 6 CONCLUSÕES

### 6.1 CONCLUSÕES, DIRETRIZES E RECOMENDAÇÕES

A presente dissertação teve como escopo o estudo do planejamento integrado dos processos de projeto e produção no processo de desenvolvimento do produto. Para isso, foram investigadas possibilidades para a identificação e definição e demandas de informações de projeto por parte do próprio processo de projeto e também pela produção, com o intuito de reduzir a incerteza e a variabilidade no fluxo de trabalho. Essas possibilidades foram buscadas através da adaptação e desenvolvimento de ferramentas que tornassem possível a realização de tais tarefas.

Corroborando Tzortzopoulos (1999) e Fabrício (2002), foi constatado a partir dos quatro estudos que, no caso de empresas construtoras contratadas para o desenvolvimento do produto em obras de clientes privados, este processo muitas vezes ocorre de forma fragmentada, sendo comum à realização das fases preliminares sem a participação da organização que é a principal responsável pela coordenação do desenvolvimento do produto. Isso constitui um problema, à medida que surgem diversos ciclos de correção na fase de projeto.

Outro problema observado foi a falta de pontos de controle para a avaliação do desenvolvimento do produto como um todo. Concordando com Prasad (1996), neste estudo observou-se que nos processos simultâneos os projetos de subsistemas evoluem gradualmente em tempos distintos. Sendo assim, torna-se difícil evitar que as propostas de projeto em desenvolvimento desviem do conceito do produto, inicialmente estabelecido, o que tem como consequência retrabalhos e prolongação do *lead time* de desenvolvimento.

Sobre o planejamento das atividades de projeto e produção a partir da adaptação do *Last Planner System* concluiu-se ser esta uma alternativa a redução da variabilidade e incerteza do PDP na construção civil em empreendimentos rápidos, complexos e com alto grau de incerteza envolvido. Dentre os benefícios observados de sua aplicação, verificou-se o aumento da eficácia e da transparência do processo de projeto. Neste estudo, corroborando Koskela et al., 1997, Miles, 2002,

Ballard, 1999, Tzortzopoulos et al., 2001, o aumento da eficácia foi proporcionado pela identificação e negociação das atividades de projeto a serem realizadas e dos prazos de realização destas. Do mesmo modo, a transparência foi obtida pela formalização da programação e do uso de indicadores.

Além dessas melhorias, também se observou ao longo do desenvolvimento do produto o aumento do comprometimento das equipes. Principalmente nos estudos EC1 e EC3, o comprometimento foi melhorado pela integração da equipe interfuncional e pela forma com a qual foram estabelecidos os vínculos contratuais e os papéis dos profissionais envolvidos.

Contudo, é necessário dar continuidade ao esforço de pesquisa relacionado à adaptação deste modelo ao PDP, nos três níveis de planejamento, longo, médio e curto prazo.

Com relação ao planejamento de longo prazo de projeto, não foi possível estabelecer ligação entre as metas deste plano com o plano elaborado em nível de curto prazo de projeto. Além disso, foram observadas dificuldades na geração dos planos de longo prazo, sendo estas principalmente relacionadas com a indefinição sobre o conceito de evento de produção e do conteúdo de projeto necessário a execução destes eventos.

Quanto ao planejamento de médio prazo de projeto de projeto, a partir da realização dos estudos de caso 01 e 03, constatou-se que a sua realização em conjunto com o plano de curto prazo representa um caminho para facilitar a implementação e a adaptação do modelo, dada a interdependência entre os projetos de subsistemas. Entretanto sua aplicação neste trabalho foi bastante restrita, sendo necessários mais estudos para a melhor compreensão deste nível de planejamento.

No que refere ao planejamento e controle de curto prazo de projeto, observou-se ser este apropriado ao planejamento e controle do processo de projeto em todas as fases do PDP, desde a concepção do produto a ser desenvolvido. Isto foi evidenciado pela forte interação entre a equipe interfuncional nas reuniões de planejamento, nas quais se discutiam, além dos planos, questões de ordem técnica e relacionadas à explicitação de requisitos que favoreceram o aumento da eficácia e da eficiência do PDP.

Todavia, o planejamento das atividades de projeto em lotes reduzidos de informação, constitui-se de uma alteração na forma convencional com a qual os projetistas desenvolvem os projetos (grandes lotes). Em função disto, existem resistências por parte de projetistas na sua utilização, conforme se pôde observar nos estudos realizados.

Quanto a utilização de indicadores de desempenho, apenas foi utilizado o PPC de projeto e a identificação das causas dos problemas, cuja análise é dificultada pela dinâmica do ambiente de planejamento de projeto com múltiplos profissionais envolvidos. Constatou-se também que o PPC por projetista não é adequado à medição do grau de comprometimento destes nos casos em que a interdependência entre as atividades de projeto não é explicitada.



Em relação ao planejamento e controle da produção, os problemas observados também tinham relação com a ligação das metas estabelecidas no longo prazo com os planos de curto prazo. Citando novamente Prasad (1996), a eficácia no cumprimento de uma parte, verificada na execução dos planos de curto prazo de produção, não garante o mesmo em relação ao todo. Assim, apesar do controle exercido em nível de curto prazo e das constantes atualizações do cronograma de longo prazo, não é possível avaliar se a forma como eram estabelecidos os planos garante o cumprimento das metas estabelecidas para o empreendimento.

