

**DIRETRIZES PARA A SEGMENTAÇÃO E SEQÜENCIAMENTO DAS  
ATIVIDADES NO PROCESSO DE PROJETO EM AMBIENTES  
SIMULTÂNEOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Marcel Gregory Trescastro**

Porto Alegre  
novembro 2005

**MARCEL GREGORY TRESCASTRO**

**DIRETRIZES PARA A SEGMENTAÇÃO E SEQÜENCIAMENTO DAS  
ATIVIDADES NO PROCESSO DE PROJETO EM AMBIENTES  
SIMULTÂNEOS 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  
novembro 2005

T796d Trescastro, Marcel Gregory

Diretrizes para a segmentação e seqüenciamento das atividades no processo de projeto em ambientes simultâneos na construção civil / Marcel Gregory Trescastro. – 2005.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2005.

Orientação: Prof. Dr. Carlos Torres Formoso

1. Construção civil – Processo de projeto. 2. Engenharia Simultânea.  
I. Formoso, Carlos Torres, orient. II. Título.

CDU-69:658(043)

**DIRETRIZES PARA A SEGMENTAÇÃO E SEQÜENCIAMENTO DAS  
ATIVIDADES NO PROCESSO DE PROJETO EM AMBIENTES  
SIMULTÂNEOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Porto Alegre, 3 de novembro de 2005.

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

Prof. Fernando Schnaid  
Coordenador do PPGEC/UFRGS

**BANCA EXAMINADORA**

**Profª Patricia Tzortzopoulos (University of Salford)**  
Ph.D. pela University of Salford

**Prof. Marco Antonio Arancibia Rodríguez (UNERJ/SC)**  
Dr. pela UFSC

**Profª Márcia Elisa Soares Echeveste (Instituto de Matemática/UFRGS)**  
Dra. pela UFRGS

À minha família, em especial à minha mãe, Marlene, por sua  
dedicação, amor e exemplo e aos meus irmãos, Edson e  
Luciano, pelo apoio e incentivo.  
À vó Ninita (*in memorian*) e ao meu pai, Affonso (*in memorian*).

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Carlos Torres Formoso, por sua dedicação e paciência ao longo da orientação deste trabalho, de grande importância ao meu crescimento profissional e pessoal.

Aos amigos e colegas do grupo de Gerenciamento e Economia da Construção: Fábio Schramm, Cristóvão Cordeiro, Renato das Neves, Elvira Lantelme, Luciana Miron, Fernanda Leite, Fabrício Cambraia, Andrea Kern, Helenize Lima, Dayana Costa, Fabio Andrade, Alana Rodrigues e Cristiano Richter, pelas discussões, convívio e aprendizado.

À BSF Engenharia pela concessão da bolsa de estudos que possibilitou a realização desta pesquisa, e pela disponibilidade e colaboração de seus profissionais, especialmente os engenheiros Nelson Basso, Nelson Sterzi, Eduardo Fossati, Alexandre Soares, Kelvin Ludwig, Francisco Cunha, Diego Betti, Eduardo Styzey, Maurício Fischborn, e a arquiteta Patrícia Moura.

A todos os professores, funcionários, colegas e amigos do NORIE, e aos auxiliares de pesquisa Beatris Homrich e Osvaldo Brykalski (*in memoriam*).

Aos colegas Eduardo Isatto e Maurício Bernardes por suas críticas e questionamentos que contribuíram à definição do foco do presente trabalho.

À doutoranda Fernanda Aranha Saffaro, da UFSC, pelo convívio e discussões ao longo dos estudos.

Aos ex-norianos Denise Pithan e Ricardo Codinhoto.

Aos meus amigos, de quem abri mão do convívio em várias ocasiões ao longo destes dois anos: André Nunes, Daniel Pitta, M<sup>a</sup> Clara Sardi, Débora Gregoletto, Rodrigo Conceição, Marcela Green, André Moraes. Ainda, ao Tiago, Mister, Ninão, Helvio, Dinho e Felipe.

Ao arquiteto Claudio Luiz Araujo pela amizade e incentivo em buscar o mestrado em uma área diferente da arquitetura.

Às pessoas que eu possa ter esquecido.

*“O mundo vai girando cada vez mais veloz  
A gente espera do mundo e o mundo espera de nós  
Um pouco mais de paciência”  
Lenine*

## RESUMO

TRESCASTRO, M. G. Diretrizes para a Segmentação e Seqüenciamento das Atividades no Processo de Projeto em ambientes simultâneos na Construção Civil. 2005. 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.

O processo de desenvolvimento do produto (PDP) tem assumido uma importância crescente na indústria devido ao aumento da complexidade de produtos e processos de produção, bem como às pressões para o atendimento dos requisitos do cliente em prazos cada vez menores. A Engenharia Simultânea (ES) é uma abordagem que surgiu em resposta a estas mudanças. Foi inicialmente desenvolvida na indústria na manufatura, a partir da organização simultânea de diferentes funções envolvidas no desenvolvimento de novos produtos. A aplicação da engenharia simultânea na construção civil tem sido estudada por acadêmicos, principalmente em empreendimentos que possuem grande incerteza e elevado grau de interdependência entre as atividades. Neste contexto, a falta de integração entre projeto e produção e a ineficácia do planejamento e controle do processo de projeto têm sido apontadas como importantes lacunas de conhecimento. Apesar dos resultados promissores de alguns estudos que buscaram adaptar ferramentas de planejamento e controle da produção, existe a necessidade de investigar a implementação de algumas práticas essenciais que viabilizem a sobreposição entre projeto e produção, tais como a redução do tamanho dos lotes de informação e o seqüenciamento de atividades de projeto. O objetivo do presente trabalho consiste em propor diretrizes para a segmentação e seqüenciamento das atividades no processo de projeto em ambientes simultâneos na construção civil, envolvendo empreendimentos complexos, rápidos e com elevado grau de incerteza. O método de pesquisa envolveu a realização de três estudos de caso em empreendimentos de uma empresa construtora de Porto Alegre, atuante no mercado de edificações industriais, hospitalares e comerciais, nos quais os processos de projeto e produção são desenvolvidos em geral de forma simultânea. Entre outras conclusões o estudo indicou que a redução do tamanho dos lotes de projeto a serem desenvolvidos é influenciada pelo escopo de projetos contratados, assim como pela complexidade e o porte do edifício projetado. Outros fatores relevantes à redução do tamanho dos lotes são a capacidade de produção dos projetistas e a interdependência entre as diferentes disciplinas de projeto. Foi constatado que o seqüenciamento das atividades de projeto neste contexto é fortemente influenciado pelo planejamento da produção e que a antecipação na consideração de restrições legais e de requisitos do cliente, bem como a integração da equipe multidisciplinar de projeto ao longo do processo podem contribuir à redução de iterações desnecessárias em projeto. O trabalho apresentou como contribuições conceituais o melhor entendimento do processo de projeto com relação às interdependências em projeto, além do conhecimento de uma possível forma para a realização coordenação de projetos neste contexto.

Palavras-chave: engenharia simultânea; construção civil; planejamento e controle de projeto.

## ABSTRACT

TRESCASTRO, M. G. Guidelines for the Reduction of Activity Batch Sizes and the Sequencing of the Design Process in Concurrent Environments in Construction. 2005. 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.

The product development process (PDP) has recently grown in importance in many industries mostly due to the increasing product and process complexity, and to the growing pressures to respond quickly to client requirements. Concurrent Engineering (CE) is an approach that has emerged as a response to those changes. It was originally developed in manufacturing industries, based on the simultaneous organization of different functions involved in product development. The application of CE in construction has been investigated by the research community, especially in projects in which there is high uncertainty and interdependence. In this context, the lack of integration between design and production processes and the ineffectiveness of design planning and control have been pointed as important knowledge gaps. Despite the promising results achieved by the adaptation of some production planning and control mechanisms to the design process, there is a need to investigate the implementation of some key practices to make it possible the integration of design and production planning process, such as the reduction of information batches and the sequencing of design activities. The aim of this research is to propose guidelines for the reduction of activities batch sizes and for sequencing design activities in concurrent environments, typical of complex, uncertain and fast construction projects. The research method involved three case studies, in different construction projects carried by the same company, based in Porto Alegre – RS, that builds industrial, commercial and health-care buildings, in which design and production are usually developed simultaneously. This study indicated that the reduction of design batch sizes depends on the scope of the design, the complexity of the final product, the capacity of the design team, and the degree of interdependence among different design disciplines. Moreover, the sequencing of design activities in this context is strongly influenced by production planning, and the early consideration of legal constraints and client requirements, and the degree of the integration in the design team play very important roles in the reduction of unnecessary design iteration. Finally, the main conceptual contribution of this research work is concerned with understanding the design process with regards to the interdependence among different design disciplines and the knowledge for devising approaches to coordinate this process in such context.

Keywords: concurrent engineering, construction, design planning and control.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>p.16</b>
1.1 CONTEXTO.....	p.16
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	p.19
1.3 QUESTÕES DE PESQUISA.....	p.22
1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	p.23
1.5 RESUMO DO MÉTODO DE PESQUISA.....	p.23
1.6 DELIMITAÇÕES .....	p.23
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	p.24
<b>2 A GESTÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO.....</b>	<b>p.25</b>
2.1 INTRODUÇÃO.....	p.25
2.2 A NATUREZA DO PROJETO.....	p.25
2.2.1 Os problemas e soluções de projeto.....	p.26
2.3 O PROJETO COMO PROCESSO.....	p.28
2.4 O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO.....	p.29
2.5 PROJETO COMO TRANSFORMAÇÃO, FLUXO E GERAÇÃO DE VALOR.....	p.32
2.5.1 Projeto como transformação.....	p.32
2.5.2 Projeto como fluxo.....	p.33
2.5.3 Projeto como geração de valor.....	p.35
2.6 ENGENHARIA SEQUENCIAL .....	p.35
2.7 ENGENHARIA SIMULTÂNEA (ES).....	p.37
2.7.1 Princípios da ES.....	p.41
2.8 A ES NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	p.42
2.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	p.44
<b>3 O PLANEJAMENTO E CONTROLE NA CONSTRUÇÃO.....</b>	<b>p.45</b>
3.1 INTRODUÇÃO.....	p.45
3.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE .....	p.45
3.2.1 Definições de planejamento.....	p.45
3.3 O MODELO DE PCP PROPOSTO PELO NORIE/UFRGS.....	p.48
3.3.1 O planejamento de longo prazo.....	p.48
3.3.2 O planejamento de médio prazo.....	p.49
3.3.3 O planejamento de curto prazo.....	p.50
3.3.4 Indicadores de desempenho.....	p.51
3.4 O PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO DE PROJETO.....	p.52
3.4.1 Diferenças entre projeto e produção em relação ao planejamento e controle.....	p.52
3.4.2 O seqüenciamento do planejamento de projeto.....	p.53
3.4.3 As relações de dependência em projeto e produção.....	p.54
3.4.4 O tamanho do lote e o tempo de ciclo .....	p.56

3.4.5 Técnicas empregadas no planejamento e controle de projeto.....	p.60
3.4.5.1 Técnicas tradicionais de planejamento.....	p.60
3.4.5.2 <i>Design Structure Matrix</i> (DSM) e AdePT.....	p.61
3.4.5.3 O Planejamento de longo prazo de projeto.....	p.64
3.4.5.4 O Sistema <i>Last Planner</i> no planejamento de projeto.....	p.65
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	p.67
<b>4 MÉTODO DE PESQUISA.....</b>	p.68
4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	p.68
4.2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA PESQUISADA.....	p.68
4.3 ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	p.69
4.4 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	p.70
4.4.1 Etapa de Preparação.....	p.70
4.4.2 Etapa de Desenvolvimento.....	p.71
4.4.3 Etapa de Fechamento.....	p.72
4.5 ESTUDO DE CASO 1.....	p.73
4.5.1 Descrição do Empreendimento.....	p.73
4.5.2 Objetivos do EC1.....	p.74
4.5.3 Realização do EC1.....	p.75
4.6 ESTUDO DE CASO 2.....	p.78
4.6.1 Descrição do Empreendimento.....	p.78
4.6.2 Objetivos do EC2.....	p.79
4.6.3 Realização do EC2.....	p.80
4.7 ESTUDO DE CASO 3.....	p.81
4.7.1 Descrição do Empreendimento.....	p.81
4.7.2 Objetivos do EC3.....	p.84
4.7.3 Realização do EC2.....	p.85
4.8 FONTES DE EVIDÊNCIA E VARIÁVEIS DA PESQUISA.....	p.87
<b>5 RESULTADOS.....</b>	p.90
5.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE INTEGRADO NA CP.....	p.90
5.2 ESTUDO DE CASO 1.....	p.92
5.2.1 Planejamento e controle da produção.....	p.92
5.2.2 Planejamento e controle de projeto.....	p.98
5.2.3 Intervenções Propostas.....	p.103
5.2.3.1 Mapa de Segmentação de Projeto.....	p.103
5.2.3.2 Análise das Alterações de Projeto.....	p.105
5.2.4 Evolução do planejamento e controle integrado de projeto e produção.....	p.107
5.2.5 Contribuições para diretrizes para a segmentação e seqüenciamento das atividades no processo de projeto .....	p.107

5.2.5.1	Segmentação dos lotes de projeto.....	p.107
5.2.5.2	Seqüenciamento das atividades de projeto.....	p.108
5.3	ESTUDO DE CASO 2 (EC2).....	p.110
5.3.1	Planejamento e controle da produção.....	p.110
5.3.2	Planejamento e controle de projeto.....	p.113
5.3.3	Análise das alterações de projeto.....	p.119
5.3.4	Evolução do planejamento e controle integrado de projeto e produção.....	p.120
5.3.5	Contribuições para diretrizes para a segmentação e seqüenciamento das atividades no processo de projeto .....	p.121
5.3.5.1	Segmentação dos lotes de projeto.....	p.121
5.3.5.2	Seqüenciamento das atividades de projeto.....	p.122
5.4	ESTUDO DE CASO 3 (EC3).....	p.123
5.4.1	Planejamento e controle da produção.....	p.123
5.4.2	Planejamento e controle de projeto.....	p.126
5.4.3	Análise das alterações de projeto.....	p.131
5.4.4	Prototipagem na produção.....	p.132
5.4.4.1	Prototipagem da Escada 3.....	p.132
5.4.4.2	Prototipagem dos Sanitários e Apartamentos.....	p.137
5.4.5	Contribuições para diretrizes para a segmentação e seqüenciamento das atividades no processo de projeto .....	p.141
5.4.5.1	Segmentação dos lotes de projeto.....	p.142
5.4.5.2	Seqüenciamento das atividades de projeto.....	p.142
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	p.144
6.1	CONCLUSÕES, DIRETRIZES E RECOMENDAÇÕES.....	p.144
6.2	DIRETRIZES PARA SEGMENTAÇÃO DOS LOTES DE PROJETO.....	p.146
6.3	DIRETRIZES PARA O SEQÜENCIAMENTO DAS ATIVIDADES DE PROJETO.....	p.148
6.4	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	p.149
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	p.150
	<b>APÊNDICE A – Mapa de segmentação de projeto – Edifício Internação – EC3.....</b>	p.156
	<b>APÊNDICE B – PLANILHA DE ACOMPANHAMENTO DE ALTERAÇÕES DE PROJETO.....</b>	p.157
	<b>APÊNDICE C – Planilha para registro do processo de tomada de decisão em projeto e produção.....</b>	p.158
	<b>APÊNDICE D – Entrevistas semi-estruturadas realizadas com projetistas.....</b>	p.159
	<b>APÊNDICE E – Planilha de dados de entrada ao desenvolvimento dos projetos.....</b>	p.160
	<b>ANEXO A – Planilha eletrônica – plano de longo prazo de projeto.....</b>	p.166
	<b>ANEXO B – Planilha eletrônica – plano de curto prazo de projeto.....</b>	p.167
	<b>ANEXO C – Lista de restrições do planejamento de médio prazo da produção.....</b>	p.168
	<b>ANEXO D – Plano de curto prazo da produção.....</b>	p.169
	<b>ANEXO E – Planilha para registro definições ao desenvolvimento dos projetos no EC1...</b>	p.170

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: desenhos preliminares do projeto de uma casa de autoria do arquiteto Charles Moore.	p.26
Figura 2: divisão do PDP em fases conforme três dos autores consultados.....	p.30
Figura 3: o projeto como conversão e sua decomposição hierárquica.....	p.32
Figura 4: o projeto como fluxo.....	p.33
Figura 5: a formação da perda em projeto.....	p.33
Figura 6: perdas causadas pelo otimismo depositado na escolha de uma solução de projeto.....	p.34
Figura 7: perda de valor ao longo do desenvolvimento do produto.....	p.35
Figura 8: o processo de engenharia seqüência.....	p.36
Figura 9: tempo <i>versus</i> custo das alterações.....	p.37
Figura 10: o modelo simultâneo de desenvolvimento do produto.....	p.38
Figura 11: dimensão horizontal e as etapas do ciclo de planejamento.....	p.46
Figura 12: quadro com algumas diferenças entre a produção física e projeto.....	p.52
Figura 13: as relações de dependências e seqüenciamento de atividades de projeto.....	p.55
Figura 14: comparação do tempo necessário ao processamento de lotes grandes e pequenos...	p.57
Figura 15: relações do tamanho dos lotes de informação e o tempo para suas transferências....	p.58
Figura 16: sobreposição de atividades, evidenciando as diferenças no processo de transferência de informação.....	p.59
Figura 17: DSM não partida com atividades de um projeto da indústria manufatureira.....	p.62
Figura 18: técnica de planejamento analítico de projeto – AdePT.....	p.64
Figura 19: diretriz para a definição das datas marco no planejamento de longo prazo de projeto.	p.65
Figura 20: cronograma de realização dos estudos.....	p.70
Figura 21: delineamento da pesquisa.....	p.71
Figura 22: implantação do empreendimento Industrial.....	p.73
Figura 23: quadro de projetos a serem desenvolvidos por edifício e sua relação com o escopo da CP.	p.74
Figura 24: linha de tempo com a conclusão dos mapas de segmentação de projetos e realização de entrevistas aos projetistas do EC1 e EC2.....	p.77
Figura 25: implantação do sítio da fábrica com localização do empreendimento Vestiários.....	p.78
Figura 26: planta do segundo pavimento e corte transversal do edifício vestiários.....	p.78
Figura 27: implantação do empreendimento a partir da última versão do projeto de arquitetura....	p.81
Figura 28: plantas das três principais versões do pavimento tipo do edifício da internação ao longo do empreendimento.....	p.83
Figura 29: períodos de realização dos estudos em prototipagem no EC3.....	p.86
Figura 30: variáveis e fontes de evidência empregadas na análise de dados dos três estudos..	p.89
Figura 31: relação de integração do planejamento dos processos de projeto e produção na CP antes do EC1.....	p.90
Figura 32: plano de médio prazo da produção.....	p.93
Figura 33: lista de restrições à produção.....	p.93
Figura 34: períodos com registro das restrições identificadas e quantidades de restrições de projeto..	p.94

Figura 35: evolução do PPC da produção dos três edifícios.....	p.95
Figura 36: grupos de causas de não cumprimento de pacotes de trabalho no curto prazo da produção por edifício.....	p.96
Figura 37: principais ocorrências por grupos de problemas no PPC da produção por edifício.....	p.96
Figura 38: quantidade de pacotes de trabalho não concluídos em função de problemas de projeto....	p.96
Figura 39: Causas-raíz dos pacotes de trabalho não concluídos na produção por problemas associados a projeto.....	p.97
Figura 40: extrato do plano de longo prazo de projeto dos edifícios da nave principal e manutenção...	p.98
Figura 41: extrato da planilha empregada para o planejamento de curto prazo de projeto.....	p.99
Figura 42: evolução do PPC de projeto dos três edifícios.....	p.100
Figura 43: mapa de segmentação de projetos do edifício da nave principal.....	p.104
Figura 44: relação de integração do planejamento dos processos de projeto e produção na CP ao final do EC1.....	p.107
Figura 45: evolução do índice de remoção de restrições da primeira semana.....	p.110
Figura 46: os períodos de planejamento de médio prazo da produção com as respectivas quantidades de restrições de projeto programadas.....	p.111
Figura 47: evolução do PPC da produção.....	p.112
Figura 48: grupos de causas de não cumprimento de pacotes de trabalho no curto prazo da produção e as causas com maior número de ocorrências por grupo.....	p.112
Figura 49: serviços de alvenaria e instalações dos registros de acionamento dos chuveiros, conforme planejado e executado.....	p.113
Figura 50: extrato do plano de longo prazo de projeto elaborado antes do mapa de segmentação de projeto.....	p.114
Figura 51: mapa de segmentação de projeto do empreendimento vestiários.....	p.114
Figura 52: extrato do mapa de segmentação de projeto com o critério adotada para definição das datas limite de conclusão de cada lote de projeto.....	p.115
Figura 53: evolução do PPC de projeto.....	p.116
Figura 54: tipologia de problemas de projeto acumulados.....	p.117
Figura 55: problemas na produção associados incompatibilidades entre projetos.....	p.118
Figura 56: relação de integração do planejamento dos processos de projeto e produção na CP ao final do EC2.....	p.121
Figura 57: evolução do índice de remoção de restrições da primeira semana (IRRs1).....	p.123
Figura 58: quantidade de restrições de projeto à produção apresentando restrições novas e restrições reprogramadas.....	p.124
Figura 59: evolução do PPC da produção.....	p.125
Figura 60: grupos de causas de não cumprimento de pacotes de trabalho ao longo do período acompanhado.....	p.125
Figura 61: causas de não cumprimento de pacotes de trabalho na produção associadas a projeto....	p.125
Figura 62: extrato do mapa de segmentação de projetos do edifício da internação.....	p.127
Figura 63: problemas na produção originados em projeto e identificados através de observação direta.....	p.130

Figura 64: quadro de planejamento e controle de contratações a serem realizadas pela instituição contratante.....	p.131
Figura 65: planta do 5º pavimento do pavimento tipo do edifício da internação com destaque à escada 3 e ao conjunto de dois sanitários e dois apartamentos prototipados.....	p.133
Figura 66: duas vistas do protótipo virtual da escada 3.....	p.134
Figura 67: protótipo virtual do primeiro nível de pilares com vigas de amarração e lances apoiados da escada 3.....	p.134
Figura 68: seqüência de um dos níveis da escada 3 com ciclo de dois dias por nível.....	p.135
Figura 69: problemas ocorridos ao longo da montagem da escada 3.....	p.136
Figura 70: planta dos apartamentos e sanitários 529 e 530 prototipados e as respectivas soluções de vedações.....	p.138
Figura 71: protótipo virtual e conjunto de dois apartamentos e sanitários.....	p.139

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: origem e quantidade de problemas na produção identificados a partir de observação direta no canteiro.....	87
Tabela 2: causas de alterações de projeto no edifício da nave principal.....	91
Tabela 3: causas de alterações de projeto no EC2.....	104
Tabela 4: origem e quantidade de problemas na produção identificados a partir de observação direta no canteiro.....	115
Tabela 5: causas de alterações de projeto no EC3.....	104

## SIGLAS

AdePT: *Analytical Design Planning Technique*

CP: Construtora Parceira

DIP: Desenvolvimento Integrado do Produto

DSM: *Design Structure Matrix*

EC1: Estudo de Caso 1

EC2: Estudo de Caso 2

EC3: Estudo de Caso 3

ES: Engenharia Simultânea

NORIE: Núcleo Orientado para a Inovação na Edificação

PCP: Planejamento e Controle da Produção

PDP: Processo de Desenvolvimento do Produto

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

# 1 INTRODUÇÃO

---

## 1.1 CONTEXTO

Com o aumento da complexidade de produtos e processos após a Segunda Guerra Mundial, passou a haver a necessidade de um maior número de especialistas no processo de projeto (YAZDANI; HOLMES, 1999), resultando no gradual estreitando das relações técnicas entre as áreas de projeto e fabricação (CUNHA, 2003). Baccarini (1996) aponta que esse aumento da complexidade após a Segunda Guerra Mundial ocorreu também em empreendimentos na construção, sugerindo ser essa uma das causas de tantos insucessos.