Quanto ao planejamento de médio prazo de produção, constatou-se que os gerentes responsáveis pela sua realização têm dificuldades em planejar atividades e identificar restrições para horizontes superiores a três semanas. Além disso, independentemente do horizonte, constatou-se também que esses gerentes têm dificuldades em identificar as restrições associadas aos planos elaborados. Em se tratando disto, observou-se que a participação de diferentes pessoas (mestres-de-obras, projetistas e fornecedores de subsistemas) na realização das reuniões de planejamento, assim como a elaboração de pré-planos contribuiu para minimizar este problema. Adicionalmente, observou-se que a participação do fornecedor de subsistemas no planejamento favoreceu a retroalimentação das informações relacionadas a demandas de projeto observadas na produção e conseqüentemente a redução da prática de tomada de decisão sobre o produto em canteiro de obras, citada por Picchi (1993).

Sobre a integração entre o planejamento das atividades de projeto e produção, constatou-se ser viável e necessária, principalmente nos contextos em que foram realizadas as edificações estudadas. Em empreendimentos complexos, nos quais a dinâmica dos processos é influenciada constantemente pelas interferências entre esses processos, o próprio planejamento integrado constitui uma forma de exercer controle sobre essas interferências.

Também sobre a integração do planejamento e controle dos processos de projeto e produção, observou-se que o envolvimento antecipado da equipe interfuncional, incluindo representantes da produção, é favorável a resolução de problemas inerentes PDP, conforme sugerido por Clark e Wheelwright (1993) e Crawford e Benedetto (2000). Nos estudos EC1, EC3 e EC4, isso ocorreu principalmente em relação a problemas para os quais a tomada de decisão sobre um determinado assunto era de responsabilidade de agentes distintos. A participação do gerente de produção nas reuniões de projeto também favoreceu a resolução de problemas, possibilitando que parte da incerteza relacionada à consideração de requisitos desse processo fosse reduzida.

Além disso, com a realização dos estudos EC1 e EC4, observou-se que o planejamento de médio prazo de produção e análise de restrições constituiu o principal ponto de ligação entre o planejamento e controle de projeto e produção. Sobre isso, a possibilidade de encaminhar as restrições relacionadas à elaboração de projetos, do produto ou do processo, aos responsáveis e em tempo adequado ao seu desenvolvimento antes da execução, constitui um dos maiores benefícios.

Além disso, a ligação entre projeto e produção também pode ser conseguida pelo estabelecimento de metas de projeto a partir da consideração das metas de produção durante a elaboração do plano de longo prazo de projeto.

Adicionalmente, observou-se com a realização dos estudos em paralelo, que a introdução de práticas voltadas à gestão de requisitos do cliente, da informação e da segurança, assim como a utilização de modelos computacionais, contribui para a redução da incerteza e por isso merecem maiores investigações das suas relações com o planejamento do PDP.

## **6.2 DIRETRIZES PARA O PLANEJAMENTO INTEGRADO DOS PROCESSOS DE PROJETO E PRODUÇÃO**

Baseado na realização dos quatro estudos de caso foi proposto um conjunto de diretrizes para o planejamento integrado dos processos de projeto produção, as quais estão apresentadas a seguir:

### **6.2.1 Análise do Estágio de Desenvolvimento do Produto**

Dado que no PDP da construção civil, a concepção do produto muitas vezes envolve somente o arquiteto e o cliente, o primeiro passo para integrar o planejamento e controle dos processos de projeto e produção é relacionado ao entendimento do estágio de desenvolvimento que se encontra o produto. Desse modo, é necessário identificar as equipes e pessoas já envolvidas, as relações contratuais existentes entre elas, o papel delas em relação à tomada de decisão e o trabalho já realizado por elas. Neste último caso, sendo necessário identificar as informações e requisitos que foram considerados no desenvolvimento dessa primeira fase, a fim de repassar estas informações aos participantes das etapas subsequentes.

Paralelamente, é necessário identificar as pessoas a serem envolvidas e captar seus requisitos, tanto relacionados ao produto quanto ao processo, a fim de que estes também sejam considerados no desenvolvimento do produto pelos diversos intervenientes.

A identificação das pessoas envolvidas com a tomada de decisão e compromete-las com o planejamento e controle integrado é vital para evitar a formação de gargalos no processo de planejamento e controle. Observadas essas condições, é possível estabelecer a forma de atuação de cada um e definir o processo de planejamento e controle, levando-se em consideração a disponibilidade e a capacidade de trabalho dos envolvidos.

### **6.2.2 Formação da Equipe Interfuncional**

Depois de analisado o estágio de desenvolvimento, a equipe interfuncional deve ser complementada em relação às equipes ainda não participantes. Desde as primeiras contratações, deve-se buscar o comprometimento das equipes interdisciplinares com planejamento e controle do PDP ao longo de

**todas as fases desse processo.** O comprometimento pode ser obtido pelo estabelecimento de vínculos contratuais ou de parcerias entre as equipes e o coordenador do desenvolvimento do produto.

Sobre a formação das equipes de projeto e produção, devem estar claros os papéis a serem exercidos individualmente pelos envolvidos. Para isso, deve-se buscar a definição do escopo de atuação, do conteúdo de trabalho a ser desenvolvido e da forma com a qual serão planejadas as atividades a serem desenvolvidas por estes.

Em edificações rápidas e complexas como as estudadas, a participação do cliente final na equipe interfuncional mostrou-se benéfica e essencial ao planejamento, principalmente em relação ao processo de tomada de decisão e à identificação dos requisitos durante o PDP. Assim, também é recomendável que este seja comprometido com o planejamento. Cabe lembrar que, como apresentado no item 6.1, a própria formalização do planejamento pode exercer o papel de envolver o cliente, uma vez que as causas do não cumprimento podem ser atribuídas a ausência deste no processo de tomada de decisão.

Também foi possível observar, através do acompanhamento das reuniões de planejamento de projeto e produção do EC1, que a contratação de equipes fornecedoras de subsistemas favoreceu a encaminhamento das demandas de projeto observadas na produção ao longo de toda a execução. Do mesmo modo, esta forma de contratação favoreceu a retroalimentação de projeto. Isso ocorreu devido a permanência de representantes do fornecedor no canteiro de obras durante todo o período de execução do subsistema a ele relacionado.

### **6.2.3 Sistematização do Processo de Planejamento e Controle**

Durante o processo de formação da equipe, sugere-se que o processo de planejamento e controle seja estabelecido de forma consensual de acordo com as possibilidades de envolvimento dos participantes. Devem ser estabelecidos: o número de reuniões entre toda a equipe interfuncional e entre equipes de áreas afins, a periodicidade dessas reuniões, a forma pela qual serão estabelecidos os planos e a forma como será exercido o controle.

Os benefícios proporcionados pela realização de reuniões periódicas puderam ser observadas com a realização dos estudos EC1 e EC3. Nestes estudos, observou-se a ocorrência de ciclos de alteração e correção de projeto em número reduzido, principalmente devido à participação dos tomadores de decisão no processo de planejamento de projeto e produção, a explicitação de requisitos de clientes internos proporcionada pela interação entre a equipe interfuncional nas reuniões, a discussões sobre questões técnicas e relacionadas a interfaces entre subsistemas, e a aprendizagem devida à retroalimentação de informações relacionadas a problemas ocorridos ao longo do PDP.

Em se tratando da integração do planejamento e controle dos processos de projeto e produção, da concepção à entrega do produto, observou-se no EC1 que as reuniões para o planejamento e controle

de projeto foram concluídas muito antes da conclusão do empreendimento. Assim, é necessário estabelecer, desde o início do PDP, a forma e os meios através dos quais serão encaminhadas, aos projetistas, as demandas de projeto identificadas na produção, identificadas durante o período em que as reuniões de planejamento de projeto não estejam sendo realizadas.

#### **6.2.4 Tecnologia de Informação**

Conforme abordado no item 4.5.7, o desenvolvimento de uma sistemática mais eficiente para a troca de informações entre os participantes do PDP é de extrema importância. Em relação ao planejamento integrado, isso diz respeito ao estabelecimento de padrões de interoperabilidade, de representação dos projetos, e do meio de troca de informação entre os envolvidos. Em se tratando disso, dada a dinâmica dos empreendimentos rápidos, a eficácia do planejamento está associada a eficácia na troca de informação e a utilização de uma sistemática poderá evitar atrasos no desenvolvimento dos trabalhos e facilitar o processo de definição do projeto, de tomada de decisão e de rastreamento e retroalimentação de informações inerentes ao PDP.

#### **6.2.5 Elaboração dos Planos**

Em relação à elaboração dos planos, recomenda-se que estes sejam divididos de acordo com o nível em que a tomada de decisão é realizada (longo, médio e curto prazos). Dividir o planejamento e controle do PDP de acordo com esses níveis, significa dividir também a tomada de decisão, facilitando a coordenação deste processo. Quanto a isso, é recomendável que a definição das metas de projeto e produção sejam estabelecidas em conjunto, ou seja, considerando a capacidade de produção das equipes de projeto em atender as demandas identificadas na produção. A definição de metas inclui também a definição dos pontos de controle ao longo do PDP e a forma como cada fase será desenvolvida, em que nível de detalhamento e como será avaliada após a sua conclusão.

Especificamente em relação à adaptação do *Last Planner System* para o planejamento e controle de projeto, os planos devem buscar definir da melhor forma possível o conteúdo a ser entregue. No EC1, constatou-se que a associação do plano de projeto com a atividade de produção a ser executada facilita essa definição. Além disso, dada a interdependência entre as atividades de projeto, recomenda-se a elaboração dos planos juntamente à análise de restrições. Nesse caso, o horizonte analisado deve ser superior a uma semana afim de proporcionar tempo para a remoção das restrições identificadas.

Ainda em relação ao planejamento e controle de curto prazo de projeto, em empreendimentos cujos projetos são desenvolvidos simultaneamente à produção, deve-se dar ênfase à redução do tamanho do lote informação. Observou-se nos estudos EC1 e EC3 que a utilização de lotes de informação reduzidos proporcionam o aumento da velocidade de processamento da informação, essencial a esse tipo de empreendimentos.

Sobre o planejamento de médio prazo da produção, dadas as dificuldades na elaboração dos planos e na identificação de restrições, complementarmente recomenda-se que, no planejamento de longo prazo de produção, seja realizada a análise sistemática de componentes com longos *lead times* de fabricação a fim de identificar e remover as restrições associadas a estes.

Quanto ao planejamento de médio prazo de projeto, verificou-se que este assunto necessita o desenvolvimento de outros estudos, uma vez que sua utilização é relativamente recente e, por isso, existem poucos relatos sobre sua aplicação. Neste trabalho, sua aplicação foi bastante restrita, mas constatou-se que a elaboração dos planos deve ser realizada em conjunto com os planos de curto prazo de projeto, devido a interdependência entre as atividades desse processo.

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

Com a realização deste trabalho constatou-se algumas lacunas e oportunidades para a realização de novos estudos relacionados ao planejamento e controle integrado dos processos de projeto e produção, as quais são apresentadas a seguir:

- a) Desenvolver pesquisas relacionadas ao aprimoramento do planejamento e controle do processo de projeto em nível de médio prazo.
- b) Desenvolver estudos voltados a investigar fatores que contribuem e dificultam a implementação do planejamento e controle integrado de projeto e produção.
- c) Desenvolver métodos e ferramentas para vincular a elaboração de planos de curto prazo de projeto com as metas de longo prazo.
- d) Desenvolver indicadores de desempenho para o planejamento e controle do processo de projeto.
- e) Investigar meios para quantificar temporal e financeiramente os ganhos obtidos pela utilização do planejamento integrado.
- f) Estudar a aplicação do planejamento e controle integrado em outros tipos de empreendimentos de construção.