Segundo Syan (1994), o aumento na complexidade dos produtos, entre outros impactos, aumentou o tempo necessário ao desenvolvimento de novos produtos e, em função de mudanças ocorridas em diversos mercados nas últimas décadas, tem demandado um novo ambiente de projeto e tecnologia. Para esse autor, esta condição tem tornado necessária a cooperação interdisciplinar e a integração de áreas como projeto, produção, suprimentos e marketing.

De acordo com Anumba e Evbuomwan (1997), na indústria manufatureira a integração entre projeto e produção passou por mudanças graduais a partir da década de 80 com o conceito de engenharia simultânea (ES)<sup>1</sup>, resultado de crescentes pressões sobre os fabricantes para serem mais competitivos em termos de qualidade dos produtos, custo, durabilidade, entre outros, e mais sensíveis a mudanças.

Ballard e Koskela (1998) afirmam que a separação entre projeto e construção há muito tem sido apresentada como um dos problemas mais importantes da construção. Esses autores destacam o aumento na expectativa da contratação de projeto e produção em empreendimentos da construção, nos quais estes dois estágios são integrados de forma organizada desde o início. Desta forma, a integração entre projeto e produção na construção tem ganho maior importância em empreendimentos rápidos, complexos e com alto grau de incerteza, que necessitam sobreposição destes dois processos.

Baccarini (1996) define empreendimentos complexos na construção em termos de diferenciação e interdependência, apontando a integração através da coordenação, comunicação e controle como a principal estratégia para a sua gestão. O mesmo autor destaca ainda a importância da função

---

<sup>1</sup> A Engenharia Simultânea será mais bem caracterizada no capítulo 2.

gerencial de integração para empreendimentos da construção à medida que são caracterizados por componentes extremamente diferenciados, mas de grande interdependência.

Huovila et al. (1997) apontam duas abordagens para empreendimentos rápidos na construção. A primeira abordagem, chamada *fast tracking*<sup>2</sup> carece de base conceitual e teórica e tem como essência a sobreposição de projeto e construção, nem sempre levando a soluções adequadas de projeto. A outra abordagem é a engenharia simultânea (ES), já citada, advinda de outras indústrias, com foco na redução do tempo de projeto, aumento do valor do produto e redução de custos.

A abordagem simultânea ou concorrente proposta pela ES no processo de desenvolvimento do produto (PDP)<sup>3</sup> tem sido crescentemente adotada em empreendimentos na construção civil cujos prazos são reduzidos e envolvem alto grau de complexidade e incerteza (KOSKELA, 2000; HUOVILA et al., 1997; CODINHOTO, 2003).

A antecipação na introdução de um produto no mercado através da redução do *lead time*<sup>4</sup> obtido com o desenvolvimento simultâneo pode contribuir para o aumento da fatia de mercado de uma empresa, aumento na sua margem de lucro e, ainda, aumento da sua força competitiva (SMITH e REINERTSEN, 1995; FORD e STERMAN, 2003), além de um menor risco à obsolescência prematura deste produto (SMITH e REINERTSEN, 1995).

Na indústria da construção alguns empreendimentos mais complexos como indústrias, hospitais e edificações comerciais com prazos reduzidos, envolvem alto grau de incerteza, sendo os processos de projeto e produção desenvolvidos de forma sobreposta. Nestas situações, a habilidade de desenvolver produtos neste ambiente pode ser fator determinante à atividade de empresas construtoras atuantes neste segmento de mercado, em virtude das exigências impostas pelas organizações contratantes.

O aumento da complexidade dos edifícios modernos, as pressões para a redução de *lead time* de processos e custos e a crescente necessidade de atendimento aos requisitos do cliente têm dado uma importância cada vez maior ao PDP<sup>5</sup> (TZORTZOPOULOS et al., 2002). Baldwin et al. (1998) apontam

---

<sup>2</sup> A expressão *Fast tracking* é utilizada na literatura para caracterizar empreendimentos nos quais há sobreposição entre projeto e produção.

<sup>3</sup> O processo de desenvolvimento do produto (PDP) será abordado no capítulo 2.

<sup>4</sup> Hopp e Spearman (1996) definem *lead time* na manufatura como o tempo necessário à produção de uma parte em uma linha de produção.

<sup>5</sup> De acordo com Tzortzopoulos et al. (2002), os processos de projeto e construção podem ser analisados como parte do PDP, desde que sejam descritas as atividades necessárias ao desenvolvimento do produto, isto é, uma edificação. Segundo estes autores, o maior benefício da abordagem de projeto e construção como um PDP é a visão mais integrada do processo.

que estas mudanças introduziram a necessidade de sobreposição entre projeto e construção, como meio à redução do prazo de execução dos empreendimentos.

Segundo Tzortzopoulos et al. (2001), o PDP bem sucedido requer o efetivo controle do trabalho desenvolvido pelas equipes envolvidas e da troca de informação entre elas. Entretanto, Ballard e Koskela (1998) apontam que a contratação integrada e o desenvolvimento simultâneo de projeto e produção não têm sido explorados adequadamente na construção, e que o controle e a melhoria do processo de projeto continuam insuficientes. Para esses autores, apesar de uma melhoria na estrutura do processo, ainda não foram percebidas diferenças consideráveis em comparação à organização convencional.

De acordo com Ford e Sterman (2003), muitas organizações têm mudado do desenvolvimento seqüencial para o desenvolvimento simultâneo em empreendimentos na construção, pela possibilidade de consideráveis reduções de tempo de ciclo<sup>6</sup>, apesar desta nova abordagem ser difícil para muitas empresas. Segundo os mesmos autores, estas dificuldades surgem em parte porque a redução do tempo de ciclo através do desenvolvimento simultâneo aumenta a complexidade organizacional e processual.

Neste sentido, Prasad (1996) relaciona a complexidade ao aumento do número de pessoas envolvidas e à quantidade de atividades realizadas simultaneamente. Para Williams (2002), a complexidade neste contexto cresce devido ao aumento das interdependências, resultado do paralelismo proposto pela ES.

Segundo Ford e Sterman (2003), em ambiente de simultaneidade mais tarefas são iniciadas com informações preliminares ou incompletas, aumentando as iterações. De acordo com Smith e Morrow (1999), a existência de iterações entre atividades de projeto dificulta a definição da ordem destas atividades. Ballard (2000b) aponta que as iterações, que representam retrabalho na produção, em projeto são essenciais à geração de valor e algumas delas são inerentes à sua evolução. Esse autor destaca que nem toda a iteração agrega valor: há iterações positivas e negativas. As iterações negativas podem contribuir para a redução de valor ou para a ocorrência de perdas, devendo ser eliminadas, enquanto as iterações positivas são aquelas que contribuem à geração de valor.

---

<sup>6</sup> Hopp e Spearman (1996) definem tempo de ciclo como o tempo médio de uma tarefa em uma linha de montagem desde seu início até o final. Por ser o tempo médio, o tempo de ciclo pode ser variável.

## 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Austin et al. (1994) afirmam que o custo relativamente baixo da atividade de projeto comparado à construção não corresponde à sua importância ao empreendimento como um todo. A necessidade de melhoria na gestão do processo de projeto é apontada devido aos problemas na produção originados na baixa qualidade das informações de projeto (BALDWIN et al., 1998).

Segundo Reinertsen (1997), o processo de projeto deve gerar informações, enquanto a produção deve gerar produtos. Esse autor apresenta uma relação do trabalho em progresso<sup>7</sup> na produção (*work in process - WIP*) e projeto em progresso (*design in process - DIP*), apontando que o DIP é mais importante e mais caro que o estoque na produção, principalmente devido ao risco de obsolescência de um produto, conforme o mercado no qual será inserido. Para esse mesmo autor, a gestão da produção na indústria manufatureira tem recebido maior atenção em comparação à gestão de projeto em decorrência da maior facilidade de medir desempenho na produção, além de sua natureza repetitiva ser mais propícia ao aprendizado, em comparação a processos de natureza não repetitiva como o projeto.

Koskela (2000) destaca a importância do projeto no PDP em função de seu papel que é a geração de valor, que ocorre a partir da captação, conversão e atendimento dos requisitos do cliente com relação a um produto ou serviço oferecido por um fornecedor. Tilley (2005) salienta que apesar da gradual redução dos prazos para seu desenvolvimento, o processo de projeto ainda envolve muita perda de tempo e que a melhoria de sua gestão e planejamento são medidas importantes à redução de perdas ao longo do processo.

Para Austin et al. (2000), a não consideração da natureza iterativa e interdisciplinar do processo de projeto na construção tem comprometido seus resultados, levando a ciclos de retrabalho associados a penalidades em termos de custo e prazo tanto em projeto como na construção.

Segundo Austin et al. (1994), o processo de projeto tem sido planejado de forma superficial na construção, normalmente influenciado pelo fato dos projetistas considerarem que um processo criativo como projeto não pode ser planejado efetivamente. Esses autores apontam que o planejamento, quando realizado, normalmente é feito por cada disciplina de projeto de forma isolada, baseado na produção de desenhos e outras entregas previstas em contrato, resultando na insuficiência de

---

<sup>7</sup> Hopp e Spearman (1996) definem trabalho em progresso (WIP) como o estoque existente entre o início e o final de uma linha de trabalho.

informações disponibilizadas à conclusão das tarefas e em inconsistências nos documentos enviados à obra.

De acordo com Austin et al. (1999), tradicionalmente, o projeto de edificações tem sido planejado e controlado através de métodos semelhantes aos empregados na produção, tais como cronograma de barras e técnicas de rede. Entretanto, conforme estes autores, estas técnicas não permitem a compreensão dos efeitos das variações e atrasos em um processo iterativo como projeto, sendo o seu monitoramento normalmente baseado na conclusão de desenhos e outras entregas de informações em oposição à disponibilidade de partes chave de informação.

As técnicas de planejamento do processo de projeto tendem a ser insatisfatórias em processos mais complexos devido à natureza iterativa e às inúmeras interdependências entre disciplinas de projeto, particularmente em edifícios complexos nos quais grandes equipes multidisciplinares são necessárias (BALDWIN et al. 1998).

Huovila et al. (1997) apontam que as informações de projeto tendem a ser formalmente distribuídas a toda a equipe de projetistas independente de solicitação, e estes momentos de distribuição não são controlados de forma adequada. Devido a estas falhas no controle, para esses autores, freqüentemente os projetistas não têm a informação necessária no momento certo, resultando em falhas de projeto que podem levar a perdas no processo.

Segundo Ballard e Koskela (1998), as fases iniciais de projeto são notadamente difíceis de avaliar e controlar em um empreendimento. Para esses autores, a falta de entregas físicas tais como desenhos dificultam a medição da quantidade de trabalho concluído e remanescente em quaisquer tarefas e, conseqüentemente, no empreendimento como um todo.

Tzortzopoulos et al. (2001) destacam a necessidade de considerar as diferenças entre a natureza das atividades de projeto e produção com relação ao planejamento e controle no desenvolvimento do produto. Koskela (2000) aponta algumas das principais diferenças entre projeto e produção como a maior iteração e incerteza evolvida no projeto em relação à produção, e a natureza não repetitiva do processo de projeto, em oposição à produção, que normalmente apresenta um certo grau de repetição.

Devido à incerteza e a interdependência entre as atividades ao longo do desenvolvimento do empreendimento neste ambiente de simultaneidade entre os processos de projeto e produção, o planejamento e controle de projeto apresentam alta relevância como forma de assegurar à produção um fluxo contínuo de trabalho.

Algumas iniciativas têm buscado investigar a aplicação de técnicas e ferramentas empregadas no planejamento e controle da produção ao processo de projeto no contexto de estudo. A aplicação do Sistema *Last Planner*<sup>8</sup> de controle da produção, desenvolvido por Ballard e Howell (1997), tem apresentado resultados promissores em estudos de caso nos quais a aplicação deste sistema foi restrita ao processo de projeto (TZORTZOPOULOS et al., 2001; BALLARD, 2000; BALLARD, 1999; MILES, 1998; KOSKELA et al., 1997), ou procurando integrar o planejamento e controle dos processos de projeto e produção (CODINHOTO, 2003).

O planejamento de médio prazo de projeto na construção, conforme proposto pelo sistema *Last Planner*, tem sido apontado como uma lacuna de conhecimento pela dificuldade na ligação entre as metas do planejamento de longo prazo do empreendimento com o planejamento de curto prazo de projeto (TZORTZOPOULOS et al., 2001; CODINHOTO, 2003), bem como pela dificuldade de visualização de restrições por parte dos projetistas (CODINHOTO, 2003). Neste sentido, alguns trabalhos têm sido desenvolvidos recentemente pelo Grupo de Estudos em Gerenciamento e Economia da Construção do NORIE/UFRGS na área de planejamento e controle de projeto no contexto em estudo, como Moura (2005) e Codinhoto (2003).

Reinertsen (1997) aponta a redução dos lotes de informação<sup>9</sup> como um dos principais mecanismos para gerenciar o desenvolvimento do produto em situações de incerteza e interdependência entre as atividades. Codinhoto (2003) investigou a aplicação deste mecanismo aliado à adaptação do *Last Planner* ao planejamento do processo de projeto na construção, apontando como principais benefícios o aumento da eficácia e transparência no planejamento de projeto, além da possibilidade de orientar a equipe multidisciplinar de projeto a desenvolver os projetos em lotes menores, de acordo com as demandas mais imediatas da produção. Esse autor propôs, em sua dissertação, diretrizes para o planejamento e controle integrado dos processos de projeto e produção.

Apesar da identificação a partir do trabalho de Codinhoto (2003) de alguns benefícios resultantes da segmentação ou redução do tamanho dos lotes de informação, não são apontados pela bibliografia caminhos para o emprego deste mecanismo no planejamento do processo de projeto na construção.

Moura (2005) propôs uma abordagem para a coordenação de projetos, estabelecendo algumas diretrizes para: (a) a preparação do processo de projetos em empresas construtoras; (b) o

---

<sup>8</sup> O sistema *Last Planner* de controle da produção foi proposto inicialmente por Ballard e Howell (1997), e em 2000 integrou a tese de Ballard. O *Last Planner* será apresentado no capítulo 3.

<sup>9</sup> Os conceitos de lote de projeto e lote de informação serão apresentados no capítulo 3

estabelecimento de requisitos e critérios para a geração dos planos de projeto a partir das demandas da produção; e, (c) para a avaliação e retro-alimentação do processo de projetos simultâneo à produção.

Também tem sido apontada pela bibliografia como uma lacuna de conhecimento o seqüenciamento das atividades no processo de projeto na construção. Koskela et al. (1997) afirmam que a seqüência de atividades na construção é tratada informalmente. Segundo esses autores, se os projetistas têm familiaridade com o tipo de edificação a ser projetada, os mesmos tendem a seguir uma seqüência já conhecida para as atividades de projeto e as necessidades de informações com relação a outros projetistas são apresentadas nas próprias reuniões, quando são tomadas as decisões de projeto.

Conforme Koskela et al. (1997), há uma restrição inerente à determinação da seqüência mais adequada das atividades de projeto no início de um empreendimento da construção, pois o conteúdo deste trabalho tem forte dependência nas decisões de projeto a serem tomadas. Segundo Tzortzopoulos et al. (2001), tal incerteza torna muito difícil a definição antecipada de uma lista detalhada dos pacotes de trabalho, incluindo as informações necessárias para análise de restrições, fundamentais ao uso efetivo dos planos de médio prazo.

Considerando os trabalhos desenvolvidos anteriormente e o problema de pesquisa apresentado, o presente trabalho tem como foco de investigação a segmentação dos lotes de projeto e o seqüenciamento das atividades no planejamento e controle do processo de projeto em empreendimentos na construção nos quais projeto e produção são desenvolvidos de forma simultânea, aproximando-se de um ambiente de ES.

Os lotes de projeto desenvolvidos ao longo do processo normalmente devem ser concluídos em um horizonte reduzido para atender às demandas mais imediatas da produção ou de disciplinas de projeto interdependentes. Desta forma, através de uma segmentação adequada, pode-se reduzir o tamanho dos lotes de projeto e informação a serem desenvolvidos.

### 1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

Partindo da relevância do tema, dos problemas apresentados e considerando empreendimentos complexos na construção civil, nos quais projeto e produção são desenvolvidos de forma simultânea e com alto grau de incerteza, foi definida a principal questão de pesquisa: como segmentar o processo de projeto em atividades, buscando a redução do tamanho dos lotes de projeto?

Devido à importância do seqüenciamento das atividades ao longo do processo de projeto, foi definida uma questão complementar de pesquisa: como definir o seqüenciamento das atividades no processo de projeto?

#### 1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo principal deste trabalho consiste em propor diretrizes para a segmentação e seqüenciamento das atividades no processo de projeto na construção civil em empreendimentos rápidos, com alto grau de complexidade e incerteza, que demandam sobreposição entre os processos de projeto e produção.

Foi também definido como objetivo secundário desenvolver ferramentas para mapear a segmentação de projeto, identificando as principais interdependências entre diferentes disciplinas de projeto.

#### 1.5 RESUMO DO MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada nesta dissertação foi estudo de caso (EC), sendo realizados três estudos nos empreendimentos de uma empresa construtora de médio porte de Porto Alegre atuante em obras industriais, hospitalares e comerciais.

O EC1 foi um estudo de caso predominantemente exploratório realizado em um empreendimento industrial entre novembro de 2003 e abril de 2004. O EC2 ocorreu em um empreendimento destinado a abrigar os vestiários de uma indústria entre fevereiro e julho de 2004. O EC3 foi realizado em um empreendimento hospitalar entre junho e novembro de 2004.

Cabe destacar a oportunidade de realização da pesquisa junto a uma empresa construtora parceira (CP) do NORIE/UFRGS, e que será caracterizada no capítulo 4. Houve interesse da CP em realizar pesquisas sobre a gestão do PDP, dando continuidade a trabalhos desenvolvidos anteriormente nesta área. Contribuiu ainda à realização do trabalho a disponibilização de uma bolsa ao pesquisador pela CP.

#### 1.6 DELIMITAÇÕES

Algumas delimitações ao trabalho desenvolvido devem ser destacadas. Nos empreendimentos investigados, foi acompanhado o processo de projeto, normalmente iniciado a partir da contratação da CP. Esta contratação normalmente ocorre com base em um ante-projeto fornecido pela contratante, a partir do qual são desenvolvidos os projetos de arquitetura e das demais disciplinas, até a etapa de

detalhamento. Assim, o trabalho não abordou o planejamento e controle das etapas iniciais do empreendimento, nas quais normalmente são definidos aspectos conceituais do projeto.

## 1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

A dissertação está estruturada em seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta o problema de pesquisa, as questões e os objetivos de pesquisa, assim como o método adotado. O capítulo 2 trata da gestão do processo de desenvolvimento do produto (PDP). Neste capítulo é discutida a natureza do processo de projeto e seus problemas. São apresentados o PDP e duas possíveis abordagens para sua condução: a Engenharia Seqüencial e a Engenharia Simultânea, da qual são apresentados os princípios e considerações à sua aplicação à construção civil.

O capítulo 3 trata do planejamento e controle na construção, sendo apresentados o modelo de planejamento e controle da produção proposto pelo NORIE/UFRGS, e alguns métodos, ferramentas e conceitos empregados no planejamento e controle do processo de projeto. O capítulo 4 trata de forma mais detalhada o método de pesquisa empregado. No capítulo 5 são apresentados os resultados obtidos ao longo dos três estudos realizados, e o capítulo 6 traz as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

## 2 A GESTÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

---

### 2.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo discute a natureza do processo de projeto, seus problemas e a evolução das soluções. Apresenta também a definição do processo de desenvolvimento do produto (PDP) no qual o processo de projeto está inserido e a aplicação da teoria TFV (Koskela, 2000) a projeto. A seguir são apresentadas duas abordagens normalmente adotadas para a condução do PDP: a engenharia seqüencial e engenharia simultânea (ES). Finalmente discute-se a aplicação da Engenharia Simultânea (ES) à construção civil.

### 2.2 A NATUREZA DO PROJETO

Segundo Cooper e Press (1995), projeto é uma área bastante ampla que abarca muitas disciplinas, e pode ser visto como uma atividade à parte, como todo um processo ou com relação a seus resultados tangíveis. Para esses autores, projeto pode ser visto ainda como uma função de gestão, um fenômeno cultural e como uma indústria por si só. Projeto pode representar tanto o produto final como o processo (LAWSON, 2000).

Em sociedades tradicionais, baseadas no artesanato, o projeto está muito ligado à produção, o que representa a inexistência de uma atividade de desenho ou modelagem antes da atividade de produção do artefato propriamente dita (CROSS, 1994; LAWSON, 2000).

Segundo Cross (1994), em sociedades modernas industrializadas, entretanto, a produção apenas pode ser iniciada com a conclusão do projeto, o qual contém a descrição do artefato a ser produzido, sendo o desenho a forma mais empregada para esta comunicação.

De acordo com Gray et al. (1994), o processo de produção dos desenhos requer o desenvolvimento de idéias e decisões de projeto. Cross (1994) destaca que o desenho representa uma característica chave do processo de projeto pois, nas etapas iniciais do processo, os desenhos criados pelo projetista são essencialmente para comunicação consigo mesmo. No caso de um projeto de arquitetura, são pensados vários aspectos em conjunto como uma planta, cortes, elevações, estrutura e dimensão modular (figura 1).

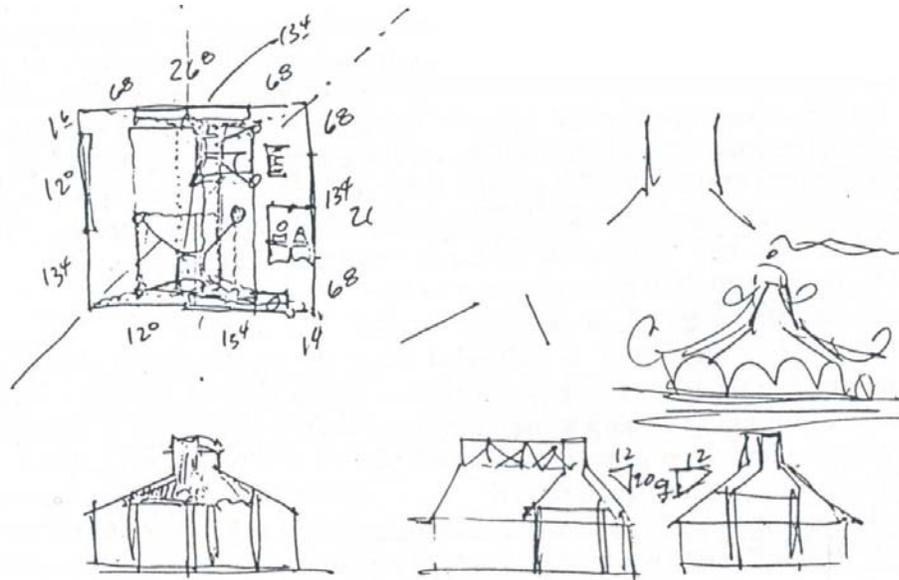


Figura 1: Desenhos preliminares do projeto de uma casa de autoria do arquiteto Charles Moore (Fonte: Cross, 1994).

### 2.2.1 Os problemas e soluções de projeto

Cooper e Press (1995) afirmam que um dos propósitos da atividade de projeto é conceber coisas que atendam a necessidades específicas, considerando, desta forma, que os produtos projetados devem preencher uma determinada função. Na visão desses autores, o projeto é uma atividade que envolve ao menos em parte, a solução de problemas.

No início do processo de projeto, o projetista normalmente se depara com um problema mal definido, mesmo tendo que chegar a uma solução bem definida (CROSS, 1994). Conforme esse mesmo autor, o projetista tem dificuldades em dobro: compreender o problema e encontrar a solução, sendo que estas atividades geralmente são complementares e devem ser desenvolvidas em paralelo.

Segundo Cross (1994), um problema de projeto apresenta um conjunto de objetivos, restrições para que estes objetivos sejam atingidos, e critérios para que a solução adequada possa ser reconhecida. Entretanto, esse autor aponta que, na definição de um problema de projeto, não é especificada como será a solução e não há outra forma de atingi-la senão projetando.

De acordo com Cooper e Press (1995), qualquer problema de projeto inclui a avaliação de uma gama de requisitos determinados por tecnologia e materiais, restrições de produção, considerações de mercado e fatores humanos – as características físicas e psicológicas dos usuários. Esse autores afirmam que o entendimento dos fatores humanos determina o quão fácil ou difícil será o uso de um produto.

De acordo com Cross (1994), os tipos de problemas que os projetistas lidam podem ser bem definidos e mal-definidos<sup>10</sup> ou mal-estruturados. Esse autor aponta que problemas bem definidos têm objetivos claros, normalmente uma resposta correta e regras ou meios conhecidos para chegar à resposta. Já os problemas mal-definidos podem ser caracterizados por: (a) não terem uma formulação definitiva do problema; (b) apresentarem inconsistências que surgem apenas no processo de solução; (c) a concepção do problema ser dependente da solução; (d) a possibilidade da proposição da solução ser um meio de entender o problema; e, (e) não existir uma solução definitiva para o problema.

Cross (1994) aponta que apesar do reconhecimento de que os problemas de projeto são mal-definidos, é possível avançar na melhoria da definição inicial do problema. Para esse autor, essa melhoria pode ocorrer através de questionamentos ao cliente, da coleta de dados ou pesquisa, mesmo que a abordagem tradicional dos projetistas seja de avançar em direção à solução, usando-a como meio à definição e compreensão do problema.

De acordo com Simon (1969)<sup>11</sup> *apud* Conklin e Weil (1997), devido à natureza do processo de projeto, é praticamente impossível encontrar a melhor solução pois o espaço de soluções possíveis é tão grande que o projetista pára quando encontra uma solução que é suficientemente boa. Neste sentido, Reinertsen (1997) afirma que a tomada de todo o tempo disponível para realizar uma determinada tarefa de projeto ocorre porque em algumas situações o projetista se depara com um problema novo que não havia sido solucionado anteriormente<sup>12</sup>, ou há ainda a tendência do projetista procurar melhorar a solução encontrada, dando continuidade ao trabalho até esgotar o tempo disponível.

Para Lawson (2000), os problemas de projeto são multidimensionais e altamente interativos e neste tipo de situação, pode ser fácil ao projetista ficar preso em um ciclo iterativo de tomada de decisão, no qual melhorias em uma parte do projeto levam a ajustes em outra parte, que por sua vez criam problemas em outra parte. Esses problemas significam que a melhoria anterior não é exequível. Cross (1994) afirma que a iteração é uma característica comum em projeto.

Steward (1981), define iteração em projeto como um processo através do qual algumas variáveis são conhecidas e outras são estimadas, devendo ser confirmadas ou refinadas posteriormente. Ao longo

---

<sup>10</sup> Conklin e Weil (1997) apresentam uma classe de problemas denominada *wicked problem*, que pode ser traduzido como um problema grave. Segundo esses autores, os problemas assim classificados apresentam algumas semelhanças com os problemas mal-definidos mas envolvem questões mais complexas e o trabalho de diversas pessoas ao longo do entendimento dos problemas e do processo de solução destes. O termo foi forjado na publicação de Rittel, H. & Webber, M. Dilemmas in a general theory of planning, 1969. *Policy Sciences*, 4, 155-173.

<sup>11</sup> Simon, H. A. **The sciences of the artificial**. Cambridge. M.I.T. Press, 1969.

<sup>12</sup> Newbold (1998) apresenta conceito diferente de Reinertsen (1997), e aponta que a expansão do trabalho para preencher a capacidade disponível é característica da Lei de Parkinson e ocorre normalmente quando há subestimação da capacidade de trabalho e, para não haver ociosidade, os trabalhadores reduzem a velocidade de trabalho, reduzindo a produtividade.

do processo de projeto, é necessária a produção de informações incompletas e provisórias para possibilitar o entendimento tanto dos problemas de projeto como das possíveis soluções (ULRICH; EPPINGER, 2000; REINERTSEN, 1997). Ballard (2000b) compara o processo iterativo a uma discussão, na qual cada participante chega ao final com um entendimento diferente do seu início. Esse autor aponta que os meios para promover esta discussão (iteração), e como diferenciá-la como iteração positiva ou negativa, são habilidades críticas à gestão de projetos.

Ainda sobre a solução de problemas de projeto, Lawson (2000) compara a estratégia de solução entre projetistas e cientistas. Segundo esse autor, a evolução do trabalho de um projetista é fortemente associada à solução dada ao problema de projeto, de modo que muitas vezes o problema e a solução emergem juntos. Já a solução de um problema por um cientista está fortemente associada ao entendimento do problema antes de evoluir à solução. A este respeito, Cross (1994) aponta que a solução dos problemas pelos projetistas ocorre por síntese, enquanto a solução dos problemas por cientistas ocorre por análise.

Segundo Lawson (2000), as muitas formas de projeto em diferentes áreas, como em projetos de engenharia ou de moda, lidam com idéias precisas e vagas, requerem pensamento sistêmico e caótico, e ambas necessitam imaginação e cálculo mecânico.

### 2.3 O PROJETO COMO PROCESSO

Conforme Cooper e Press (1995), a literatura sobre a gestão de projeto se refere ao conceito de processo a partir de duas abordagens: a primeira como um processo envolvendo as tarefas e como os projetistas evoluem na identificação dos problemas e soluções, e a segunda considerando o processo de projeto para descrever todo o desenvolvimento de um produto, do ponto de vista estratégico.

Lawson (2000) define o projeto como um processo com as seguintes características: (a) é um processo sem fim, por lidar com problemas que podem apresentar um grande número de soluções que dificultam definir sua conclusão; (b) não há definição de procedimento correto e infalível quanto à seqüência de operações para garantir um resultado no processo de projeto; (c) é um processo que envolve a identificação e a solução de problemas; (d) as soluções no processo de projeto envolvem um julgamento subjetivo; (e) o projeto é uma atividade prescritiva, enquanto outras áreas da ciência são predominantemente descritivas; e (f) os projetistas trabalham em um contexto que necessita de ação.

Markus e Arch (1973) analisam o processo de projeto em duas dimensões, a vertical e a horizontal. Na dimensão vertical esses autores definem o projeto como um processo gerencial dividido em fases que

evoluem do geral e abstrato para o particular e concreto. Com relação à dimensão horizontal, esses autores descrevem o processo de projeto como aberto e iterativo, dividido em etapas cíclicas de análise de problemas, síntese de soluções e avaliação de propostas em diferentes escalas.

Segundo Cooper e Press (1995), de acordo com o tamanho do empreendimento, a complexidade do sistema de produção e a cultura da organização, é possível considerar quatro abordagens para considerar o projeto como um processo:

- (a) O projeto como um processo criativo interno: quando considerado por uma pequena organização que projeta e produz seus produtos;
- (b) O projeto como um processo produtivo externo: quando tratado por uma organização de médio porte que lança novos produtos em períodos determinados. Desta forma, esta organização pode comprar o projeto quando julgar necessário. Esta é a definição considerada mais apropriada ao contexto investigado;
- (c) O processo total de projeto inserido na gestão: quando integrado à gestão de uma organização de maior porte, como no segmento de utensílios domésticos, por exemplo; e,
- (d) Projeto como um processo de planejamento: como forma de expressar o comprometimento de uma organização com seus produtos e sua posição no mercado, considerando organizações atuantes em mercados em constante mudança e com elevada competitividade.

De acordo com Ulrich e Eppinger (2000), a gestão de projetos é a atividade de planejamento e coordenação de recursos e tarefas visando projetos de desenvolvimento de produtos com alta qualidade, baixo custo, com uso eficiente do tempo, dinheiro e outros recursos, o que aponta a importância do planejamento e controle na gestão do processo de projeto. Cabe destacar ainda que o processo de projeto é uma das fases do processo de desenvolvimento do produto (PDP), apresentado a seguir.

## 2.4 O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

O processo de desenvolvimento do produto (PDP) tem sido tratado pela bibliografia sob diversos aspectos, recebendo diferentes denominações como projeto e desenvolvimento do produto (ULRICH; EPPINGER, 2000; KOSKELA, 2000; PRASAD, 1996), processo de desenvolvimento do produto (CLARK; FUJIMOTO, 1991), dentre outras.

Existem ainda diversas definições para o PDP, sendo esse processo normalmente dividido em fases como uma das formas empregadas para lidar com a complexidade do processo, além de possibilitar pontos de controle que melhorem a eficácia de sua gestão.

Alguns autores apontam a existência de uma fase preliminar de planejamento do processo e concepção do produto. Entretanto há divergências quanto às fases finais do PDP, sendo limitado por alguns autores à produção piloto (ULRICH; EPPINGER, 2000; CLARK; WHEELRIGHT, 1991) ou incluindo a produção em volume (CLARK; FUJIMOTO, 1991), conforme a figura 2.

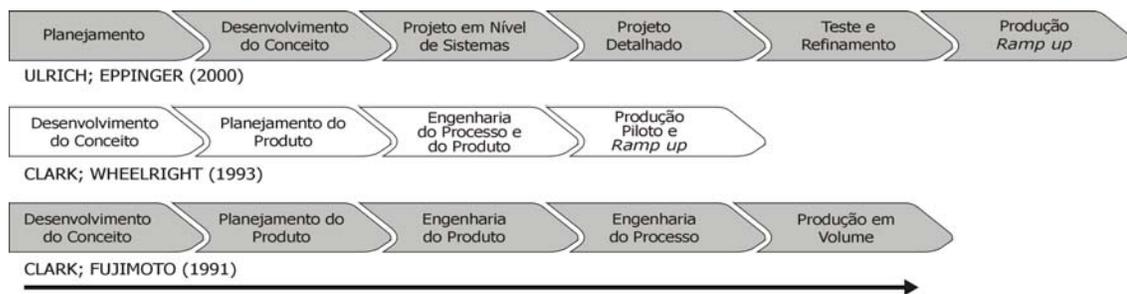


Figura 2: divisão do PDP em fases conforme três dos autores consultados.

Clark et al. (1992) destacam que o desenvolvimento de um produto é um processo iterativo de sucessivos refinamentos, iniciando na etapa de concepção, no qual são estabelecidos objetivos globais, buscando-se nas etapas subsequentes um detalhamento dos requisitos e especificações do produto. Para esses autores, atividades de cunho experimental, visando à redução do *lead time*, do custo, e a melhoria da qualidade do produto podem ser desenvolvidas em todas as etapas.

No presente trabalho é adotada a definição de PDP proposta por Ulrich e Eppinger (2000) que afirma ser esse um processo constituído por uma seqüência de passos ou atividades empregadas em um empreendimento<sup>13</sup> para conceber, projetar e comercializar um produto.

A partir desta definição, entende-se que o PDP é um processo que envolve diversas funções<sup>14</sup> e abarca os processos de projeto e produção, os quais devem ser gerenciados de forma integrada para a consecução dos objetivos do empreendimento.

Cabe destacar que o PDP normalmente é associado ao processo de negócios da organização e tem um caráter mais amplo, extrapolando os aspectos técnicos do produto (ULRICH; EPPINGER, 2000;

<sup>13</sup> Na publicação do PMI (1996), um empreendimento pode ser definido com relação a suas características: é uma mobilização temporária para criar um produto ou serviço.

<sup>14</sup> Ulrich e Eppinger (2000) definem funções em uma organização como áreas de responsabilidade que envolvem educação, treinamento ou experiência especializada. Esses autores apontam que as funções clássicas do PDP em uma organização são marketing, projeto e manufatura, com a possibilidade de divisões menores que estas como pesquisa de mercado, desenvolvimento do processo, estratégia de mercado, dentre outras.

CLARK; WHEELRIGHT, 1993; CLARK; FUJIMOTO, 1991). O projeto por sua vez, é um processo técnico, que compõe, juntamente com outros processos, o PDP.

Com relação à gestão do PDP, algumas mudanças mais significativas ocorreram principalmente nas duas últimas décadas. Cunha (2004) afirma que os anos 80 trouxeram à tona a necessidade de adaptação a uma nova situação de mercado, com o surgimento dos mercados globais, o que implicou na concorrência entre um número crescente de empresas. Esse autor aponta que esta mudança, aliada ao aparecimento de um consumidor cada vez mais exigente, demandante de uma maior diversidade de produtos, em intervalos de tempo cada vez menores, impôs um desafio à indústria. Cunha (2004) aponta que uma resposta a estas mudanças ocorreu através da Engenharia Simultânea (ES), que propôs mudanças significativas em relação à Engenharia Seqüencial, vigente até então.

Os anos 90, de acordo com Cunha (2004), apontaram para a necessidade de se integrar o trabalho interfuncional em grande escala, dada a complexidade das questões inerentes ao desenvolvimento de produtos, dando forma ao conceito de desenvolvimento integrado do produto (DIP), baseado no trabalho colaborativo. Cunha (2003) aponta que enquanto a ES é multidisciplinar, o DIP é multifuncional.

Duas abordagens adotadas para a gestão do PDP são freqüentemente citadas na bibliografia: a Engenharia Seqüencial e a ES (KOSKELA, 2000; HARTLEY, 1998; REINERTSEN, 1997; PRASAD, 1996; SYAN, 1994). Ambas têm sido aplicadas à indústria da construção e serão mais bem apresentadas nos itens 2.6 e 2.7.

Entretanto, apesar de ser amplamente difundida, a base conceitual tradicional de projeto proposta pela engenharia seqüencial, de acordo com Huovila et al. (1997), é limitada por ser restrita à transformação<sup>15</sup>. Koskela (2000) aponta que, diferente desta visão, a ES é baseada em um entendimento mais intuitivo de projeto como fluxo e geração de valor. A partir da teoria TFV (transformação, fluxo e valor) para a gestão da produção, Koskela (2000) propõe a aplicação de um conjunto de conceitos e princípios à gestão do processo de projeto, apresentados a seguir.

---

<sup>15</sup> Koskela (2000) aponta que por precedência histórica, o termo transformação é mais correto que o termo conversão empregado em publicações anteriores (BALLARD; KOSKELA, 1998; HUOVILA et al., 1997; KOSKELA E HUOVILA, 1997; KOSKELA, 1992).

## 2.5 PROJETO COMO TRANSFORMAÇÃO, FLUXO E GERAÇÃO DE VALOR

### 2.5.1 Projeto como transformação

Koskela (2000) destaca que no histórico da evolução do desenvolvimento do projeto, houve semelhanças com o desenvolvimento da produção, sendo que as primeiras tentativas de gerenciar projeto foram baseadas no conceito de transformação.

O projeto é o processo de conversão de informações<sup>16</sup> que caracterizam as necessidades e requisitos para um produto em conhecimento sobre o produto (HUOVILA et al, 1997). Segundo Koskela (2000), a essência do modelo de transformação parte da visão do projeto como a conversão de insumos em produtos e na segmentação de toda a conversão em conversões menores, de forma reducionista (figura 3).

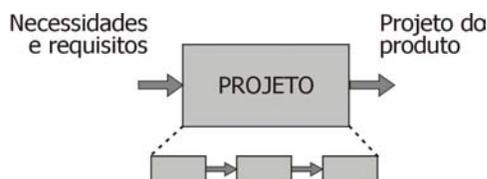


Figura 3: o projeto como transformação e sua decomposição hierárquica (baseado em KOSKELA, 2000).

Huovila et al (1997), indicam que as deficiências do modelo de transformação são replicadas e amplificadas nas várias estruturas organizacionais de controle e comunicação baseadas na visão de conversão, contribuindo direta ou indiretamente para a manutenção de problemas em projetos como: (a) a não captura de requisitos importantes no início; (b) a detecção de erros de projeto em fases posteriores, ocasionando retrabalho oneroso; (c) longos ciclos de iteração ou a falta de iterações para a melhoria do projeto; (d) a espera por aprovações, instruções e informações, tomando a maior parte do tempo dos projetistas; e (e) em geral, longa duração, aumento de custos dos empreendimentos e projeto do produto com baixa qualidade.

Para Tzortzopoulos et al. (2001), parte da conversão, como retrabalhos devido a erros, omissões e incertezas devem ser consideradas perdas em projeto. Entretanto, há um tipo de retrabalho inerente

<sup>16</sup> O projeto é aqui analisado como um processo de produção de informações. Reinertsen (1997) trata o PDP como a fábrica de projeto (*design factory*), propondo o entendimento dos problemas do processo de projeto com base em conceitos utilizados na gestão da produção na manufatura. O mesmo autor discute a aplicação de algumas ferramentas e conceitos à gestão da fábrica de projeto.

ao processo de projeto que não pode ser considerado como perda, que é referente à série de iterações ao longo da evolução das soluções de projeto propostas, até que as mesmas alcancem maturidade<sup>17</sup>.