---

## 7 REFERÊNCIAS

ABETTI, P.A. Impact of technology on functional roles and strategies: illustrative cases in the USA, Japan and France, and lessons learned. **International Journal of Technology Management**, Geneva, Special Issue on Technological Responses to Increasing Competition, v. 9, n. 5/6/7, p. 529-546, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 9001: sistemas de gestão da qualidade: requisitos. Rio de Janeiro, 1994.

ALARCÓN, L. The importance of research to develop lean construction. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 2., 1997, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: [s.n.], 1997.

ALARCÓN, L.; DIETHELMAND, S.; ROJO, O. Collaborative Implementation of Lean Planning Systems in Chilean Construction Companies. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10. , 2002, Gramado, Brazil. **Proceedings...** Porto Alegre: UFRGS; IGLC, 2002. p. 541-551.

ALVARENGA, A.; CALMON, J.L. Industrialização da Construção Civil: o uso de ferramentas CAD 3D para elaboração de projetos para a produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2002.

ALVES, T.C.L. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras**: proposta baseada em estudos de casos. 2000. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13531**: Elaboração de projetos de edificações: atividades técnicas. Rio de Janeiro, 1995.

AUSTIN, S.; BALDWIN, A.; LI, B.; WASKETT, P. Analytical Design Planning Technique (ADePT): A Dependency Structure Matrix Tool to Schedule the Building Design Process. **Construction Management and Economics**, London, v. 18, p. 173-182, 2000.

---

BALLARD, G. Can pull techniques be used in design management. In: CONCURRENT ENGINEERING IN CONSTRUCTION CONFERENCE, 1999, Espoo, Finland. **Proceedings...** Espoo, Finland: CIB TG33; VTT, 1999.

BALLARD, G. Lookahead Planning: the missing link in production control. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 5., 1997, Gold Coast, Australia. **Proceedings...** Gold Coast: IGLC, 1997. p. 13-25.

\_\_\_\_\_. **The Last Planner System of Production Control**. 2000. Thesis (Doctor of Philosophy) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham, Birmingham, 2000a.

\_\_\_\_\_. Managing work flow on design projects. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DESIGN MANAGEMENT IN THE ARCHITECTURAL AND ENGINEERING OFFICE, 2000, Atlanta, US. **Proceedings...** Atlanta: CIB W096, 2000b.

BALLARD, G.; HOWELL, G. **Implementing Lean Construction**: improving downstream performance. In: ANNUAL CONFERENCE OF INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 2., 1994, Santiago, Chile. **Proceedings...** Santiago: IGLC, 1994.

\_\_\_\_\_. Shielding Production: an essential step in production control. **Journal of Construction Engineering and Management**, New York, v. 124, n. 1, p. 18-24, Jan. 1998.

BALLARD, G.; KOSKELA, L. On the Agenda of Design Management Research. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6., 1998, Guarujá, SP. **Proceedings...** Porto Alegre, UFRGS, 2002.

BALLARD, G.; TOMMELEIN, I.; KOSKELA, L.; HOWELL, G. Lean Construction Tools and Techniques. In: BEST, R; DE VALENCE, G. (Eds.) **Design and Construction**: building in value. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. Chapter 15, p. 227 - 255.

BARROS NETO, J.P. **Proposta de modelo de formulação de estratégias de produção para pequenas empresas de construção habitacional**. 1999. Tese (Doutorado em Administração) - Programa de Pós-Graduação em Administração, Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BERNARDES, M.M.S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia) – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BUSS, C.O.; CUNHA, G.D. Análise de Marketing no Desenvolvimento de Produtos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO, 3., 2001, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2001.

---

CASAROTTO FILHO, N.; FÁVERO, J.S.; CASTRO, J.E.E. **Gerência de Projetos/Engenharia Simultânea**: organização, planejamento, Programação, Pert/COM, Pert/Custos, Controle e Direção. São Paulo: Atlas, 1999.

CLARK, K.B.; FUJIMOTO, T. **Product Development Performance**: strategy, organization, and management in the world auto industry. Boston, Mass: Harvard Business School Press. 1991.

CLARK, K.B.; WHEELWRIGHT, S.C. **Managing New Product and Process Development**: text and cases. New York: Harvard Business School, 1993.

COLES, E.J. **Design Management**: a study of practice in the building industry. London: The Chartered Institute of Building, 1990. 32 p. (Ocasional Paper, n. 40).

CRAWFORD, C.M.; BENEDETTO, C.A. **New Products Management**. International Edition. Boston: MacGraw Hill, 2000.

CROSS, N. **Engineering design methods**: strategies for product design. 2nd ed. London: Wiley, 1994. 179p.

\_\_\_\_\_. Natural Intelligence in design. **Design Studies**, Oxford, v. 20, n.1, p 25-39, Jan. 1999.

CUNHA, G.; BUSS, C. **Desenvolvimento do Produto**. Porto Alegre: PPGE/EE/UFRGS, 2001. (Apostila de Aula).

FABRÍCIO, M.M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FORMOSO, C.T.; BERNARDES, M.M.S.; OLIVEIRA, L.F.M.; OLIVEIRA, K.A. **Termo de Referência para o Processo de Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras**. Porto Alegre: NORIE/PPGEC/UFRGS, 1999.

FROESE, T.; YU, K.; LISTON, K.; FISCHER, M. System Architectures for AEC Interoperability. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION INFORMATION TECHNOLOGY, 2000, Reykjavik, Iceland. **Proceedings...** Reykjavik, Iceland: CIB W078, Icelandic Building Research Institute, 2000. v. 1, p. 362-373.

GARCIA MESEGUER, A. **Controle e garantia da qualidade na construção**. São Paulo: SINDUSCON / Sindicato da Indústria da Construção Civil de Grandes Estruturas no Estado de São Paulo, 1991.

GOLDSCHMIDT, G. The Designer as a Team of One. In: CROSS, N.; CHRISTIAANS, H.; DORST, K. **Analyzing Design Activity**. England, John Wiley & Sons, 1996. p.65-91.

GRAY, C.; HUGES, W.; BENNETT, J. **The successful management of design**. Reading: Centre for Strategic Studies in Construction, University of Reading, 1994. 100p.



---

GUNASEKARAM, A.; LOVE, P.R.D. Agile Construction: an alternative paradigm for improving the competitiveness of construction. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION PROCESS RE-ENGINEERING, 1997, Gold Coast, Australia. **Proceedings...** Brisbane, Australia: Griffith University, 1997. p.303-313.

GUS, M. **Método para a concepção de sistemas de gerenciamento da etapa de projetos da Construção Civil**: um estudo de caso em empresa de incorporação e construção de edifícios em Porto Alegre. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

HUOVILA, P.; KOSKELA, L.; LAUTANALA, M. Fast or concurrent: the art of getting construction improved. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean Construction**. Balkema: Rotterdam, 1997a. p 143-160.

HUOVILA, P.; KOSKELA, L.; LAUTANALA, M.; PIETILÄINEM, K.; TANHUNPÄÄ, V. **Use of the design structure matrix in construction**. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean Construction**. Balkema: Rotterdam, 1997b.

HUOVILA, P.; SERÉN, K.J. Customer-oriented design for construction projects. **Journal of Engineering Design**, Essex, v. 9, n. 3, p. 225-238, Sept. 1998.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION. PERFORMANCE CONCEPT IN BUILDING (CIB/W60). **Working with the performance approach in building report**. Rotterdam, Netherlands, 1982. 30p. (CIB Publication, n. 64).

JACQUES, J.J. **Contribuições para a gestão da definição e transmissão de informações técnicas no processo de projeto**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

KAGIOGLOU, M.; LEE, A.; COOPER, R.; CARMICHAEL, S.; AOUAD, G. Mapping the production process: a case study. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10., 2002, Gramado, RS. **Proceedings...** Porto Alegre: UFRGS; IGLC, 2002.

KAMARA, J.M. et al. Client Requirements Processing in Construction: A New Approach Using QFD. **Journal of Architectural Engineering in Construction**, New York, v. 5, n. 1, p. 8-15, Mar. 1999.

KAMARA, J.M. et al. Considerations for the effective implementation of concurrent engineering in construction. In: CONCURRENT ENGINEERING IN CONSTRUCTION, 1997, London. **Proceedings...** London: The Institution of Structural Engineers, 1997. p. 33-44.

KOO, B.; FISCHER, M. Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, New York, v. 126, n. 4, p. 251-260, 2000.

---

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. 296 f. Thesis (Doctor of Technology) - Technical Research Center of Finland, VTT Building Technology, Helsinki, 2000.

\_\_\_\_\_. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Stanford, CA: Center for Integrated Facility Engineering; Stanford University, 1992. (Technical Report, n. 72).

KOSKELA, L.; BALLARD, G.; TANHUANPÄÄ, V.P. **Towards Lean Design Management**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 2., 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n], 1997.

KOSKELA, L.; HOWELL, G.; BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. The foundations of lean construction. In: BEST, R; DE VALENCE, G. (Eds.) **Design and Construction: building in value**. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. Chapter 14, p. 211 - 226.

KOSKELA, L.; HUOVILA, P. On Foundations of Concurrent Engineering. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCURRENT ENGINEERING IN CONSTRUCTION, CEC'97, 1997, London. **Proceedings...** London: The Institution of Structural Engineers, 1997. p. 22-32.

KOTLER, P. **Administração de Marketing: análise, planejamento, implementação e controle**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1998.

LANTELME, E.M.V. **Proposta de um sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil**. 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

LAUFER, A.; DENKER, G.; SHENHAR, A. Simultaneous Management: the key to excellence in capital projects. **International Journal of Project Management**, Guildford, v. 4, n. 4, p. 189-199, 1996.

LAUFER, A.; TUCKER, R.L. Competence and timing dilemma in construction planning. **Construction Management and Economics**, London, n. 6, p. 339-355, 1988.

LAUFER, A.; TUCKER, R.L. Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, London, n. 5, p. 243-266, 1987.

LEVITT, T. **Imaginação de Marketing**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1990.

MACPHERSON, S.J.; KELLY, J.R.; WEBB, R.S. How designs develop: insights from case studies in building engineering services. **Construction Management and Economics**, London, v. 11, p.475-485 April, 1993.

MARCHESAN, P.R.C. **Modelo Integrado de Gestão de Custos e Controle da Produção para Obras Civis**. 2001 Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Núcleo Orientado para a Inovação da

---

Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MARKUS, T.; ARCH, M. Optimisation by evaluation in the appraisal of buildings. In: HUTTON, G.H.; DEVONALD, A.D.G. (Ed.). **Value in building**. London: Applied Science, 1973. p. 82-111.

MARTINEZ, J.C.; IOANNOU, P.G. General-Purpose Systems for Effective Construction Simulation. **Journal of Construction Engineering and Management**, New York, v. 125, n. 4, p. 265-276, July/Aug. 1999.

MILES, R.S. Alliance Lean Design / Construct on a Small High Tech Project. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6., 1998, Guarujá, SP. **Proceedings...** Porto Alegre: UFRGS; IGLC, 2002.