## 2.5.2 Projeto como fluxo

Conforme Koskela e Huovila (1987), na visão de projeto como fluxo há quatro diferentes estágios nos quais um lote de informação<sup>18</sup> pode estar: conversão, espera, transferência ou inspeção (figura 4). Esses autores apontam que apenas a conversão é apropriada a projeto, sendo as demais atividades desnecessárias e chamadas de perdas, devendo ser eliminadas em lugar de serem tornadas mais eficientes. Entretanto, uma parte da conversão, o retrabalho devido a erros, omissões ou incerteza também pode representar perdas (KOSKELA e HUOVILA, 1997).



Figura 4: o projeto como fluxo (baseado em HUOVILA et al., 1994).

De acordo com Huovila et al. (1997), o processo de projeto pode ser melhorado através da eliminação de perdas tais como: retrabalho devido a erros, falta de informações e mudanças de escopo, transferência de informações, espera de informações para a etapa seguinte, inspeção e outras atividades que não agregam valor (figura 5).



Figura 5: a formação da perda em projeto (baseado em HUOVILA et al., 1997).

Para Koskela e Huovila (1997) perda é tudo o que for considerado desnecessário para a conclusão da tarefa e à geração de valor. Koskela (2000) aponta que na construção há perdas que são difusas,

<sup>17</sup> Maturidade de projeto em ambiente de engenharia simultânea é quando um projeto está completo o suficiente para permitir a liberação de detalhes para as atividades posteriores, sabendo que o desenvolvimento deste projeto não irá gerar retrabalho para aquelas atividades subsequentes (O'BRIEN e SMITH, 1994).

<sup>18</sup> Os conceitos de lote de informação e lote de projeto, adotados no presente trabalho, são apresentados no capítulo 3.

como retrabalho e a espera de materiais e perdas que são mais específicas devido às condições inadequadas de trabalho, que resultam na redução de produtividade. Este autor afirma que no processo de projeto, as perdas são similares, com a ocorrência de condições inadequadas ocasionadas pela falta de informações.

Entretanto, Tzortzopoulos et al. (2001) apontam que, devido à falta de informações, muitas vezes é necessário assumir alguns parâmetros de projeto para possibilitar a continuidade do processo. Com freqüência, estes parâmetros não são verificados, ou o são tardiamente, fato que pode resultar em retrabalho, erros de projeto ou de execução.

Segundo Reinertsen (1997), os erros de projeto representam perdas quando o resultado do projeto apresenta falhas por negligência ou esquecimento de algo conhecido previamente. Para Ward (2002), as perdas em projeto podem ocorrer devido a três principais razões:

- (a) As separações de conhecimento, responsabilidade e ação entre diferentes equipes ao longo do desenvolvimento do projeto;
- (b) É imprevisível o número de ciclos para melhoria e teste dentre as alternativas de projeto. Há muito otimismo na seleção prematura e inadequada de soluções sem teste ou questionamento destas antes de receberem investimento (Figura 6). Como exemplos de otimismo o autor cita a análise e teste de apenas um conceito, o congelamento de interfaces antes do projeto de subsistemas e a definição de especificações antes do conhecimento das possíveis soluções de projeto, o que é chamado de projeto para especificações.

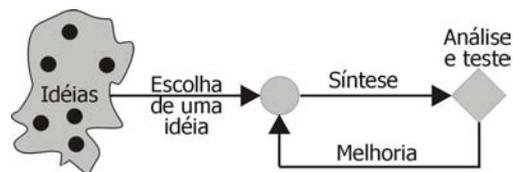


Figura 6: origem das perdas decorrentes do otimismo depositado na escolha de uma solução de projeto (baseado em WARD, 2002).

- (c) A dispersão causada pela mudança de equipes de desenvolvimento, a variabilidade no lançamento de projetos por ano, os freqüentes atrasos ou aumentos no orçamento dos projetos e a sobrecarga ou subutilização da capacidade das equipes de desenvolvimento.

### 2.5.3 Projeto como geração de valor

Segundo Koskela e Huovila (1997), o valor é gerado através do atendimento das necessidades e requisitos do cliente, em um ciclo no qual os requisitos são capturados e convertidos através de um ou vários estágios para um produto ou serviço entregue ao consumidor.

Koskela (2000) aponta que a melhoria do projeto significa a redução das perdas de valor que ocorrem devido à perda de parte dos requisitos no início e durante o processo de projeto e pela pouca melhoria e otimização de soluções de projeto (figura 7).

De acordo com Huovila et al. (1997) as possíveis soluções para estes problemas são a consideração rigorosa de requisitos e necessidades no início do processo em colaboração com o consumidor, o gerenciamento sistemático de requisitos dos clientes e a maior interação entre os envolvidos ao longo do processo.

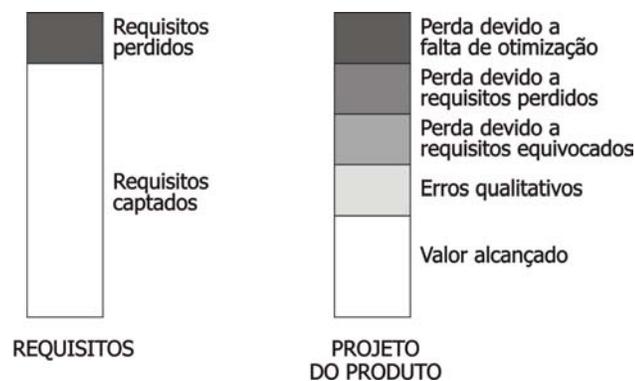


Figura 7: perda de valor ao longo do desenvolvimento do produto (baseado em HUOVILA et al, 1997).

Apesar das três diferentes visões do processo de projeto, Koskela (2000) aponta que apenas a visão como transformação tem sido explicitamente modelada, gerenciada e controlada e que as outras duas visões têm sido deixadas para consideração informal dos projetistas. Esse autor destaca que a principal contribuição da ES, apresentada no item 2.7, é a consideração das visões de fluxo e valor, incorporando-as de forma mais sistemática à gestão do projeto.

## 2.6 ENGENHARIA SEQÜENCIAL

Na engenharia seqüencial, o produto é projetado e todas as funções adicionam suas informações ao projeto em uma seqüência de atividades, com o processo sendo repetido até chegar a um resultado satisfatório ao final (YAZDANI; HOLMES, 1999).

Segundo Syan (1994), na engenharia seqüencial cada etapa de projeto é conduzida em relativo isolamento, tendo contato com a manufatura, teste, qualidade e funções de manutenção apenas quando chega a um estágio de desenvolvimento avançado. De acordo com esse mesmo autor, o processo ocorre em progressão, isto é, cada estágio do desenvolvimento do produto tem início após a conclusão do estágio anterior (figura 8).



Figura 8: o processo de engenharia seqüencial (baseado em SYAN, 1994).

A abordagem seqüencial é também tratada como *over the wall engineering*<sup>19</sup> (YAZDANI; HOLMES, 1999; HARTLEY, 1998; PRASAD, 1996; SYAN, 1994) pelo envolvimento seqüencial das diversas funções ao longo do desenvolvimento do produto.

De acordo com Syan (1994), uma modificação solicitada tardiamente implica em atraso e custos adicionais às etapas anteriores. Afora isto, as etapas posteriores sofrem atrasos até que a etapa em curso seja concluída. Esta abordagem resulta um grande número de alterações em etapas posteriores do desenvolvimento do produto, quando as estas se tornam mais caras e difíceis (figura 9).

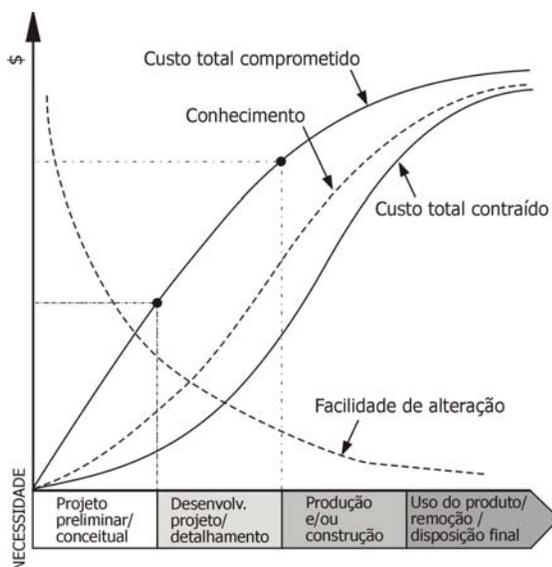


Figura 9: tempo versus custo das alterações (baseado em SYAN, 1994).

<sup>19</sup> A denominação *over de wall engineering* se refere à forma como o projeto é conduzido, em que cada função “lança sobre o muro” a sua solução à função seguinte.

Segundo Yazdani e Holmes (1999), os métodos empregados na abordagem seqüencial são baseados em requisitos funcionais individuais, existindo muito pouca integração entre as diferentes funções: o processo de prototipagem ocorre após o detalhamento do projeto, o que provoca muitas alterações de projeto a partir deste estágio.

As principais deficiências da abordagem proposta pela engenharia seqüencial são:

- (a) Seqüenciamento: a premissa básica que uma nova etapa não pode ser iniciada até a conclusão da etapa anterior, aumentando o *lead time* do desenvolvimento do produto (PRASAD, 1996);
- (b) Custos: há integração tardia dos profissionais da manufatura no projeto do produto, quando uma parte significativa dos custos de manufatura já está comprometida (PRASAD, 1996). Para Syan (1994), as estimativas de custo são pouco confiáveis em razão das alterações tardias de projeto;
- (c) Tempo: devido à perda de tempo, o produto final tende a ser inadequado ou inviável ao mercado ao qual estava orientado quando do início de seu desenvolvimento (PRASAD, 1996);
- (d) Projeto e produção do produto: as definições do produto são insuficientes (HARTLEY, 1998) assim como as suas especificações, ocasionando uma quantidade excessiva de modificações no projeto, com pouca atenção ao processo de fabricação do produto na fase de projeto (SYAN, 1994). Hartley (1998) aponta ainda a falta de diretrizes para a realização de estudos mais detalhados antes da produção, assim como o enorme potencial a mudanças tardias.

Reinertsen (1997) aponta que a abordagem seqüencial possibilita um maior controle do risco. Esse autor afirma ainda que o processo seqüencial é mantido em organizações com restrição de recursos, destacando o risco destas não atingirem grande eficiência pelo emprego desta abordagem devido à integração tardia de especialistas no processo de projeto.

## 2.7 ENGENHARIA SIMULTÂNEA

De acordo com Cunha (2004), a partir dos anos 80, as empresas começaram a sentir a necessidade de adaptação a uma nova situação de mercado decorrente da evolução da globalização associada ao aumento da complexidade dos produtos e da crescente demanda pela rápida inserção de novos produtos no mercado.

Estas mudanças tiveram reflexos no PDP de uma forma geral e de acordo com Syan (1994) afetaram diretamente a habilidade das organizações para desenvolver e introduzir novos produtos, especialmente na indústria eletrônica, com a redução significativa do ciclo de vida dos produtos.

Na abordagem proposta pela ES, conforme Yazdani e Holmes (1999)<sup>20</sup> há um esforço para trazer o conhecimento de todos os especialistas para a fase de projeto, havendo a sobreposição entre as etapas de projeto do produto e o planejamento do processo de produção (figura 10).

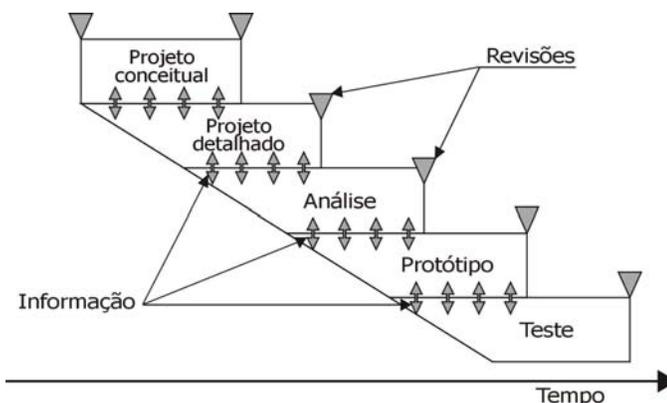


Figura 10: o modelo simultâneo de desenvolvimento do produto (baseado em YAZDANI; HOLMES, 1999).

Segundo Cunha (2003), esta abordagem conduz à redução do tempo de desenvolvimento de um novo produto, pois ao paralelismo temporal das atividades soma-se o fato de que os problemas são detectados mais cedo em relação ao emprego da tradicional engenharia seqüencial. Esse autor destaca ainda que, além da redução do tempo de desenvolvimento do produto, a ES possibilita também a redução de seu custo de desenvolvimento.

De acordo com Miller<sup>21</sup> (1993) *apud* Cunha (2004), o paralelismo no transcurso entre as atividades de projeto e produção está associado, também, ao fato de que os profissionais ligados às funções técnicas atuantes em uma ou outra atividade devem trocar informações entre si ao longo da execução das mesmas. Esse autor afirma que isto resulta na redução do clássico distanciamento entre o projeto e a produção do produto, decorrente da própria especialização das atividades técnicas.

<sup>20</sup> Yazdani e Holmes (1999) propõem quatro modelos para o desenvolvimento de projeto a partir de estudos nas indústrias automotiva e aeroespacial. Os modelos ilustram a evolução do projeto seqüencial à Engenharia Simultânea e são denominados como seqüencial, centrado no projeto, concorrente e dinâmico.

<sup>21</sup> MILLER, L. C. G. Concurrent Engineering Design: Integrating the Best Practices for Process Improvement. Dearborn: Society of Manufacturing Engineers Publications (1993).

Laufer (1997) trata o conceito de simultaneidade de forma mais ampla, definindo ES<sup>22</sup> como uma forma para a gestão de empreendimentos complexos em ambientes dinâmicos, com elevado grau de incerteza. Esse autor destaca que, para atuar neste contexto, os gerentes devem estar aptos para lidar com situações extremas, trabalhando com o planejamento de longo e curto prazo e entre questões mais abrangentes e detalhes a fim de conseguirem lidar com as constantes demandas em mudança.

De acordo com Syan (1994), a ES vem sendo praticada pela indústria automotiva japonesa sem esta denominação, conseguindo a redução tempo do desenvolvimento de novos produtos em relação aos fabricantes europeus. Koskela (2000) também aponta a ampla aplicação da ES, e a sua semelhança com o Sistema Toyota de Produção (STP), por ambas abordagens terem nascido na prática e, segundo Ballard (2000c), com o princípio em comum da integração do projeto do produto e do processo de produção. Koskela (2000) aponta que a ES e o STP integram uma nova abordagem de gestão da produção com alguns conceitos e princípios em comum, sendo que ambas carecem de um referencial teórico mais bem consolidado que auxilie sua compreensão.

Ainda relacionado ao STP, Sobek II et al. (1999) apontam o *Set-based Concurrent Engineering* (SBCE)<sup>23</sup> como o segundo paradoxo. O primeiro paradoxo é a existência de sistemas de produção eficientes e flexíveis.

Para o entendimento do SBCE, é importante o entendimento da abordagem tradicional, denominada *Point-based Serial Engineering* (PBSE)<sup>24</sup>. De acordo com Sobek II et al. (1999), no PBSE, cada função envolvida no projeto gera a sua melhor solução, e entrega à função seguinte, sendo o desenvolvimento do projeto focado em apenas uma solução, considerada como a melhor naquele momento.

No SBCE, os participantes de diferentes funções<sup>25</sup> envolvidas no PDP pensam, desenvolvem e transmitem um conjunto de soluções de projeto. Gradualmente as soluções apresentadas são refinadas com base em informações adicionais (desenvolvimento, testes, consumidores e outros participantes) e são feitas mudanças que atendam às críticas das demais funções envolvidas no PDP.

Segundo Sobek II et al. (1999), o SBCE não emprega muitas das práticas consideradas como fundamentais ao sucesso da ES. Esses autores afirmam que o desenvolvimento em paralelo de um conjunto de alternativas convergindo a uma solução evita problemas posteriores e conduz à tomada de decisões que aumentam o desempenho do sistema de produção. A tomada de decisão neste processo

---

<sup>22</sup> Laufer et al. (1996) usam a expressão *Simultaneous Management* (gestão simultânea).

<sup>23</sup> *Set-based Concurrent Engineering*, pode ser traduzido como a engenharia simultânea de um conjunto de soluções.

<sup>24</sup> *Point-based Serial Engineering*, pode ser traduzido como a engenharia seqüencial de uma solução.

<sup>25</sup> As funções envolvidas, de acordo com Sobek II et al (1999) são: modelagem, marketing, carroceria, chassi e manufatura.

tende a ser prorrogada, porém, o desenvolvimento de novos produtos ocorre de forma mais rápida e eficiente, com a gradual redução da incerteza através de pontos de controle<sup>26</sup> ao longo do processo. É destacado ainda por esses autores que os princípios empregados no SBCE não são prescritivos, isto é, a sua aplicação pode variar a cada projeto.

Com relação à prototipagem, de acordo com Yazdani e Holmes (1999), no modelo concorrente esta etapa inicia muito antes e se sobrepõe com a produção dos equipamentos de manufatura, iniciando alterações não apenas no projeto do produto mas também no projeto do processo de produção.

Syan (1994) destaca como principais objetivos da ES: (a) a redução do *lead time* do desenvolvimento do produto; (b) o aumento dos lucros e competitividade; (c) o maior controle do projeto e custos de manufatura; (d) a maior integração entre departamentos; (e) a consolidação da imagem da companhia e de seus produtos; e (f) melhoria da qualidade do produto além da promoção do espírito de equipe.

Também são destacados como objetivos da ES a elaboração de um projeto adequado na sua primeira versão e o aumento da satisfação dos clientes (KAMARA et al., 2001; HUOVILA et al., 1997; KAMARA et al., 1997; PRASAD, 1996; HARTLEY, 1998).

Com relação à redução do *lead time*, Hopp et al. (1990)<sup>27</sup> *apud* Koskela (2000) apontam que dentre as abordagens práticas à sua obtenção estão a redução do tamanho dos lotes<sup>28</sup> e a mudança das atividades seqüenciais para paralelas, alterando suas relações de sobreposição.

Newbold (1988) afirma que a redução de *lead times* em projeto pode representar a redução em mudanças ou cancelamentos devido ao menor tempo disponível para o cliente mudar de opinião. Esse autor aponta que quanto mais longo o desenvolvimento do projeto, maior a probabilidade de mudanças dos requisitos do cliente. Entretanto, enquanto a redução de *lead times* em projeto pode minimizar a interferência do cliente, pode também contribuir à perda da oportunidade de atender a requisitos do cliente, principalmente requisitos latentes, captados ao longo do desenvolvimento do projeto.

Para Koskela (2000), considerando a perspectiva do controle, é importante que os ciclos de detecção de desvios e correção sejam acelerados. Esse autor afirma que em projeto e planejamento, há muitas tarefas em aberto que se beneficiam com uma busca iterativa por soluções melhores e, quanto menor o tempo de ciclo, maior o número de ciclos que podem ser rodados.

---

<sup>26</sup> Na publicação original pontos de controle são *process gates*.

<sup>27</sup> Hopp W. J.; Spearman, M. L. & Woodruff, D. L. Practical Strategies for Lead Time Reduction. *Manufacturing Review*, vol. 3, n 2, p. 78-84, 1990.

<sup>28</sup> A redução do tamanho dos lotes será abordada no capítulo 3.

De acordo com Susman e Dean (1992), a redução do *lead time* para a entrega de um produto tem reflexo no aumento na frequência da comunicação entre as equipes envolvidas em projeto e produção quando estas precisam trocar informações que são ambíguas ou incertas. Esses autores destacam que o aumento da frequência da comunicação entre as partes é instigado pela interdependência existente entre projeto e produção.

### 2.7.1 Princípios da ES

Os princípios da ES encontrados na bibliografia consultada, apesar de variarem em número e em conteúdo, apresentam alguns pontos de convergência, tais como a sobreposição de fases, o desenvolvimento do trabalho em equipes, a ênfase à intensa comunicação e a antecipação na identificação de problemas e tomada de decisão.

Considerando a ES na manufatura, Prasad (1996) aponta que a ES está fundamentada em oito princípios: (a) a antecipação na identificação de problemas; (b) a antecipação na tomada de decisão; (c) a estruturação do trabalho, considerando recursos humanos e de equipamentos; (d) a afinidade do grupo de trabalho; (e) a promoção do conhecimento; (f) o entendimento comum do trabalho das equipes envolvidas; (g) a autonomia às equipes; e, (h) a constância nos propósitos de todos os envolvidos.

Laufer (1997) trata o conceito de simultaneidade<sup>29</sup> de forma mais ampla, como uma forma para a gestão de empreendimentos complexos, em ambientes dinâmicos e com elevada incerteza, nos quais os gerentes devem ter condições para lidar com questões mais amplas e detalhes ao mesmo tempo. Esse autor apresenta nove princípios, divididos em três áreas: planejamento, liderança e integração e, sistemas.