MIRON, L.I.G. **Proposta de diretrizes para o gerenciamento dos requisitos do cliente em empreendimentos da construção**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

MIRON, L.I.G.; ISATTO, E.L.; CODINHOTO, R.; FORMOSO, C.T. Gerenciamento do Processo de Desenvolvimento do Produto em Empreendimentos da Construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22.; INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND OPERATIONS MANAGEMENT, 8., 2002, Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba: ABEPRO, 2002.

NOVAES, C.C. **Diretrizes para garantia da qualidade do projeto na produção de edifícios habitacionais**. 1996. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

O'BRIEN, C.; SMITH, S.J. Design Maturity. In: SYAN, C.S.; MENON, U. (Ed.). **Concurrent Engineering: concepts, implementation and practice**. London: Chapman & Hall, 1994. p 75-87.

O'BRIEN, W.J. Implementation issues in project web-sites: a practitioner's viewpoint. **Journal of Management in Engineering**, New York, v. 16, n. 3, p. 34-39, May/June 2000.

OLIVEIRA, K.A.Z. **Desenvolvimento e Implementação de um Sistema de Indicadores no Processo de Planejamento e Controle da Produção**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

PAHL G.; BEITZ, W. **Engineering Design: a Systematic Approach**. London: Springer-Verlag, 1996.

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

---

PRASAD, B. **Concurrent Engineering Fundamentals**: integrated product and process organisation. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

REINERTSEN, D.G. **Managing the Design Factory**: a Product Development Toolkit. New York: The Free Press, 1997.

ROZENFELD, H.; AMARAL, D.C. **Conceitos Gerais de Desenvolvimento de Produto**. São Carlos: Grupo de Engenharia Integrada, Universidade Federal de São Carlos, 2001. Disponível em: <[http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos\\_port/pag\\_conhec/Desenvolvimento\\_de\\_Produto.html](http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/Desenvolvimento_de_Produto.html)>. Acesso em: 9 jul. 2002.

SANTOS, A.P.S.; BARROS NETO, J.P. Estudo Exploratório da Prática do Desenvolvimento de Estratégias em Empresas de Construção Civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22.; INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND OPERATIONS MANAGEMENT, 8., 2002, Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba: ABEPRO, 2002.

SAURIN, T.A. **Segurança e Planejamento**: um modelo para planejamento e controle integrados. 2002. 291 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SCHWEGLER, B.; FISCHER, M.; LISTON, K. **New Information Technology Tools Enable Productivity Improvements**. [S.l.]: Common Point, 2000. (Write Paper). Disponível em: [http://www.commonpointinc.com/customers/case\\_studies.html](http://www.commonpointinc.com/customers/case_studies.html). Acesso em: 2001.

SHIRLEY, V.G. Modular Design and the Economics of Design for Manufacturing. In: SUSMAN, G. (Ed.) **Integrating Design and Manufacturing for Competitive Advantage**. Oxford: Oxford University, 1992.

SMITH, R.P.; MORROW, J.A. Product development process modeling. **Design Studies**, Oxford, v. 20, p. 237-261, 1999.

SOARES, A. **Diretrizes para a manutenção e aprimoramento do modelo de gestão**. 2003. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Civil) – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SOBEK II, D.K.; WARD, A. C.; LIKER, J.K. Toyota's Principles of Set-Based Concurrent Engineering. **Sloan Management Review**, Cambridge, v. 40, p. 67-83, 1999.

SOIBELMAN, L.; CALDAS, C.H.S. Information logistics for construction design inter-organizational information systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION INFORMATION TECHNOLOGY, 2000, Reykjavik, Iceland. **Proceedings...** Reykjavik, Iceland: CIB W078, Icelandic Building Research Institute, 2000.

SUSMAN, G.I. Integrating Design and Manufacturing for Competitive Advantage. In: \_\_\_\_\_. **Integrating Design and Manufacturing for Competitive Advantage**. New York: Oxford University Press, 1992.

---

TOMMELEIN, I.; BALLARD, G. Look-ahead Planning: Screening and Pulling. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 2., 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n], 1997.

TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C.T.; BETTS, M. **Planning the Product Development Process in Construction**: an exploratory case study. In: CONFERENCE ON INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 9., 2001, Singapore. **Proceedings...** Singapore: IGLC, 2001.

TZORTZOPOULOS, P.; BETTS, M.; COOPER, R. **Product Development Process Implementation**: Exploratory Case Studies in Construction and Manufacturing. In: CONFERENCE ON INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10., 2002, Gramado. **Proceedings...** UFRGS: IGLC, 2002.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o Desenvolvimento de um Modelo do Processo de Projeto de Edificações em Empresas Construtoras Incorporadoras de Pequeno Porte**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

ULRICH, K.T.; EPPINGER, S.D. **Product Design and Development**. International Edition, Boston: McGraw-Hill, 2000.

WARD, A. **Uma Solução de Aprendizagem do LIB** (*Lean Institute* Brasil). Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. (Notas de Aula).

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Campus: Rio de Janeiro, 1992.

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

---

## **ANEXOS**

---

Anexo 1 - Planilha - Ata de Reunião

<b>CONSTRUTORA PORTO</b>	<b>ATA DE REUNIÃO</b>	<b>Data:</b> ___/___/___
------------------------------	-----------------------	--------------------------

**Participantes**

<b>Nome</b>	<b>Empresa</b>	<b>Visto</b>

**Pauta da Reunião**


<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Responsável</b>	<b>Data</b>

**Anexo 2 - Planilha - Plano Operacional de Projeto**

<b>CONSTRUTORA</b>  <b>PORTO</b>		PLANO SEMANAL DE PROJETO Planejamento X Execução		Obra: _____	Semana no: _____				<b>FM101 - 02</b>	
				Engenheiro: _____	De ___/___ à ___/___/___					
				Coord.: _____	PPC: _____ TOTAL: _____				Data: ___/___/_____	
				Estagiário: _____						
Equipe	Exec. 100%	Pacote de Trabalho	Semana 1							PROBLEMA
			Q	Q	S	S	D	S	T	



### Anexo 3 – Planilhas – Planos de Médio Prazo de Produção e Lista de Restrições

<b>CONSTRUTORA</b>  <b>PORTO</b>		PLANO DE MÉDIO PRAZO  Planejamento X Execução	Obra:	Período: _____	<b>FM100 - 04</b>																		
			Engenheiro:	De ___/___ à ___/___/___																			
			Mestre:	OBS: Ver lista de restrições em anexo		Data: ___/___/____																	
			Estagiário:																				
Equipe	Pacote de Trabalho	Restrições	Semana 1					Semana 2					Semana 3										
			Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T

0-03	Assinatura do Engenheiro			Assinatura do Mestre		Página	
<b>CONSTRUTORA</b>  <b>PORTO</b>	LISTA DE RESTRIÇÕES Anexo de Plano de Médio Prazo de Produção Semana nº ____		Obra:	Período: _____		<b>FM100 - 04</b>	
			Engenheiro:	De ___/___ à ___/___/___			
			Mestre:	OBS: Ver lista de restrições em anexo		Data: ___/___/_____	
			Estagiário:				
Restrição nº	Descrição da Restrição	Responsável	Data Limite p/ Remoção	Desta Semana (S/N)	OK	Problema	

---

**Anexo 4 – Planilha – Registro do Processo de Desenvolvimento do Produto**

<b>Registro do Processo de Desenvolvimento do Produto</b>			
<b>Empreendimento:</b>	<b>Empresa:</b>	<b>Estudo de Caso:</b>	<b>Semana:</b>
<b>Data / Responsável</b>	<b>Principais decisões tomadas</b>		<b>Gargalos, Ruídos e Desdobramentos</b>
<b>Obra / Assunto /</b>			
<b>Participantes</b>			
<b>Data:</b> <b>Horário:</b>			

**Anexo 5 - Planilha - Plano Operacional de Produção**

<b>CONSTRUTORA PORTO</b>		PLANO SEMANAL DE PRODUÇÃO Planejamento X Execução		Obra:		Semana no: _____		<b>FM101 - 02</b>					
				Engenheiro:		De ___/___ à ___/___/___							
				Mestre.:		PPC: _____ TOTAL: _____		<b>Data: ___/___/____</b>					
				Estagiário:									
Equipe	Exec. 100%	Pacote de Trabalho				Semana 1					PROBLEMA		
						Q	Q	S	S	D	S	T	

**Anexo 6 – Planilha Eletrônica – Plano de Longo Prazo de Projeto**

CONSTRUTORA PORTO	CONSTRUTORA META	PLANO DE LONGO PRAZO DE PROJETO	Início da Produção	Lead Time (dias)	Responsável	Data limite de Projeto	jan						
							9	10	11	12	13		

---

## **Anexo 7 – Solicitação de Informações do Projetista Elétrico**

### PRÉDIO DAS EMPREITEIRAS:

Níveis de iluminação desejados;

Tipo de luminárias em cada setor;

Quantidade e posições de tomadas, equipamentos e respectivas tensões;

Potência da estufa;

Devemos prever tubulações para espera de interligação telefônica?

Detalhe da telha em concreto pré-moldado;

Layout definitivo do prédio;

Confirmação, se na área para paiol de tintas, as instalações serão à prova de explosão. Em caso afirmativo, obter as Normas específicas da Petrobrás para instalações elétricas para estas áreas;

Haverá compressor de ar para enchimento dos cilindros? Em caso afirmativo, informar potência e tensão;

Nas salas de Refeitório, RG Serviços Marítimos e Instalmar haverá algum sistema de ar condicionado? Se sim, informar potência, se não, ao menos prever ventiladores de teto?

### PRÉDIO DA ADMINISTRAÇÃO E ESTOCAGEM DE MATERIAIS:

Níveis de iluminação desejados;

Tipo de luminárias em cada setor;

Quantidade e posições de tomadas, equipamentos e respectivas tensões (há tomadas especiais para setor de estocagem de barreiras?)

Haverá algum aparelho médico especial no ambulatório?

Devemos prever tubulações para espera de interligação telefônica?

Layout definitivo do prédio;

Nas salas do Mezanino, haverá algum sistema de ar condicionado? Se sim, informar potência, se não, ao menos prever ventiladores de teto?

Equipamentos previstos para a Copa;

Os cortes A e B revelam que as telhas tipo “V” são apoiadas somente nas extremidades, não há indicação de vigas que as apoiem em outro ponto. Revelam, igualmente, que há um espaço entre o topo das paredes e a quina inferior das telhas de pelo menos 30 cm. Portanto, me parece que a preocupação que tínhamos de marcar furação em vigas deixa de ter sentido, a não ser o projeto estrutural tenha inserido vigas e as plantas que estou consultando estejam desatualizadas. Favor confirmar.

### CENTRO DE TREINAMENTO DE COMBATE A INCÊNDIOS:

Níveis de iluminação desejados;

Tipo de luminárias em cada setor;

Quantidade e posições de tomadas, equipamentos e respectivas tensões;

---

Qual a função da Casa de Comando? Será feito ali algum controle de fluxo de combustível que queima nas 4 áreas de treinamento? Se houver fluxo, deve haver um motor para pressurizar o combustível. Onde ficaria e qual sua potência?