Os princípios apresentados por Laufer (1997) são: (a) o planejamento integrado e sistemático; (b) a tomada de decisão ajustada à incerteza; (c) o isolamento e absorção das tarefas em função da incerteza associada; (d) a liderança interna e externa; (e) o desenvolvimento das equipes; (f) a sobreposição de fases; (g) a simplificação dos procedimentos; (h) a intensiva comunicação; e, (j) o monitoramento sistemático. Para esse autor, esses princípios podem ser adaptáveis a diferentes contextos e não são independentes mas complementares, e por isso devem ser utilizados em conjunto a fim de alcançar maior eficiência.

---

<sup>29</sup> Laufer (1997) trata a simultaneidade como *Simultaneous Management*, referindo-se à gestão simultânea de um empreendimento.

Kamara et al. (1997) apresenta oito princípios e enfatiza o foco na satisfação do cliente, aspecto não abordado pelos outros autores consultados. Segundo esses autores os princípios são: (a) a necessidade de suporte organizacional para implementar as mudanças no processo de negócios que facilitarão as práticas simultâneas de trabalho; (b) o uso de equipes multidisciplinares no PDP; (c) antecipação na consideração de todas as questões relativas ao ciclo de vida do produto<sup>30</sup>; (d) o processamento paralelo, sempre que possível, resultante da reestruturação do trabalho; (e) o gerenciamento adequado da informação para aumentar a precisão e facilitar o fluxo de informação entre as equipes de trabalho; (f) a integração de tecnologias e ferramentas para viabilizar a simultaneidade dos projetos do produto e do processo; (g) a melhoria contínua através da incorporação de lições aprendidas; e, (h) o foco contínuo nos requisitos do cliente<sup>31</sup>.

## 2.8 A ES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com Cherns e Bryant<sup>32</sup> (1998) *apud* Kamara et al. (1997), a indústria da construção é fragmentada e composta por empresas heterogêneas e diferentes tanto em termos de tamanho como de escopo de trabalho. Para esses autores, na construção os empreendimentos têm caráter único e normalmente envolvem um grande número de empresas e profissionais, sendo formada uma organização múltipla para cada empreendimento, a qual tem relação direta com o desempenho deste.

Koskela (2000) sugere que uma das causas raiz de perda de valor na construção está associada às suas peculiaridades como a singularidade, o canteiro de produção e a produção temporária. Conforme esse autor, essas peculiaridades contribuem para a complexidade, variabilidade e falta de transparência, e se não mitigadas, contribuem para as perdas.

Conforme Kamara et al. (1997), existe muita fragmentação dentro e entre diferentes fases no processo de construção, resultando em perdas de informações de projeto e falhas nas fases iniciais de projeto na consideração de questões relacionadas às fases seguintes do empreendimento. Para esses autores, estas ocorrências têm levado a insatisfação dos clientes, que não recebem aquilo que foi solicitado.

De acordo com Koskela (2000), predomina a abordagem seqüencial no desenvolvimento de empreendimentos na construção: o cliente seleciona o arquiteto que desenvolve o projeto e as

---

<sup>30</sup> De acordo com Cunha (2003), a gestão do ciclo de vida do produto engloba todas as etapas relativas ao desenvolvimento do produto desde sua concepção até a venda, considerando que este conceito é uma constante, ciclicamente presente na vida da organização.

<sup>31</sup> Requisitos do cliente são objetivos, necessidades, desejos e expectativas do cliente. Esses requisitos constituem a primeira fonte de informação para um empreendimento na construção (KAMARA et al., 2001).

<sup>32</sup> CHERNS, A. B.; BRYANT, D. T., The Construction Project Team as a Temporary Multiorganization: The Role of the Client System, Final Report. SERC Project n° GR/C/88352, 1998.

especificações, seguido dos projetos e especificações da estrutura e instalações. Segundo o mesmo autor, a construção é em geral responsabilidade de uma construtora contratada pelo cliente, existindo mudanças consideráveis nos participantes do empreendimento durante a execução: a empresa construtora não participa do projeto e os consultores e projetistas normalmente não têm grande envolvimento com a construção. Esta abordagem cria condições desfavoráveis à integração entre projeto e produção.

Fabrício (2002) aponta a terceirização dos projetos como característica singular na construção, através da qual as empresas de projeto prestam serviços a mais de um contratante ao mesmo tempo, estando envolvidas simultaneamente em diferentes projetos. Esse autor destaca a necessidade de considerar as restrições impostas pelos compromissos de cada projetista em outros empreendimentos nos quais estes estão envolvidos, bem como a variabilidade na demanda por projetos.

Conforme Kamara et al. (1997), há uma proximidade entre os objetivos e princípios da ES e os desafios enfrentados pela indústria da construção: a necessidade de aumentar a satisfação do cliente, e melhorar a qualidade do produto, dentro dos limites possíveis.

Segundo Kamara et al. (1997), alguns pontos chave podem ser melhorados na indústria da construção com a adoção da ES: (a) a integração dos processos de projeto e produção; (b) o desenvolvimento simultâneo do processo de projeto considerando questões de fabricação, construção e montagem; (c) a melhoria da comunicação entre as equipes de projeto e produção; (d) a adaptação eficaz de novas tecnologias; (e) a satisfação dos clientes internos e finais; e (f) a integração de questões de qualidade, custo, segurança, desempenho e entrega do empreendimento. Huovila et al. (1997) consideram que a ES enfatiza também as relações estratégicas com fornecedores, nem sempre destacada no processo tradicional e seqüencial na construção.

Conforme Anumba e Evbuomwan (1997), a implementação da ES na construção é uma forma de viabilizar a contratação e o desenvolvimento de projeto e construção juntos. Segundo esses autores, há uma série de vantagens associadas a este método de contratação como a redução de *lead times*, envolvimento do contratante no processo de projeto, maior certeza do preço do empreendimento, melhoria da comunicação e redução do tempo de construção. Entretanto, há uma série de desvantagens atribuídas à contratação conjunta de projeto e construção, como a redução da qualidade dos projetos, a limitação de alterações solicitadas pelos clientes e o alto custo da contratação (ANUMBA; EVBUONWAN, 1997).

Para Kamara et al. (1997), a natureza do produto edifício tem implicações para a implementação da ES na construção, já que os produtos acabados são montados em um canteiro, sendo difícil e oneroso realizar alterações após a sua conclusão. Esses autores destacam que, de modo diferente à indústria manufatureira, em que o projeto pode ser alterado e eventuais falhas podem ser corrigidas ao longo do ciclo de vida do produto, na indústria da construção é necessário que os projetos sejam desenvolvidos de forma correta até o início da produção do edifício. Tratando-se da aplicação da ES na construção é necessário que os projetos associados aos eventos da produção em curso estejam corretos, sendo inevitável o desenvolvimento dos demais projetos de forma simultânea à produção.

## 2.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem seqüencial para a condução do PDP na construção tem sido apontada como inadequada para determinados empreendimentos por não atender a demandas de prazo, qualidade e satisfação dos clientes. Ainda, esta abordagem induz a pouca integração entre projeto e produção, apontada como um dos principais problemas na indústria da construção.

Embora a ES tenha atingido bons resultados em outras indústrias e aponte caminhos para a melhoria na indústria da construção, ainda são encontradas dificuldades à sua implementação em função das suas peculiaridades e da dificuldade de integração entre projeto e produção. A simples sobreposição de projeto e produção não são suficientes à consecução do empreendimento, sendo necessária a gestão integrada destes processos principalmente com relação ao planejamento e controle. O capítulo 3 trata do planejamento e controle da produção (PCP) e algumas técnicas e ferramentas empregadas no planejamento e controle de projetos, bem como a sua integração.

## 3 O PLANEJAMENTO E CONTROLE NA CONSTRUÇÃO

---

### 3.1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo discute o planejamento e controle na construção, incluindo a sua definição e o modelo proposto pelo NORIE/UFRGS para a produção. Em seguida, são apresentadas as principais diferenças entre projeto e produção com relação ao planejamento e controle, e discutidos os conceitos de tamanho do lote e tempo de ciclo, relevantes à aplicação da ES. Ao final são apresentadas algumas técnicas empregadas para o planejamento e controle do processo de projeto.

### 3.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE

#### 3.2.1 Definições de planejamento

São diversas as definições para planejamento encontradas na bibliografia:

- (a) Planejamento é considerado como um processo de tomada de decisão realizado para antecipar uma ação futura desejada, utilizando para isso meios eficazes para concretizá-la (LAUFER; TUCKER, 1987);
- (b) Na construção, planejamento é a produção de orçamentos, cronogramas e outras especificações detalhadas a serem seguidas e as restrições a serem obedecidas na execução do empreendimento. Uma vez iniciada a produção, o gerenciamento destina seus esforços ao controle (BALLARD; HOWELL, 1997);
- (c) Um plano útil ao processo no futuro deve ser uma previsão da melhor forma de conduzir este processo no futuro. Assim, um dos principais objetivos do planejamento deve ser uma ferramenta para controle do processo atual (BIRREL, 1980).

A definição de planejamento adotada no presente trabalho é a proposta por Formoso et al. (1999): planejamento é o processo de tomada de decisão que envolve o estabelecimento de metas e dos procedimentos necessários para atingi-las, sendo eficaz somente quando seguido de controle.

Ballard (2000) define o controle como o monitoramento em relação aos objetivos do empreendimento e à tomada de decisão quando a situação parece sair do controle. Segundo esse autor, esse conceito é diferente do controle da produção, o qual é dedicado à conformidade de eventos de acordo com o planejamento ou o replanejamento quando essa conformidade não ocorre. Ballard (2000) afirma ainda

que deve-se considerar a produção como um fluxo de materiais e informações entre especialistas, dedicados à geração de valor ao consumidor, investidores e demais intervenientes.

De acordo com Laufer e Tucker (1987), o processo de planejamento e controle pode ser representado através de duas dimensões básicas: horizontal e vertical. A primeira refere-se às etapas de realização do processo de planejamento e controle, enquanto a segunda refere-se a como essas etapas são vinculadas entre os diferentes níveis gerenciais de uma organização.

Segundo Laufer e Tucker (1987), na dimensão horizontal o processo de planejamento envolve cinco etapas, apresentadas na figura 11 e são elas: a preparação do processo de planejamento, a coleta de informações, a elaboração dos planos, a difusão das informações e a avaliação do processo de planejamento. Cada uma destas etapas é descrita a seguir:

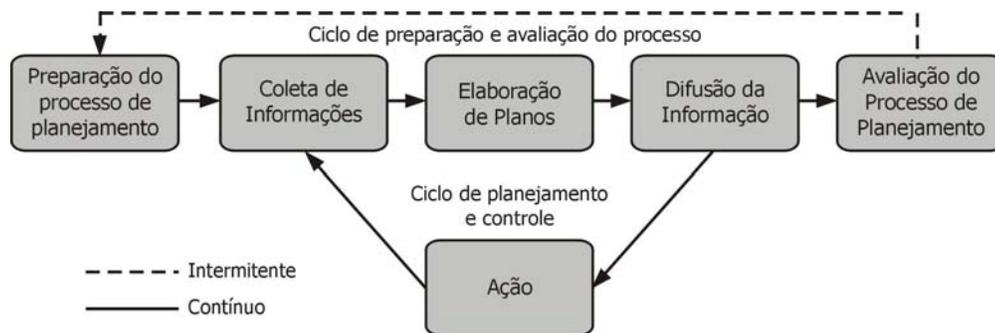


Figura 11: dimensão horizontal e as etapas do ciclo de planejamento (baseado em LAUFER; TUCKER, 1987).

- (a) Preparação do processo de planejamento: é a etapa em que ocorre a definição do esforço e tempo para cada fase de planejamento, frequência de atualização, horizontes de planejamento e nível de detalhe e o grau de centralização do planejamento e controle (LAUFER; TUCKER, 1987);
- (b) Coleta de informações: é a etapa em que são coletadas as informações para a execução do planejamento, sendo necessários contratos, especificações, tecnologia de construção, disponibilidade de recursos, da capacidade produtiva, entre outras (LAUFER; TUCKER, 1987). Formoso et al. (1999) apontam a importância desta etapa para a qualidade do processo de planejamento e controle pela forte dependência entre a qualidade dos planos e a disponibilidade de informações;
- (c) Elaboração dos planos: é a etapa em que são tomadas decisões com base na avaliação das informações coletadas, usando técnicas de planejamento (LAUFER; TUCKER, 1987).

Formoso et al. (1999) apontam que diversas técnicas de planejamento podem ser empregadas, podendo sua eficácia estar associada ao tipo de obra, ao nível de plano a ser elaborado, da habilidade dos responsáveis e outros fatores que extrapolam a natureza da técnica empregada;

- (d) Difusão das informações: é a etapa em que as informações geradas com a elaboração dos planos são difundidas conforme a necessidade dos usuários (LAUFER; TUCKER, 1987). Formoso et al. (1999) destacam a necessidade de definição da natureza da informação demandada por cada cliente interno, a periodicidade de divulgação, o formato de apresentação e o ciclo de retroalimentação; e,
- (e) Avaliação do processo de planejamento: é a etapa que, segundo Laufer e Tucker (1987), pode ocorrer ao final do empreendimento ou mesmo durante sua realização. É necessário definir a periodicidade dos ciclos de avaliação de forma a detectar falhas nas diversas etapas, criando-se, assim, possibilidade de melhorias (FORMOSO et al., 1999).

Segundo Formoso et al. (1999) o ciclo de preparação e avaliação do processo tem um caráter intermitente e se refere às definições do processo de planejamento e controle, que são realizadas no início do empreendimento e nas avaliações deste processo, parciais ou ao final de cada empreendimento. Os mesmos autores apontam que o ciclo de planejamento e controle, por sua vez, repete-se várias vezes durante a realização de um empreendimento, em diferentes níveis hierárquicos, baseado nas definições formuladas a partir do ciclo anterior.

De acordo com Laufer e Tucker (1988), o grau de detalhe deve variar conforme o horizonte de planejamento, aumentando com a proximidade da implementação. Planos com muitos detalhes podem se mostrar ineficazes diante de uma situação de grande incerteza, devido ao esforço necessário para planejá-los novamente (LAUFER; TUCKER, 1988).

Formoso et al. (1999) apontam a necessidade de hierarquização do planejamento como forma de proteger a produção dos efeitos nocivos da incerteza. Desta forma é possível definir três grandes níveis hierárquicos na gestão de processos (NEALE; NEALE, 1986<sup>33</sup> *apud* FORMOSO et al., 1999; LAUFER, 1997):

- (a) 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 do

---

<sup>33</sup> NEALE, R. H.; NEALE, D. E. **Construction Planning**. London, Thomas Telford, 1989.

empreendimento, tais como a definição do prazo da obra, fontes de financiamento, parcerias, dentre outras;

- (b) Tático: envolve principalmente a seleção e aquisição dos recursos necessários para atingir os objetivos do empreendimento (por exemplo, tecnologia, materiais, mão-de-obra), e a elaboração de um plano geral para a utilização, armazenamento e transporte destes recursos;
- (c) Operacional: relacionado principalmente à definição detalhada das atividades a serem realizadas, seus recursos e momento de execução.

### 3.3 O MODELO DE PCP PROPOSTO PELO NORIE/UFRGS

O modelo de planejamento e controle da produção (PCP) do NORIE<sup>34</sup> / UFRGS apresentado a seguir foi proposto por Formoso et al. (1999) e desenvolvido com base nas dimensões horizontal e vertical propostas por Laufer e Tucker (1987), sendo dividido em três níveis hierárquicos: longo, médio e curto prazo. O modelo tem embasamento também no modelo de PCP proposto por Ballard (2000), denominado sistema *Last Planner* de controle da produção, o qual abarca o médio e curto prazo.

#### 3.3.1 O planejamento de longo prazo

Formoso et al. (1999) apontam que o planejamento de longo prazo consiste no primeiro nível de planejamento tático e tem como principal objetivo o plano mestre. Neste nível são definidas as metas do empreendimento, os ritmos de execução dos principais processos e seus respectivos prazos de produção, bem como o fluxo de despesas em conjunto com os dados do orçamento.

Este nível de planejamento pode ser realizado através de diferentes técnicas de planejamento e programação, tais como gráfico de Gantt, rede de precedência e linha de balanço (LAUFER e TUCKER, 1987). Segundo Formoso et al. (1999), o grau de detalhe utilizado nos planos gerados neste nível é variável, dependendo principalmente da incerteza envolvida no processo de produção.

De acordo com Formoso et al. (1999), o plano mestre serve como ponto de partida para a realização do planejamento de médio prazo. Por ser um nível de planejamento que envolve muita incerteza, o plano de longo prazo está sujeito a alterações ao longo do empreendimento, o que justifica a sua elaboração pouco detalhada, condição que exige menos esforço para as eventuais alterações.

---

<sup>34</sup> Núcleo Orientado para a Inovação na Edificação do Programa de Pós Graduação da Engenharia Civil da UFRGS.

### 3.3.2 O planejamento de médio prazo

O planejamento de médio prazo constitui-se em um segundo nível de planejamento tático, que faz a vinculação entre o plano mestre e os planos operacionais. Este nível de planejamento tende a ser móvel e por esta razão denominado *look ahead planning* (planejamento olhando para a frente). Os serviços definidos no plano mestre são detalhados e segmentados nos lotes em que deverão ser executados, de acordo com o zoneamento estabelecido (FORMOSO et al., 1999).

Segundo Ballard e Howell (1997), neste nível de planejamento ocorre uma das principais etapas de proteção da produção contra a incerteza prevista no sistema de controle *Last Planner*, a análise de restrições, que de acordo com Tommelein (1998), é fundamental para garantir o fluxo contínuo à produção.

Codinhoto et al. (2003) definem restrições como atividades gerenciais, necessidades físicas, financeiras e de informações de projeto que se não disponibilizadas no momento, na quantidade e especificação corretas, impedem a programação dos pacotes de trabalho relacionados às mesmas. Estas necessitam de um responsável por removê-las, uma data limite para a remoção e uma tarefa a ser executada atribuída a elas.

A partir da remoção das restrições à execução das atividades, estas podem ser inseridas no plano de curto prazo. Ballard (2000) aponta que a análise de restrições é realizada a partir da avaliação de cada atividade programada no horizonte planejado no médio prazo, o qual pode variar conforme a empresa ou empreendimento. Para Formoso et al. (1999), a realização do planejamento de médio prazo é tipicamente de responsabilidade da gerência da obra.

Codinhoto (2003) destaca que o planejamento de médio prazo da produção constitui o principal ponto de ligação entre o planejamento e controle de projeto e da produção, à medida que as restrições de projeto do produto ou do processo de produção são identificadas e encaminhadas em tempo hábil, antes da execução, aos responsáveis por seu desenvolvimento. Neste sentido, as restrições de projeto podem representar lotes de projeto a serem desenvolvidos pelos projetistas, e programadas no planejamento de curto prazo de projeto.

### 3.3.3 O 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, estabelecendo a partir das atividades programadas no planejamento de médio prazo, atividades em lotes menores, designadas como tarefas ou pacotes de trabalho. Ballard e Howell (1997) apontam que neste nível de planejamento é aplicado o mecanismo da proteção da produção que é um dos principais elementos do sistema *Last Planner* de planejamento da produção proposto por esses autores.

A proteção da produção busca aumentar a confiabilidade do planejamento e a redução da incerteza relacionada à execução dos trabalhos, através da produção de planos passíveis de serem atingidos por meio da liberação para a execução apenas de pacotes cujas restrições associadas tenham sido removidas. De acordo com Ballard (1999), quando o ambiente é muito dinâmico e o sistema de produção é muito incerto e variável, para que o planejamento seja confiável, não pode ser detalhado muito antes dos eventos planejados serem realizados.

Ballard (2000) define o sistema *Last Planner* como um sistema puxado<sup>35</sup> pois as informações e materiais apenas são disponibilizados se existe capacidade para realizar as tarefas a serem programadas. As tarefas ou pacotes de trabalho são disponibilizados no *look ahead*, e a capacidade é checada através da avaliação se os pacotes de trabalho a serem programados atendem a critérios de qualidade quanto a:

- (a) Definição: especificação da atividade de modo a permitir a definição do tipo e quantidade de material e mão-de-obra, possibilitando identificar se a atividade foi concluída ao final de um ciclo de planejamento;
- (b) Disponibilidade: os recursos necessários devem estar disponíveis quando solicitados para a execução da atividade planejada;
- (c) Seqüenciamento: as atividades devem ser selecionadas, observando o seqüenciamento necessário para garantir a continuidade dos serviços de outras equipes;
- (d) Tamanho: as atividades designadas devem ser compatíveis com a capacidade produtiva das equipes de produção;

---

<sup>35</sup> Hopp e Spearman (1996) apontam que um sistema empurrado programa a entrega do trabalho com base na demanda, enquanto um sistema puxado autoriza a realização do trabalho com base no estado do sistema de produção.

- (e) Aprendizagem: as causas das atividades não completadas devem ser encontradas a fim de definir as ações corretivas.

É possível afirmar que o sistema *Last Planner* tem forte fundamentação na teoria TFV proposta por Koskela (2000), e seu uso no planejamento e controle tem importante contribuição na redução das atividades que não agregam valor, por empregar técnicas da produção puxada.

Segundo Formoso et al. (1999), o planejamento neste nível tem um forte papel de engajamento das equipes com as metas estabelecidas e por isto é denominado de *commitment planning* (planejamento de comprometimento). Este engajamento pode ser obtido em reuniões periódicas com os envolvidos na produção (gerente da obra, mestre-de-obras e subempreiteiros), fechando os ciclos de planejamento e controle com a avaliação do cumprimento das metas no período anterior e do planejamento do período seguinte.

Neste ciclo de planejamento e controle que, segundo Formoso et al. (1999), pode ser diário, semanal ou quinzenal, ocorre uma etapa importante do controle que é a identificação das tarefas não concluídas, devendo ser investigadas as causas de não conclusão das tarefas. Através do cálculo do percentual de tarefas completadas em relação ao total de tarefas planejadas para o período considerado é extraído o indicador PPC (Percentual do Planejamento Concluído) proposto por Ballard e Howell (1997). Este procedimento deve gerar aprendizado a partir da identificação dos problemas associados ao não cumprimento das tarefas.

### 3.3.4 Indicadores de desempenho

Os indicadores consistem em expressões quantitativas que representam uma informação gerada a partir da medição e avaliação de uma estrutura de produção, dos processos que a compõem e/ou dos produtos resultantes (SOUZA, 1994).

Para Souza (1994), a medição e a avaliação referem-se à identificação dos dados e informações e ao estabelecimento de critérios, especificações ou valores para comparação entre os resultados obtidos e os padrões ou metas definidas. Dessa forma, os indicadores constituem-se em instrumentos de apoio à tomada de decisão com relação a uma determinada estrutura, processo ou produto.

Lantelme (1994) afirma que, através da retroalimentação, os dados obtidos podem ser comparados com os resultados desejados e ações corretivas podem ser implementadas. Logo, a retroalimentação tem forte relação com o controle. Segundo Costa (2003), para o uso eficaz das medidas é necessário

que as pessoas envolvidas desenvolvam senso crítico e aprendizado quanto às informações fornecidas pelos indicadores.

Oliveira (1999) propôs um conjunto de indicadores para o modelo de PCP do NORIE, dentre os quais podem ser destacados o PPC (percentual do planejamento concluído) e a análise no item 3.3.3.

Quanto ao planejamento de médio prazo, Codinhoto et al. (2003) propôs o IRR (índice de remoção de restrições), também aplicável ao modelo de PCP do NORIE. Esse indicador é obtido através do quociente entre o número de restrições removidas para a primeira semana planejada, pelo número de restrições planejadas para o horizonte planejado. Já o IRRT é obtido pelo quociente entre o número de restrições removidas ao final do ciclo de planejamento de médio prazo e o número de restrições planejadas para o mesmo período.

### 3.4 O PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO DE PROJETO

#### 3.4.1 Diferenças entre projeto e produção em relação ao planejamento e controle

Segundo Tzortzopoulos et al. (2001), o processo de projeto apresenta algumas diferenças em relação à produção física, apresentadas na figura 12. Koskela (2000) apresenta considerações semelhantes àqueles autores quanto à incerteza, natureza repetitiva e conclusão do trabalho, destacando que as iterações são muito maiores em projeto em relação à produção.

PRODUÇÃO FÍSICA	PROCESSO DE PROJETO
Produz bens físicos	Produz informação
Maior previsibilidade e certeza	Menor previsibilidade e certeza
Processo repetitivo	Processo não repetitivo
Há padrões de duração do trabalho	O trabalho se expande e preenche o tempo disponível
O trabalho é realizado ou não	É difícil determinar quando o trabalho encerra
Provável aprendizagem devido à repetição	Improvável aprendizagem devido à repetição
Risco e variabilidade devem ser evitados	Variabilidade (necessária à geração de valor) e desejável em algumas tarefas

Figura 12: principais diferenças entre a produção física e projeto (baseado em Tzortzopoulos et al., 2001).

As iterações em projeto podem estar associadas à evolução da maturidade deste e a outras alterações sofridas ao longo de seu desenvolvimento. Reinertsen (1997) aponta que o custo das alterações ao longo do processo de projeto evolui de forma diferente aos custos na produção. As alterações que ocorrem cedo no processo de projeto têm um custo reduzido, enquanto as alterações tardias representam um custo elevado.

Reinertsen (1997) também destaca que o propósito fundamental do processo de projeto é gerar informação e que estas são trocadas em lotes ao longo do PDP. Esse autor salienta que as informações necessárias ao desenvolvimento de soluções de projeto são disponibilizadas mais tarde se comparado aos insumos da produção. Em uma atividade de produção, o produto requer 100% das informações no início do processo e os requisitos não devem ser alterados, diferente do que ocorre no processo de projeto, quando o trabalho é iniciado sem todas as informações e os requisitos estão sujeitos a alterações após o início do trabalho.

Quanto à repetitividade, Reinertsen (1997) afirma que em projeto não há valor em criar duas vezes o mesmo produto, enquanto na produção ocorre o oposto. Desta forma esse autor destaca que o processo de projeto apenas pode gerar valor criando coisas novas.

De acordo com o mesmo autor, a pressão constante por inovações e produtos diferentes tem implicações importantes na gestão do processo de projeto, dentre elas a variabilidade que tende a ser muito maior se comparada ao processo de produção, de natureza repetitiva. Esta variabilidade é um indicador de que está sendo produzido algo de novo e que o processo de projeto está gerando valor (REINERTSEN, 1997), o que está relacionado ao fato de que o resultado do processo de projeto não é completamente previsível (BALLARD, 2000b).

Apesar das diferenças existentes entre o processo de projeto e produção apresentados, alguns autores (REINERTSEN, 1997; CLARK; FUJIMOTO, 1991; BARKAN, 1992) apontam que alguns conceitos empregados com eficácia na gestão da produção são passíveis de aplicação na gestão de projeto, especialmente em situações de simultaneidade entre estes processos. Entretanto, Barkan (1992) destaca que não se deve tentar reduzir o processo de projeto a algo inflexível como uma linha de produção rígida.

### 3.4.2 O seqüenciamento do planejamento de projeto

Segundo Koskela et al. (1997), para possibilitar a realização do planejamento do processo de projeto é necessária a definição da seqüência de atividades, bem como da quantidade de trabalho adequada à capacidade de produção dos projetistas.

Em muitos empreendimentos, o projeto não pode ser programado somente com base na lógica interna do projeto. Além disto, há três outros fatores que influenciam a ordem das tarefas de projeto: construção (ordem das tarefas no canteiro), pré-fabricação (*lead time* de pré-fabricação) e as autoridades de controle (documentos necessários para aprovações de autoridades) (KOSKELA et al.,

1997). Tzortzopoulos et al. (2001) apontam ainda que a ordem do projeto é afetada por interesses do cliente e os arranjos financeiros, fatores que podem aumentar a incerteza e afetar negativamente a confiabilidade do planejamento.

Afora estas considerações, Koskela et al. (1997) observam como problemático os seguintes fatores:

- (a) blocos de atividades cujas iterações devem iniciar com informações incompletas. Este fator está muito associado à natureza do problema de projeto que é mais bem definido à medida que a solução a esse problema evolui;
- (b) falta ou atraso de informações decorrentes de requisitos ou decisões do cliente;
- (c) mudanças nos objetivos ou critérios de projeto;
- (d) desajuste nos recursos para projeto, especialmente em um bloco de tarefas associadas em que alguma disciplina pode ser o gargalo;
- (e) ingresso tardio de um projetista; e,
- (f) decisões precoces ou intenções não consideradas em uma tarefa posterior.

### 3.4.3 As relações de dependência em projeto e produção

Alguns autores apresentam três tipos de relações de dependência entre as tarefas<sup>36</sup> em projeto, (ULRICH; EPPINGER, 2000; AUSTIN et al., 1994), conforme a figura 13:

- (a) Dependência seqüencial: impõe uma ordem seqüencial para a execução das tarefas, o que não significa que a tarefa posterior não possa ser iniciada sem a conclusão da antecessora. Geralmente a tarefa posterior pode ser iniciada com informações parciais, porém, não pode ser concluída antes da antecessora.
- (b) Dependência paralela: duas tarefas intermediárias são paralelas e dependem apenas de sua tarefa antecessora, não havendo dependência entre si. Entretanto, o início da tarefa subsequente depende das duas tarefas do meio.

---

<sup>36</sup> Os autores consultados apresentam praticamente as mesmas relações de dependência, porém não há consenso se estas relações são entre atividades ou tarefas, não sendo comum nestas publicações a apresentação destas duas definições. No presente trabalho foram mantidos os termos conforme as referências consultadas.

- (c) Interdependência ou dependência recíproca: ocorre entre tarefas que são reciprocamente dependentes, sendo necessário o resultado de outra tarefa para sua conclusão. Estas tarefas devem ser executadas simultaneamente com troca contínua de informações ou devem ser conduzidas de modo iterativo.

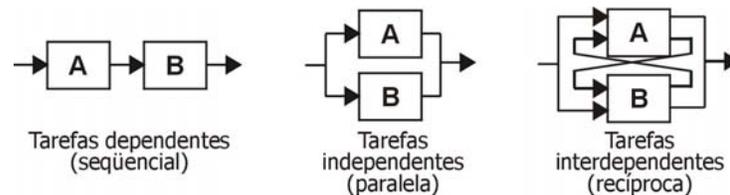


Figura 13: as relações de dependências e seqüenciamento de atividades de projeto (baseado em AUSTIN et al., 1994).

O conceito de dependência é tratado originalmente na bibliografia por Thompson (1967)<sup>37</sup>. Entretanto, esse autor refere-se às relações de dependência entre projeto e produção. Thompson (1967) *apud* Williams (2002) também apresenta três tipos de dependências e, em lugar da paralela, esse autor apresenta a dependência combinada (*pooled*), em que várias tarefas contribuem para a conclusão de algo maior.

Thompson (1967)<sup>38</sup> *apud* Susman e Dean (1992), aponta a interdependência entre projeto e produção como predominantemente seqüencial, pois o produto é projetado e entregue à produção. Segundo esse autor, esta relação de dependência é pouco apurada pois a produção tende a solicitar a alteração tardia do projeto para atender a um custo e qualidade determinados. Esse autor aponta esta relação como pouco apurada pois projeto e produção apresentam interdependência e não podem atingir seus objetivos sem informações de ambas as partes. O mesmo autor afirma ainda que, quanto mais tarde no ciclo de projeto do produto for tratada esta interdependência entre projeto e produção, mais onerosas serão as conseqüências de alterações de projeto.

De acordo com Draper e Martinez (2002), uma atividade é uma unidade de trabalho em torno da qual é estruturado o sistema de produção em um empreendimento da construção, sendo as várias atividades representadas pelo trabalho físico ou tarefas que devem ser realizadas para a produção do empreendimento. Para esses autores, essas atividades são programadas em uma determinada seqüência a fim de definir o fluxo de tarefas visando a construção do produto. Para Gaither e Frazier (2001), atividade é uma determinada quantidade de trabalho necessária ao desenvolvimento do projeto.

<sup>37</sup> Thompson, J. D. *Organizations in Action*. New York: McGraw-Hill, 1967.

<sup>38</sup> Thompson, J. D. *Organizations in Action*. New York: McGraw-Hill, 1967.

Com base na visão de Shingo (1988), Koskela (2000) critica a abordagem tradicional das atividades devido ao caráter reducionista e limitado às atividades de transformação, ignorando as atividades que não são transformação e que não agregam valor, como as atividades de movimentação, espera e inspeção. Esse autor afirma que este problema tem sido tratado de duas formas: (a) a desconsideração das atividades que não são transformação; e, (b) a consideração de todas as atividades como atividades de transformação.

Conforme discutido no item 1.1, as mudanças recentes do PDP têm resultado na necessidade de maior sobreposição entre os processos de projeto e produção, ganhando importância a redução do tamanho dos lotes e o tempo de ciclo, enfatizadas na ES.

#### 3.4.4 O tamanho do lote e o tempo de ciclo

Segundo Reinertsen (1997), a redução do tamanho dos lotes de informação é um dos principais mecanismos para gerenciar o desenvolvimento do produto em situações de incerteza e interdependência entre as atividades.

No presente trabalho, **lote de projeto** é definido como um documento de projeto, representado formalmente através de desenhos ou especificações. Um lote de projeto deve apresentar definições necessárias para o desenvolvimento de outro lote de projeto, à produção no canteiro ou a aprovações junto a representantes legais, tais como órgãos públicos ou concessionárias. **Lote de informação**, por sua vez, é definido como todas as demais informações que são trocadas entre os profissionais envolvidos no processo de projeto, inclusive a equipe de produção, e que não envolvem a produção de documentos formais.

De acordo com Reinertsen (1997), devido à natureza do processo de projeto e à sua singularidade<sup>39</sup>, pode haver grande incerteza a respeito dos momentos de chegada de atividades a serem desenvolvidas, assim como quanto à duração destas atividades, o que denota a grande probabilidade de existência de filas no processo de projeto em decorrência do grau de utilização da capacidade<sup>40</sup> e da variabilidade do sistema.

Hopp e Spearman (1996) apontam que um sistema de filas (*queueing system*) combina três componentes: um processo de chegada, um processo de produção e uma fila. Para esses autores, as

---

<sup>39</sup> Reinertsen (1997) se refere à singularidade do projeto como um processo que é executado uma só vez (*one-time process*), comparando-o ao processo de produção no qual a repetição gera valor.

<sup>40</sup> O autor aponta que o grau de utilização da capacidade ou carga do sistema é a relação entre a sua capacidade e a demanda.

chegadas podem ser tarefas individuais ou lotes, os trabalhos podem ser idênticos ou com características diferentes e o tempo entre chegadas pode ser constante ou variável.

Reinertsen (1997) propõe o entendimento da relação da capacidade de um sistema com o tempo de ciclo a partir da teoria das filas<sup>41</sup>. Esse autor apresenta as variações que ocorrem às filas ao longo do processo de projeto quando os tamanhos dos lotes são alterados, exemplificando situações extremas: em um processo com lotes grandes (figura 14a) é necessário aguardar a chegada de 100% do lote antes de seu início, enquanto em uma situação de fluxo contínuo (figura 14b) o trabalho poderá ser iniciado na primeira unidade tão logo esta chegue.

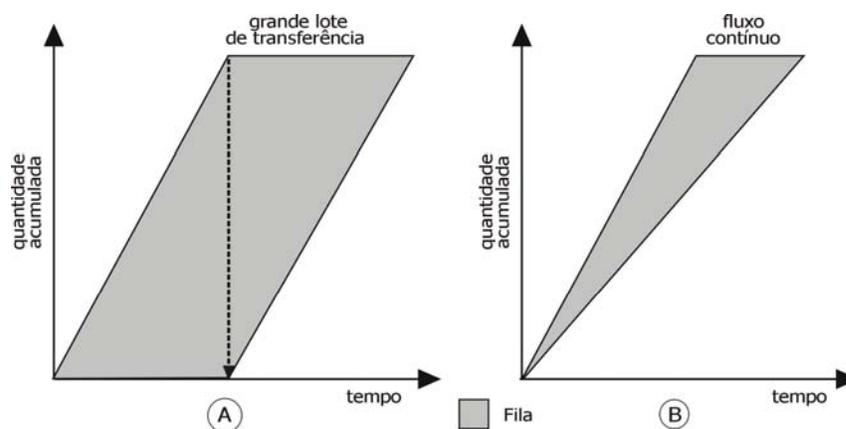


Figura 14: comparação do tempo necessário ao processamento de lotes grandes e pequenos (baseado em Reinertsen, 1997).

Reinertsen (1997) destaca que a redução do tamanho da fila em uma situação de fluxo contínuo com lotes pequenos em relação a uma situação de transferência de grandes lotes não envolve a mudança de capacidade ou a demanda do processo, apenas a redução do tamanho dos lotes no processo. O autor compara esta medida à implementação do *Just in Time*<sup>42</sup> na produção, quando o estoque é reduzido sem mudanças na capacidade.

Segundo Reinertsen (1997), há algumas implicações ao em relação comportamento das filas em um sistema pois um pequeno aumento da carga pode aumentar o tempo de ciclo do trabalho em

<sup>41</sup> Reinertsen (1997) aponta que a teoria das filas foi estudada inicialmente por volta de 1920 pelo estatístico Agner K. Erlang para a definição da capacidade de comutadores de telefonia destinados a atender a uma determinada comunidade, uma vez que as pessoas não ligariam todas ao mesmo tempo e suas ligações teriam diferentes durações. A partir destas variações, estabeleceu relações entre capacidade e tempo de serviço.

<sup>42</sup> Segundo Hopp e Spearman (1996), *Just in Time* é a denominação a um conjunto de atitudes, filosofias, prioridades e metodologias. A idéia chave desta abordagem é a redução de estoque ou trabalho em progresso, o que levou ao emprego de técnicas para viabilizar esta redução como: redução do tamanho dos lotes, reconfiguração de *layout*, cooperação com fornecedores e redução do tempo de *setup*.

desenvolvimento. Para esse autor, a variabilidade de chegada e da duração das atividades é uma grande fonte de incerteza e pode ter diversas origens.

Reinertsen (1997) destaca a importância da redução da variabilidade em projeto, apesar de sua importância com relação à geração de valor. Esse autor sugere a redução da variabilidade, dificultada pela natureza não repetitiva do processo de projeto, para reduzir eventuais filas. Como mecanismos para a redução da variabilidade o mesmo autor propõe a medição das variações a fim de saber o ponto de início, a reutilização de soluções de projeto, a padronização do processo e por fim o uso de lotes menores.

Reinertsen (1997) afirma que em um processo no qual há necessidade de trabalhar com lotes de diferentes tamanhos, um mecanismo que pode contribuir à redução do tempo de ciclo total é a colocação dos lotes menores à frente dos lotes maiores a fim de evitar filas no sistema. De acordo com Koskela (2000), a variabilidade no início da fila tem um efeito mais nocivo que a variabilidade no final da fila.

Newbold (1998) destaca a importância não apenas do tamanho dos lotes de informação mas como ocorre a transferência dos lotes de uma etapa à outra. A transferência de grandes lotes demanda maior tempo e pode acarretar perdas, caso seja identificada alguma falha (figura 15a), risco que pode ser minimizado se os lotes de informação transferidos tiverem menor tamanho (figura 15b). Esse autor apresenta exemplo desta relação considerando uma situação na qual o projeto de arquitetura de um edifício é tratado como um lote do processo<sup>43</sup>, a partir do qual desenhos de parte do projeto, ou lotes de transferência<sup>44</sup>, podem ser entregues ao construtor para que a obra seja iniciada antes da conclusão de todo o projeto.

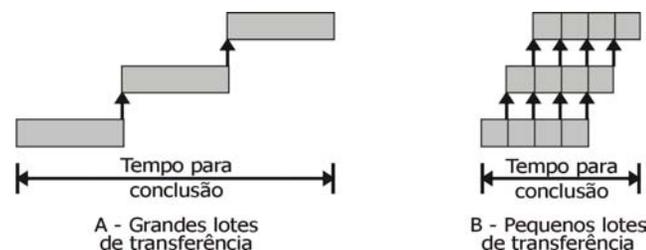


Figura 15: relações do tamanho dos lotes de informação e o tempo para suas transferências (baseado em NEWBOLD, 1998).

<sup>43</sup> Lote do processo – *process batch* – é uma parte do trabalho no qual uma pessoa ou grupo trabalha (Newbold, 1998).

<sup>44</sup> Lote de transferência – *transfer batch* – é uma parte do trabalho que é transferida de uma pessoa ou grupo para outro. Não é necessário que o tamanho do lote de transferência seja igual ao tamanho do lote do processo (Newbold, 1998).

Smith e Reinertsen (1995) destacam a relação de sobreposição entre as atividades e as diferenças no processo de transferência de informações. Para esses autores, em uma situação em que não ocorre a sobreposição entre atividades, a informação é transferida em um grande lote, de forma seqüencial e em apenas uma direção, sem comunicação entre as partes envolvidas (figura 16a). Em situações em que existe sobreposição entre atividades, as informações são transferidas em pequenos lotes e as atividades subseqüentes são iniciadas com informações parciais e incompletas, sendo necessária a comunicação em ambas as direções pela necessidade de questionamentos e retroalimentações entre as partes envolvidas (figuras 16b e 16c).

Segundo Smith e Reinertsen (1995), a busca de formas de antecipar o início do trabalho com informações incompletas estimula uma orientação à solução de problemas, à tomada de iniciativa e tende a manter o foco nos objetivos gerais do empreendimento. Esses autores apontam ainda que o fato da equipe trabalhar com informações em mudança, naturalmente desenvolverá um senso de colaboração e de divisão de responsabilidade. Hartley (1998) aponta que uma das características da ES é que os participantes aprendam a trabalhar com informações incompletas.

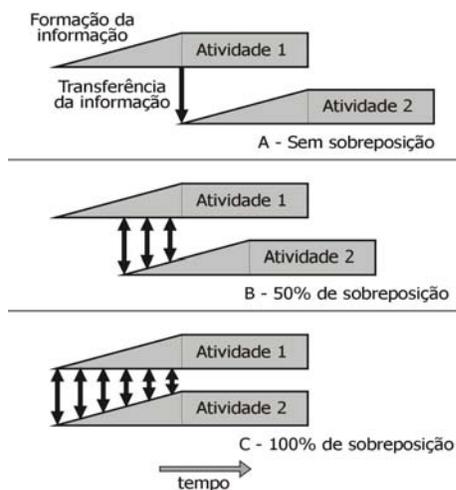


Figura 16: sobreposição de atividades, evidenciando as diferenças no processo de transferência de informação (baseado em SMITH; REINERTSEN, 1995).

Smith e Reinertsen (1995) salientam outro aspecto na sobreposição entre atividades, além da identificação e programação de atividades passíveis de execução simultaneamente. Esses autores relacionam o trabalho desenvolvido com informações parciais à abordagem da produção puxada do *Just In Time* (JIT), apontando como vantagens associadas a sua aplicação no processo de projeto: (a) o fato da informação ser puxada faz com que ela seja disponibilizada antes e em lotes menores; (b) a

informação provavelmente será mais aplicável e orientada a quem a receberá; e (c) haverá menor chance de que a atividade anterior desperdice esforço em algo desnecessário.