Na sala de Controle e Sanitários, os cortes revelam laje de concreto plana. Será a mesma fundida no local? Podemos considerar que onde for possível, a tubulação será embutida nas lajes e paredes? Quando embutida, poderá ser com tubos de PVC rígido roscável?

DOCUMENTOS NECESSÁRIOS PARA PROJETOS:

PRÉDIO DAS EMPREITEIRAS:

Plantas baixas;

Cortes;

Localização;

Indicação de redes próximas de onde derivar energia elétrica e telefonia.

PRÉDIO DA ADMINISTRAÇÃO E ESTOCAGEM DE MATERIAIS:

Plantas baixas;

Cortes;

Localização;

Indicação de redes próximas de onde derivar energia elétrica e telefonia.

CENTRO DE TREINAMENTO DE COMBATE A INCÊNDIOS:

Plantas baixas;

Cortes;

Localização;

Indicação de redes próximas de onde derivar energia elétrica e telefonia.

## Anexo 8 – Lista – Conteúdo de Projeto

<b>PROJETO ARQUITETÔNICO</b>	
	Projeto de divisões internas (arquitetura)
	Projeto de lay out
	Projeto de implantação
	Projeto de cobertura
	Projeto de esquadrias
	Projeto de forros
	Projeto luminotécnico
	Projeto de pintura
	Projeto de revestimentos (pisos e paredes)
	Projetos de corte e aterros (níveis)
	Projeto de fachada
	Projeto de paisagismo
<b>PROJETO ELÉTRICO</b>	
	Projeto de tomadas
	Projeto de iluminação
	Projeto de distribuição da tubulação
	Projeto de lógica (antenas e rede)
	Projeto de telefonia
	Projeto de coluna montante
	Projeto de alimentadores (condutores)
	Projeto de eletrocalhas
	Projeto de cabos de força
	Projeto do QDF(Quadro de Distribuição de Força)
	Projeto do QGBT (Quadro Geral de Baixa Tensão)
	Projeto de tubulação dos distribuidores
	Projeto de subestação de energia
	Projeto de furações em pilares e vigas
<b>PROJETO HIDROSSANITÁRIO</b>	
Rede Hidráulica Para Consumo	
	Projeto de reservatórios
	Projeto de tubulações
	Projeto de pontos de consumo
	Projeto de recalque
	Projeto de furações em pilares e vigas
Esgoto Sanitário	
	Projeto de pontos de captação
	Projeto de estação de tratamento
Atendimento A Ar Condicionado	
	Projeto de reservatórios



	Projeto de bombas
	Projeto de tubulação
<b>Rede Pluvial</b>	
	Projeto de captação de águas da cobertura
	Projeto de tubulação de queda
	Projeto de drenagem superficial
	Projeto de águas de infiltração
	Projeto de impermeabilização
<b>Proteção Contra Incêndio</b>	
	Projeto de rede hidráulica de combate a incêndios
	Projeto de extintores
	Projeto de saídas de emergência
	Relatório cadastral (centrais de gás, locação de grupos geradores, descrição de áreas de risco e sua proteção)
<b>Gases</b>	
	Projeto de Central de gás (compartimentada, estacionária ou encanada)
	Projeto de tubulações até pontos de consumo
<b>SPDA (Sistema de Proteção a Descargas Atmosféricas)</b>	
	Projeto de captação
	Projeto de descidas
	Projeto de aterramentos
<b>PROJETO AR CONDICIONADO</b>	
	Projeto de locação de máquinas externas
	Projeto de locação de máquinas internas
	Projeto de tubulações (dutos)
	Projeto de tubulações entre máquinas (gás refrigerante e/ou água gelada)
	Projeto de definição de pontos externos de força
	Projeto de definição de pontos internos de força
	Projeto de drenos
	Projeto de carga térmica
	Projeto de furações em pilares e vigas
	Cronograma de montagem
<b>PROJETO ESTRUTURAL</b>	
	Projeto de locação de pilares
	Projeto de cargas
	Projeto de formas
	Projeto de vigas
	Projeto de lajes (pré-moldada, maciça, protendida e pré-fabricada)
	Projeto de cortinas de contenção
	Projeto de escadas
	Projeto de armaduras positivas
	Projeto de armaduras negativas
	Projeto de piso

	Projeto de reservatórios (água bruta, hidrantes e água potável)
	Projeto de muros de arrimo
<b>PROJETO ESTRUTURA METÁLICA</b>	
	Projeto de vinculações
	Projeto de pilares
	Projeto de vigas
	Projeto de contraventamento
	Projeto de estruturas de cobertura
	Projeto de seqüência de montagem
	Vista superior (composto por todos os elementos que compõem a estrutura)
	Cronograma de montagem
<b>PROJETO DE ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA</b>	
	Projeto de lançamento de pilares, vigas, áreas de lajes e sobrecargas (croquis)
	Projeto global de formas (não incluso o detalhamento da peça)
	Projeto de fachadas (especificação de material de fechamento)
	Projeto de detalhamento das peças pré-fabricadas
	Projeto de blocos de fundações
	Projeto de formas de fundações
	Projeto de cargas
	Projeto de armaduras de blocos
	Projeto de armaduras de vigas
	Projeto de armaduras de cortinas
	Projeto de armaduras de escadas
	Projeto de armaduras de reservatórios
	Contrato de especificação do quantitativo e tipologias das peças pré-fabricadas
	Cronograma de montagem
<b>PROJETO FUNDAÇÕES</b>	
	Projeto de locação de estacas
	Projeto de especificação de estacas
	Projeto de sapatas
	Projeto de radiers
	Projeto de tubulões
	Projeto de armaduras
	Contrato-resumo dos serviços prestados
	Cronograma de execução