### 3.4.5 Técnicas empregadas no planejamento e controle de projeto

#### 3.4.5.1 Técnicas tradicionais de planejamento

As técnicas de rede como o caminho crítico ou CPM (*Critical Path Method*), tradicionalmente empregadas no planejamento da produção, têm sido empregadas também ao planejamento do processo de projeto.

De acordo com Birrel (1980), o CPM foi criado orientado ao planejamento de empreendimentos nos quais o controle de custos e uso eficiente de recursos não eram prioridades em relação à duração dos empreendimentos, condições que diferem do ambiente de planejamento predominante na indústria da construção. De acordo com esse autor, esse é um ponto chave das críticas ao uso do CPM na construção.

Algumas deficiências do CPM são apontadas pela bibliografia:

- (a) Dificuldade de garantir a continuidade das operações no canteiro, considerando que a técnica enfatiza mais as restrições tecnológicas do que as restrições de recursos propriamente (LAUFER e TUCKER, 1987);
- (b) Incompatibilidade com o processo construtivo, uma vez que a técnica é aplicável a processos que envolvam montagem de componentes, demandando um seqüenciamento detalhado das operações envolvidas (FORMOSO, 1991), condição de rigidez no seqüenciamento das atividades que não acontece em determinadas fases da construção (LAUFER e TUCKER, 1987);
- (c) A separação do trabalho entre as equipes de diferentes especialidades, conforme proposto pelas técnicas de CPM, inexistente para a maior parte das atividades na construção devido à tendência de sobreposições em lugar de um desenvolvimento seqüencial (FORMOSO, 1991);
- (d) Uma limitação importante do CPM é a falta de retroalimentação e a pouca transparência às iterações e interdependências (ULRICH; EPPINGER, 2000).

Além das técnicas de rede, também são empregados no planejamento de projeto os gráficos de barras, como o gráfico de Gantt. Segundo Ulrich e Eppinger (2000), um gráfico de Gantt não explicita as

interdependências entre tarefas, as quais podem restringir o momento de execução de cada uma. Hammond et al. (2000) afirmam que o gráfico de Gantt não é adequado ao planejamento de projeto quando utilizado para programar o processo com base em entregas de partes do trabalho em lugar da produção de informação e, por ser elaborado para o planejamento de processos seqüenciais, não tem a capacidade de lidar com a iteração do processo de projeto.

### 3.4.5.2 *Design Structure Matrix (DSM) e ADePT*

A *Design Structure Matrix* (DSM) foi desenvolvida por Steward (1981) para uso no planejamento de atividades de projeto, representando parte do fluxo de informação e os pontos com necessidade de estimativas ao desenvolvimento do projeto. De acordo com Ulrich e Eppinger (2000), a DSM é uma ferramenta útil para a representação e análise de dependências entre atividades.

Segundo Smith e Morrow (1999), o método DSM considera que cada tarefa de projeto pode ser modelada como uma tarefa de processamento de informação em que a informação resultante de uma tarefa se torna a informação de entrada de outra tarefa, e nesta relação de informações resultantes e de entrada ocorrem os ciclos que apontam para a necessidade de iteração.

Em uma DSM, uma tarefa de projeto é associada a uma linha e uma coluna correspondente. As linhas e colunas são nomeadas e ordenadas de forma idêntica, sendo as tarefas normalmente listadas nas linhas. A representação das dependências é feita com marcas nas colunas para indicar a outra tarefa com a qual há dependência. A leitura ao longo de uma linha permite identificar de quais tarefas listadas nas colunas são necessários os resultados<sup>45</sup> para realizar a tarefa correspondente à linha. Na coluna são indicadas as tarefas que recebem informações<sup>46</sup> da tarefa correspondente àquela coluna (figura 17).

Após a definição das tarefas a serem desenvolvidas, é preciso reordenar sua seqüência, o que é chamado de partição ou seqüenciamento da DSM. Esta reordenação é feita, sempre que possível, de acordo com a dependência seqüencial entre as tarefas, de modo que as informações necessárias à execução de cada tarefa fiquem abaixo da diagonal da matriz (ULRICH; EPPINGER, 2000; AUSTIN et al. 1994). Austin et al. (2000) apontam que o propósito da partição de uma DSM é maximizar a informação disponível e minimizar o tamanho dos ciclos de iteração no processo.

---

<sup>45</sup> O resultado de uma tarefa normalmente é tratado na bibliografia como *output*.

<sup>46</sup> As informações de entrada ou insumos são tratadas na bibliografia como *inputs*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Recebimento e aceite da especificação	A													
Geração e seleção de conceito	X	B												
Projeto beta do produto	X	X	C											
Produção beta do produto			X	D										
Desenvolvimento programa de teste	X	X	X		E									
Teste produto beta			X	X	X	F								
Projeto da produção	X	X	X			X	G	X	X					
Projeto moldes	X	X				X	X	H	X					
Projeto ferramentas montagem							X	X	I					
Compra equipamentos montagem					X		X		X	J				
Fabricação moldes								X			K			
Refinamento moldes							X	X			X	L		
Certificação produto					X						X		M	
Rodada de produção inicial										X		X	X	N

Figura 17: DSM não partida com atividades de um projeto da indústria manufatureira (baseado em Ulrich e Eppinger, 2000).

Hannus et al. (1997) descrevem a realização de dois estudos *ex post facto* em empreendimentos na construção empregando a DSM com os objetivos de melhorar a compreensão sobre o processo de projeto e analisar se os problemas encontrados poderiam ter sido identificados e evitados. Os autores destacam as seguintes conclusões:

- (a) Grandes lotes de atividades interdependentes identificados nas fases iniciais do projeto indicam a importância do planejamento conjunto e da troca de informação no início do processo;
- (b) Deve ser feito um *trade off* entre a programação de projeto e construção (ordem das tarefas no canteiro), pré-fabricação (*lead times*) e autoridades de controle (aprovação de documentos);
- (c) Na prática, os projetistas normalmente dominam as tarefas com as quais têm envolvimento, mas dificilmente alguém está comprometido com o gerenciamento ou otimização do processo de projeto como um todo; e,
- (d) A importância do processo de tomada de decisão do cliente, somada ao planejamento adequado do processo de projeto, dificilmente podem ser superestimados.

Baldwin et al. (1999) relatam o emprego da DSM associada ao desenvolvimento de um modelo para simulação do fluxo de informação durante a fase conceitual e preliminar do desenvolvimento de um projeto na construção. Segundo esses autores, através do uso da DSM foi possível identificar as tarefas com iteração e especialmente o impacto das alterações na ordem das tarefas devido a alterações solicitadas pelo cliente.

Para Koskela et al. (1997), a definição da seqüência das tarefas de projeto está diretamente relacionada ao tipo de edifício que está sendo projetado. Esse autor destaca que normalmente cada projetista solicita as informações que necessita ao restante da equipe de projetistas nas reuniões de projeto, nas quais a ordem de execução das tarefas é acordada entre os participantes do empreendimento.

Smith e Morrow (1999) apontam como limitação ao uso da DSM no planejamento das atividades de projeto, a necessidade do estudo mais aprofundado para o domínio desta ferramenta, além da necessidade de empregar programas computacionais específicos.

Neste sentido, deve ser destacado o ADePT (*Analytical Design Planning Technique*)<sup>47</sup>, que de acordo com Austin et al. (2000), é um método que procura considerar a natureza do processo de projeto na construção, tendo como parte central a DSM.

A metodologia proposta pelo ADePT é dividida em estágios (figura 18) (Austin et al., 2000; Austin et al. 1999):

- (a) O primeiro estágio é um modelo do processo de projeto, representando as atividades de projeto e as informações necessárias ao seu desenvolvimento. O resultado destas atividades, direta ou indiretamente, são as entregas de projeto (cálculos, desenhos e especificações);
- (b) No segundo estágio os dados deste modelo são ligados através de uma planilha mostrando as dependências entre as informações das atividades por meio de uma ferramenta para a análise das dependências (DSM), que é empregada para identificar as iterações no processo de projeto e programar as atividades com o objetivo de otimizar a ordem das tarefas. Na classificação das informações a partir do modelo do processo de projeto são considerados três fatores: o grau de dependência da informação, a sensibilidade à mudança da informação e a facilidade de estimar a informação, sendo este julgamento feito pelos projetistas de forma subjetiva resultando em uma classificação entre A (forte), B ou C (fraca). Segundo Austin et al. (2000), as dependências fracas (C) podem ser omitidas da matriz partida, pois uma estimativa mais precisa pode ser mais fácil e portanto o tamanho dos ciclos de iteração podem ser reduzidos e o processo de projeto esclarecido;
- (c) O terceiro estágio do método produz a programação de projeto com base na seqüência otimizada para o processo, a partir do uso da DSM.

---

<sup>47</sup> ADePT pode ser traduzido como Técnica de Planejamento Analítico de Projeto.

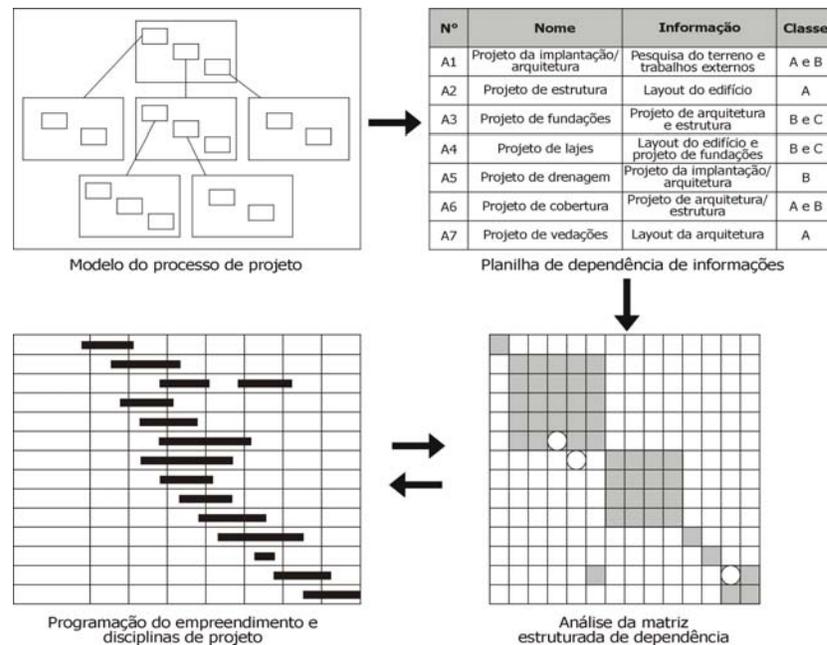


Figura 18: técnica de planejamento analítico de projeto - ADePT (baseado em Austin et al., 2000).

Austin et al. (2000) apresentam os resultados do planejamento de projeto em quatro empreendimentos na construção com quantidades de tarefas de projeto variáveis entre 346 a 789. Apesar dos resultados positivos, o método propõe o planejamento de projeto com elevado grau de detalhe e de forma antecipada, o que tende a exigir um grande esforço na revisão dos planos, pois, de acordo com Koskela (2000), há muito mais incerteza em projeto do que na produção.

Lawson (2003) questiona se os modelos do processo de projeto, conforme considera a técnica ADePT, correspondem a descrições precisas da prática atual de projeto, afirmando que esses modelos tendem a apresentar uma prescrição do processo. Esse autor considera que atualmente, projeto é um trabalho mais amplo, desenvolvido em equipe no qual as relações não devem ficar restritas aos profissionais envolvidos, mas devem ser estendidas a clientes e dentro do possível, aos usuários.

### 3.4.5.3 O Planejamento de longo prazo de projeto

De acordo com Tzortzopoulos et al. (2001), o plano de longo prazo de projeto deve considerar marcos estratégicos do empreendimento, como a data de início do processo de aprovação do projeto e o início da fase de construção.

Conforme exposto no item 3.3, a divisão hierárquica do planejamento em longo, médio e curto prazo, aumentando o grau de detalhe em relação ao horizonte de planejamento, é um mecanismo empregado no modelo de PCP do NORIE/UFRGS, sendo aplicável também ao planejamento e controle de projeto.

Neste sentido, Codinhoto (2003) propôs diretrizes para o planejamento de longo prazo de projeto, procurando a integração entre o planejamento de projeto e produção.

A partir do planejamento de longo prazo da produção esse autor propôs o planejamento de longo prazo de projeto. Com a definição das datas de início dos serviços na obra definidas no planejamento de longo prazo da produção, são estabelecidos os prazos necessários à cotação e aquisição de recursos e preparação do canteiro. São definidas então as datas limite para o desenvolvimento dos lotes de projeto associados àqueles eventos da produção (figura 19) e cada lote tem um responsável por sua conclusão. Estas definições são lançadas no plano de longo prazo de projeto.

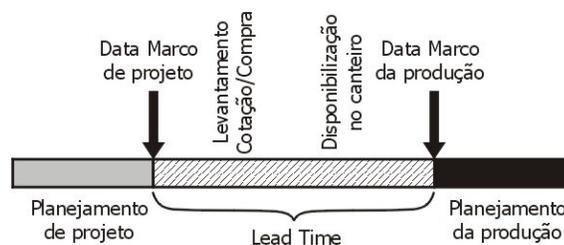


Figura 19: diretriz para a definição das datas marco no planejamento de longo prazo de projeto (baseado em Codinhoto, 2003).

Para a realização do planejamento operacional de projeto a partir do mecanismo de hierarquização do planejamento, algumas iniciativas têm procurado empregar sistema *Last Planner* de controle da produção.

#### 3.4.5.4 O Sistema *Last Planner* no planejamento e controle de projeto

Ballard (2000) aponta que o sistema *Last Planner* é apropriado ao planejamento e controle do processo de projeto devido à natureza do projeto como gerador de valor, o que torna ineficaz técnicas tradicionais como o planejamento detalhado no início do processo e o controle após a ocorrência de problemas, quando são detectados os desvios.

O sistema *Last Planner* propõe ciclos de planejamento que, no planejamento de projeto são semanais ou quinzenais (CODINHOTO, 2003; TZORTZOPOULOS et al., 2001; BALLARD, 2000; BALLARD, 1999; MILES, 1998; KOSKELA et al., 1997). A aplicação do sistema *Last Planner* ao planejamento e controle de projeto tem proporcionado o aumento da transparência através da programação das atividades e da medição de desempenho proporcionada pelo indicador PPC (TZORTZOPOULOS et al., 2001; KOSKELA et al., 1997), além do aumento na confiabilidade do planejamento de projeto (BALLARD, 2000; BALLARD, 1999; MILES, 1998). Codinhoto (2003) destaca o sistema *Last Planner* como uma alternativa à proteção do processo de projeto da variabilidade e incerteza no PDP na

construção em empreendimentos rápidos, nos quais há sobreposição de projeto e produção e elevado grau de incerteza.

O planejamento de curto prazo tem apontado ser apropriado ao planejamento e controle do processo de projeto em todas as fases de um empreendimento, desde as fases iniciais (TZORTZOPOULOS et al., 2001). Segundo Codinhoto (2003) os ciclos de planejamento e controle estabelecidos pelas reuniões periódicas possibilitam forte interação entre a equipe multifuncional nas reuniões de planejamento, nas quais é possível discutir, além dos planos, questões de ordem técnica e relacionadas à explicitação de requisitos que favoreceram o aumento da eficácia e da eficiência do PDP.

Considerando que o sistema *Last Planner* abrange o planejamento de médio prazo, Codinhoto (2003) destaca dificuldades na implementação deste nível de planejamento, assim como a carência de estudos de sua aplicação ao processo de projeto. Segundo Koskela et al. (1997), há uma restrição inerente à identificação da seqüência mais adequada do projeto nas fases iniciais de um empreendimento que é a forte dependência às decisões de projeto que devem ser tomadas.

Entretanto, apesar da dificuldade de implementação do planejamento de médio prazo de projeto, Codinhoto (2003) destaca a importância da identificação e remoção das restrições à geração dos planos no curto prazo devido às interdependências entre as atividades de projeto. Ballard (2000c) aponta que um empecilho à consecução das tarefas é a não identificação das interdependências entre tarefas programadas, o que deve ser realizado através da quebra das tarefas em um maior grau de detalhe.

Neste sentido, Codinhoto (2003) investigou a aplicação do mecanismo sugerido por Reinertsen (1997) de reduzir o tamanho dos lotes de informação ao longo do processo de desenvolvimento de projeto em ambientes de elevada incerteza e interdependência. De acordo com Codinhoto (2003), uma forma de aumentar a clareza do conteúdo a ser entregue pelos projetistas a cada ciclo de planejamento e controle, é através da associação do plano de projeto a atividades a serem executadas no canteiro.

Ballard (2000c) aponta como pontos positivos do emprego do *Last Planner* ao planejamento e controle de projeto a iniciativa de programar apenas atividades necessárias à liberação de atividades subseqüentes, a medição e divulgação do indicador PPC e as causas de não conclusão das atividades programadas. Afora os benefícios apontados, é destacada também a aprendizagem proporcionada pela retroalimentação a partir das causas de não cumprimento das atividades programadas (BALLARD, 2000; MILES, 1998, KOSKELA et al. 1997).

Entretanto, alguns autores apresentam pontos negativos e dificuldades na aplicação do *Last Planner* em projeto (CODINHOTO, 2003; BALLARD, 2000c). Ballard (2000c) destaca a pouca preparação dos intervenientes com relação ao sistema de planejamento, a falta de controle do fluxo de trabalho, a má definição na programação das atividades e a falta de ação nas causas de problemas.

Codinhoto (2003) destaca que a redução do tamanho dos lotes de informação representa uma mudança na forma convencional na qual os projetistas estão habituados a trabalhar, havendo resistência destes profissionais quanto aos ciclos curtos de planejamento e controle. Esse autor aponta a presença de uma grande quantidade de profissionais nas reuniões de projeto como um fator que dificulta o emprego do indicador PPC. Afirma ainda que, o uso do PPC por projetista, não é adequado à medição do grau de comprometimento pela dificuldade de explicitar as interdependências entre as atividades de projeto.

### 3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mudanças ocorridas nas últimas décadas em outras indústrias decorrentes principalmente do aumento da competitividade e da necessidade de redução do tempo de ciclo no desenvolvimento de novos produtos foram sentidas também em determinados empreendimentos na construção civil. A implementação da ES apresenta como imprescindível o planejamento e controle integrado dos processos de projeto e produção, condição que ainda necessita de avanços significativos na indústria da construção.

Uma alternativa à melhoria da gestão do processo de projeto em ambientes de elevada incerteza e interdependência, nos quais projeto e produção são desenvolvidos simultaneamente, tem sido a aplicação de mecanismos empregados na gestão da produção. A redução do tamanho dos lotes de informação, um mecanismo cuja aplicação tem demonstrado resultados promissores no processo de projeto neste contexto, carece de maior investigação a respeito de sua implementação, estando este mecanismo fortemente vinculado ao seqüenciamento das atividades no processo de projeto.

## 4 MÉTODO DE PESQUISA

---

### 4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo apresenta o método adotado para a realização da pesquisa. Inicialmente é descrita a empresa construtora na qual foram desenvolvidos os estudos. Posteriormente discute-se a estratégia de pesquisa adotada e a influência da organização e contexto investigados na escolha da estratégia de pesquisa. Em seguida é apresentado o delineamento geral da pesquisa, cada um dos estudos realizados e, por fim, as fontes de evidência e variáveis empregadas para a avaliação dos resultados.

### 4.2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA PESQUISADA

A Construtora Parceira (CP) é uma construtora de médio porte, atuante nos segmentos de obras industriais, hospitalares e comerciais, em geral sob encomenda de clientes privados, principalmente na Região Metropolitana de Porto Alegre. A CP foi fundada em 1983 e obteve sua certificação ISO 9002:1994 em 2001 no escopo de Gerenciamento e Construção de Obras de Engenharia Civil. Esta certificação foi atualizada para a ISO 9001:2000 em 2003, quando a empresa ampliou seu escopo de certificação, passando a incluir projeto e desenvolvimento.

A CP é parceira do NORIE/UFRGS, tendo participado de diversas pesquisas nos últimos anos. Dentre os trabalhos realizados, deve-se destacar a implantação do modelo de planejamento e controle da produção (PCP) proposto por Formoso et al. (1999). A existência de um sistema de PCP implementado na empresa foi uma condição à realização desta pesquisa.

Contribuiu também para essa escolha a forma de atuação da CP no mercado, executando obras rápidas, complexas e com alto grau de incerteza, com duração típica entre três e seis meses. Desta forma, normalmente há condições de acompanhamento de empreendimentos desde o início até a sua conclusão, permitindo ao pesquisador intervir e avaliar os resultados de questões referentes à pesquisa de forma rápida.

A contratação da CP para a execução de novos empreendimentos envolve elevada imprevisibilidade, com a ocorrência de períodos nos quais vários empreendimentos são desenvolvidos ao mesmo tempo e períodos com baixa demanda. Também é variável seu escopo de contratação, podendo envolver apenas a construção de um empreendimento cujos projetos concluídos são fornecidos pelo cliente, ou integrar seu escopo, além da construção, a coordenação do desenvolvimento dos projetos, desenvolvidos por profissionais contratados.

Cabe destacar que a coordenação de projetos é recente na CP, e em geral, vinha sendo realizada por uma profissional contratada a cada novo empreendimento, de acordo com a necessidade e as características da obra, condicionadas ao escopo de contratação.

Em virtude da sobreposição entre os processos de projeto e produção em boa parte dos empreendimentos da CP, esta tem demonstrado grande interesse nas pesquisas relacionadas ao planejamento e controle integrado destes processos, buscando minimizar impactos na produção e reduzir a incerteza associada a projeto. Neste sentido, desde o ano de 2001 têm sido desenvolvidas pesquisas nas áreas de gerenciamento dos requisitos do cliente (MIRON, 2002), planejamento e controle integrado dos processos de projeto e produção (CODINHOTO, 2003), e coordenação do processo de projeto (MOURA, 2005) em parceria com o Grupo de Gerenciamento e Economia da Construção do NORIE/UFRGS.

#### 4.3 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa, de acordo com Yin (2001), passa por uma escolha que depende principalmente de três fatores: o tipo de questão de pesquisa, o controle que o pesquisador possui sobre os eventos comportamentais efetivos e o foco que pode ser em fenômenos históricos, em oposição a fenômenos contemporâneos.

Desta forma, foi adotada a estratégia de estudo de caso em decorrência das questões de pesquisa e do foco do trabalho, relacionado ao planejamento e controle do processo de projeto. Para Yin (2001), em geral, a estratégia de estudo de caso representa ser mais adequada quando se colocam questões do tipo “como” e “por que”, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.

Foi determinante à escolha da estratégia de estudo de caso a incerteza no contexto investigado com relação à coordenação de projetos, estreitamente relacionada ao foco do presente trabalho, e condicionada ao escopo de contratação da CP, de elevada imprevisibilidade.

Segundo Eden e Huxham (1996) a pesquisa-ação envolve a investigação de fenômenos em seu próprio contexto, assim como a coleta de múltiplas evidências para a posterior triangulação de dados. Entretanto, Dick (1992) destaca que a pesquisa-ação é uma estratégia com dois objetivos: a **ação** para causar mudança em alguma comunidade, organização ou programa e a **pesquisa** para aumentar a compreensão por parte do pesquisador ou organização, ou ambos.

Porém, a principal característica da pesquisa-ação é o foco no processo de mudança, de modo que, sem a mudança, não há possibilidade de investigação do fenômeno em questão, sendo necessária a cooperação entre o pesquisador e a organização. (EASTERBY-SMITH et al. 1991). A incerteza quanto à realização de uma seqüência de estudos, condicionada à contratação da CP para novos empreendimentos que envolvessem coordenação de projetos, poderia comprometer a realização dos ciclos de aprendizagem da pesquisa-ação, condição que contribuiu à não adoção desta estratégia de pesquisa.

#### 4.4 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Foram realizados três estudos de caso em empreendimentos da CP. Os três estudos deste trabalho foram planejados para serem desenvolvidos em seqüência, de modo que as intervenções pudessem ocorrer de forma gradual a partir da avaliação dos resultados do estudo anterior. Entretanto, devido à dificuldade de prever as oportunidades de novos estudos, condicionados à contratação da CP, ocorreram sobreposições entre os estudos realizados conforme mostra a figura 20.

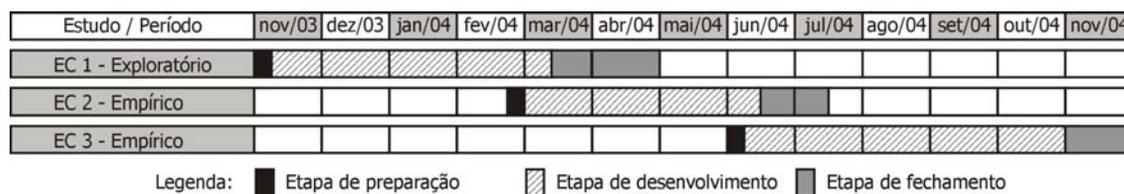


Figura 20: cronograma de realização dos estudos.

Cada estudo teve três etapas: preparação, desenvolvimento e fechamento, na qual foram propostos contribuições para diretrizes para a segmentação e seqüenciamento das atividades no processo de projeto (figura 21).

##### 4.4.1 Etapa de Preparação

Na etapa de preparação de cada estudo, o objetivo principal foi o levantamento de dados gerais do empreendimento, incluindo o escopo de contratação da CP e dos projetistas por esta contratados, além da avaliação do estágio de desenvolvimento dos projetos até o início do estudo. Estas informações coletadas serviram de base à elaboração dos planos de trabalho de cada estudo.

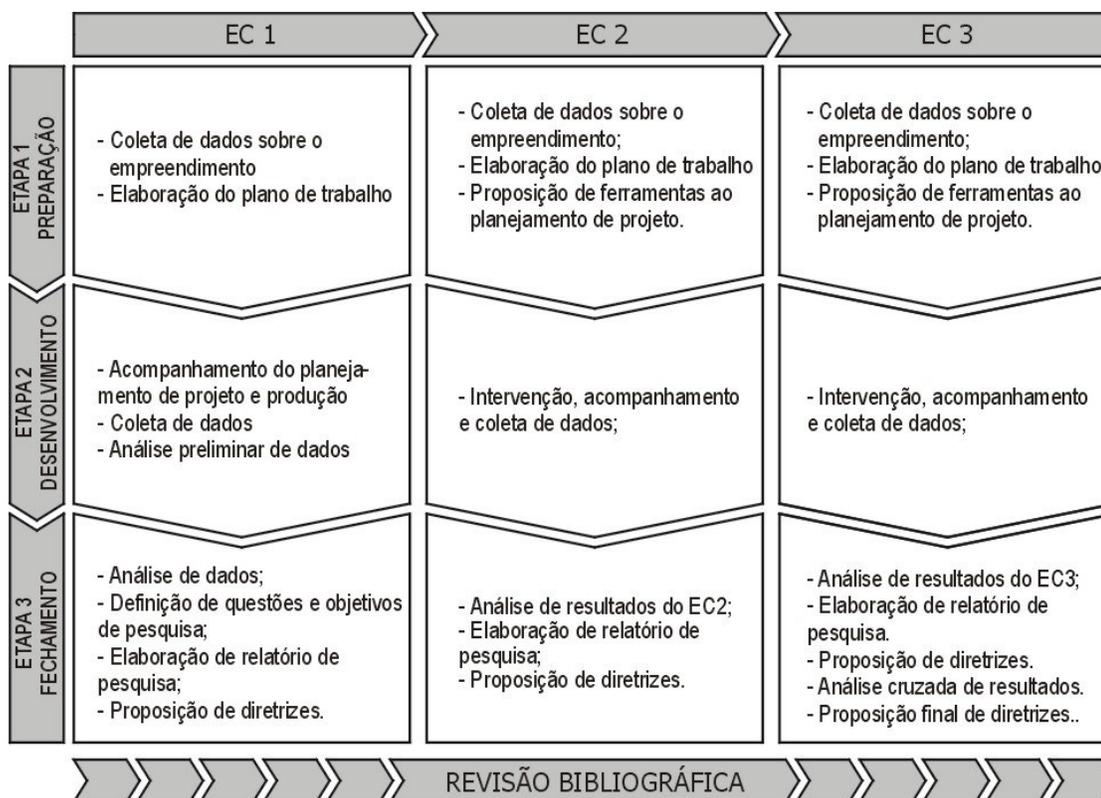


Figura 21: delineamento da pesquisa.

#### 4.4.2 Etapa de Desenvolvimento

Esta etapa foi realizada através do acompanhamento do desenvolvimento dos empreendimentos estudados, com o objetivo de observar e, em alguns casos, intervir no planejamento dos processos de projeto e produção, assim como coletar e analisar dados. As principais fontes de evidência nos três estudos foram coletadas através de observação participante<sup>48</sup>, observação direta<sup>49</sup>, análise de documentos e entrevistas.

Através da observação participante o pesquisador acompanhou as reuniões de planejamento de projeto e produção promovidas pela CP, nas quais era possível a sua intervenção. A coleta de informações ao longo das reuniões foi realizada através de uma planilha empregada para o registro do processo de tomada de decisão (apêndice C).

A observação direta foi empregada para a obtenção de informações adicionais que complementassem o entendimento dos problemas investigados. Foi realizada nos canteiros de obras em visitas semanais,

<sup>48</sup> Yin (2001) define a observação participante como uma modalidade de observação na qual o pesquisador não é passivo, e pode assumir uma variedade de funções, participando dos eventos que estão sendo estudados.

<sup>49</sup> Para Yin (2001) a observação direta é uma modalidade que considera que os fenômenos de interesse podem não ser apenas de caráter histórico, encontrando-se disponíveis para observação alguns comportamentos ou condições ambientais relevantes.

a partir da percepção do pesquisador com relação aos problemas apontados pelos participantes do empreendimento ao longo das reuniões, sendo complementada através de registro fotográfico e notas de campo.

Os documentos coletados pelo pesquisador foram os planos gerados a partir das reuniões de projeto e produção, atas de reuniões, planilhas com definições ao desenvolvimento dos projetos, e projetos desenvolvidos em cada empreendimento.

Foram realizadas entrevistas semi-estruturadas (apêndice D) com duração aproximada de 45 minutos com 17 profissionais envolvidos em projeto e produção nos três estudos de caso, procurando identificar pontos específicos do trabalho de cada um. No caso dos projetistas, as entrevistas procuraram identificar as principais interdependências existentes entre as diferentes disciplinas de projeto, bem como entre projeto e produção, além da identificação dos dados de entrada ao desenvolvimento de cada lote de projeto. As entrevistas com os profissionais da produção procuraram entender os problemas ocorridos, o histórico dos empreendimentos em desenvolvimento, bem como a percepção dos envolvidos a respeito das intervenções propostas.

#### 4.4.3 Etapa de Fechamento

Considerando a análise de dados a partir das múltiplas fontes de evidência ao longo de cada estudo, na etapa de fechamento de cada estudo foram propostas contribuições a diretrizes à segmentação dos lotes de projeto e seqüenciamento das atividades no processo de projeto, em empreendimentos na construção.

Ao final de cada estudo foi elaborado relatório procurando explorar os avanços obtidos sob o ponto de vista teórico e prático. Desta forma, a elaboração do relatório auxiliou na análise das intervenções propostas. Ainda, os relatórios finais foram importantes à compreensão do pesquisador a respeito dos resultados de cada estudo e na redação da dissertação, quando foi feita a análise cruzada de dados dos três estudos através das variáveis e fontes de evidência adotadas.

## 4.5 ESTUDO DE CASO 1

### 4.5.1 Descrição do Empreendimento

O empreendimento Industrial<sup>50</sup> foi caracterizado pela ampliação de uma indústria produtora de plásticos, localizada no município de Montenegro, RS, envolvendo a construção de um edifício destinado à administração, vestiários e refeitório com 1.023 m<sup>2</sup>, construção de um edifício destinado à manutenção, com 600 m<sup>2</sup>, e a ampliação de um edifício existente denominado nave principal, com a área de ampliação de 6.500 m<sup>2</sup> (Figura 22).

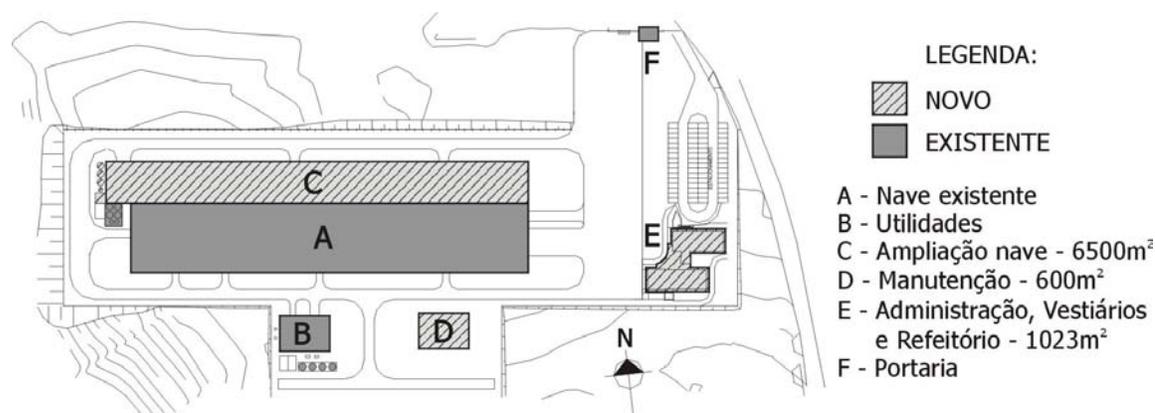


Figura 22: implantação do empreendimento Industrial, sem escala.

A contratação deste empreendimento foi resultado de uma concorrência cujo roteiro estabelecendo o escopo de contratação às empresas construtoras concorrentes foi elaborado por dois profissionais, um engenheiro e uma arquiteta, contratados pela empresa contratante do empreendimento para fazer sua representação junto à empresa construtora vencedora da concorrência. O escopo de contratação dos representantes do cliente incluiu a tomada de decisão sobre as definições técnicas consideradas mais adequadas para viabilizar a execução do empreendimento e que fugiam ao conhecimento técnico do corpo de funcionários da empresa contratante. Também fez parte do escopo de contratação dos representantes da empresa contratante a fiscalização das atividades de projeto e produção. Não integrou seu escopo a compatibilização de projetos.

O prazo de execução inicial era de 5,5 meses, fazendo parte do escopo de contratação da CP a coordenação do desenvolvimento de projetos desenvolvidos por projetistas contratados por esta. Posteriormente o escopo de contratação da CP foi aumentado e o prazo de conclusão do empreendimento dilatado em 3,5 meses. O corpo técnico da CP neste empreendimento envolveu dois

<sup>50</sup> Denominação fictícia.

engenheiros de produção, uma coordenadora de projetos, dois mestres-de-obras e dois estagiários. A troca de informações entre os profissionais envolvidos no desenvolvimento dos projetos ocorreu principalmente através de *e-mail*.

Os projetos de arquitetura foram contratados diretamente pelo cliente. Quando da contratação do empreendimento, o edifício da administração contava com projeto executivo de arquitetura concluído, sendo que os edifícios da manutenção e da nave principal contavam apenas com anteprojetos de arquitetura. Para os três edifícios foi necessário desenvolver todos os projetos complementares.

Alguns projetos foram desenvolvidos por projetistas vinculados aos fornecedores da CP. Nestes casos os fornecedores eram responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos dos sistemas fornecidos. Alguns projetos não integraram o escopo da CP por determinação dos representantes do cliente, conforme a figura 23.

PROJETO / EDIFÍCIO	Administração	Nave Principal	Manutenção
Fundações profundas	X	X	X
Estrutura de concreto	X	X	X
Instalações hidrossanitárias	X	X	X
Instalações elétricas	X	X	X
Estrutura metálica	X	X	X
Cobertura e ventilação		X	X
<b>PROJETOS FORA DO ESCOPO DA CP</b>			
Projeto de Arquitetura		X	X
Bases equipamentos (concreto)		X	
Alimentação elétrica equipamentos		X	
Instalações de água quente	X		
Instalações de GLP	X		
Instalações de PPCI	X	X	X

LEGENDA:  Projeto desenvolvido por projetista vinculado ao fornecedor     Projeto desenvolvido por projetista sem vínculo ao fornecedor     Projeto já desenvolvido ou desnecessário ao edifício

Figura 23: quadro de projetos a serem desenvolvidos por edifício e sua relação com o escopo da CP.

Em relação às soluções construtivas adotadas, os edifícios da nave principal e manutenção tiveram estrutura pré-fabricada de concreto, vedações com alvenaria de blocos de concreto e cobertura metálica com sistemas de ventilação tipo lanternim. O edifício administrativo teve sua estrutura de concreto moldada *in loco*, cobertura metálica e vedações com blocos de concreto, havendo maior exigência quanto ao padrão de acabamento deste edifício.

#### 4.5.2 Objetivos do EC1

Os objetivos do EC1 foram o aprendizado do pesquisador sobre o planejamento e controle integrado dos processos de projeto e produção e o entendimento das dificuldades enfrentadas pela CP com relação a este tópico. Estas dificuldades no contexto de pesquisa foram confrontadas com a lacuna de

conhecimento identificada na bibliografia para a definição e refinamento das questões e objetivos gerais de pesquisa. Foi objetivo do EC1 o melhor entendimento por parte do pesquisador sobre o desenvolvimento do processo de projeto em um ambiente de simultaneidade à produção, por ser uma condição diferente da experiência profissional prévia do pesquisador como arquiteto.

Ao longo do desenvolvimento do estudo foram acrescentados dois objetivos: a investigação das informações ou dados de entrada necessários ao desenvolvimento de cada lote de projeto por disciplina e a identificação das causas de alterações dos lotes de projeto desenvolvidos. Devido ao caráter exploratório do EC1, a posição do pesquisador foi predominantemente de observação, com pouca intervenção.

#### 4.5.3 Realização do EC1

No final de outubro de 2003 foi realizada uma reunião entre representantes da CP, a arquiteta contratada pela CP para coordenar o desenvolvimento dos projetos e um grupo de pesquisadores do NORIE/UFRGS. Foi exposto nesta ocasião pelo gerente de engenharia<sup>51</sup> da CP, a forma de contratação do empreendimento, os projetos integrantes e excluídos do escopo contratado e seus respectivos estágios de desenvolvimento, e os profissionais da CP envolvidos no empreendimento. Foi informado que o planejamento e controle da produção (PCP) ocorreria conforme o sistema de PCP da CP, dividido em três níveis, e a forma como seria realizado o planejamento e controle de projeto, com planejamento de longo e curto prazo. A partir desta reunião foi elaborado o plano de trabalho pelo pesquisador, definindo os objetivos do EC1.

No planejamento da produção foram acompanhadas reuniões de planejamento de médio e curto prazo ao longo das quais o pesquisador observou e registrou o processo de tomada de decisão. No planejamento de médio prazo foram coletados os planos gerados a partir das reuniões e as listas de restrições, quando registradas. Nas reuniões de curto prazo da produção, além do registro do processo das reuniões, foram coletados o indicador PPC e as causas de não cumprimento das tarefas no canteiro.

O pesquisador acompanhou 13 reuniões semanais de planejamento de curto prazo de projeto. Nestas reuniões foi registrado o processo de tomada de decisão, coletados os planos gerados com as atividades a serem desenvolvidas pelos projetistas e as definições ao desenvolvimento dos projetos registradas pela coordenadora de projetos da CP.

---

<sup>51</sup> O gerente de engenharia na CP correspondia a uma posição entre os gerentes de contrato (normalmente os diretores) e os engenheiros de produção.

O pesquisador procurou identificar como ocorreu a definição dos lotes de projeto a serem desenvolvidos pela equipe de projetistas, identificando os lotes que foram programados conforme o plano de longo prazo de projeto e os lotes que tiveram seu tamanho reduzido para serem programados. Esta análise foi feita apenas no edifício da nave principal, por ser o edifício mais importante do empreendimento e contribuiu ao desenvolvimento do mapa de segmentação de projetos.

Os projetos do edifício da nave principal também foram analisados a fim de identificar as causas de alterações de cada lote de projeto e quais causas estariam associadas a perdas. Este processo de análise contribuiu ainda para a identificação de interdependências entre lotes de diferentes disciplinas de projeto, importantes à elaboração do mapa de segmentação de projetos.

Nas visitas semanais realizadas pelo pesquisador ao canteiro, procurou-se identificar e entender os problemas ocorridos na produção, especialmente aqueles associados a projeto. Esta identificação ocorreu através da observação participante do pesquisador em discussões ocorridas nas reuniões de planejamento da produção, envolvendo os gerentes de produção, mestres-de-obras e fornecedores.

Para complementar as evidências e melhorar o entendimento destes problemas identificados, o pesquisador passou a fazer registro fotográfico dos mesmos a partir da sexta semana de execução do empreendimento, quando a estrutura de concreto armado e a estrutura metálica da cobertura começaram a ser montadas e começaram a ocorrer alguns dos problemas identificados.

Foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com doze projetistas (apêndice D), alguns envolvidos no empreendimento Industrial do EC1 e no empreendimento Vestiários do EC2, devido à sobreposição dos dois estudos e ao fato da maioria dos projetistas serem os mesmos nos dois empreendimentos.

Os projetistas entrevistados no EC1 foram os responsáveis pelos projetos de instalações elétricas dos equipamentos industriais, estrutura metálica e sistema de ventilação, fundações profundas, estrutura pré-fabricada de concreto, bases de concreto para equipamentos, estrutura de concreto moldado no local e instalações elétricas e hidrossanitárias, sendo os três últimos projetistas também do empreendimento do EC2.

Do empreendimento do EC2 foram entrevistados o arquiteto e os projetistas das instalações de climatização, e estrutura metálica da cobertura. Quando realizadas as entrevistas aos projetistas, foram utilizados os mapas de segmentação de projetos elaborado ao final do quarto mês do EC1 e no início do EC2 (figura 24).

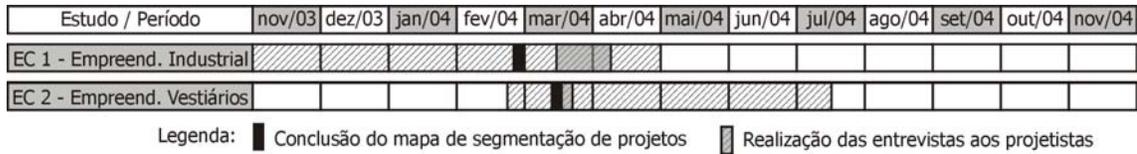


Figura 24: linha de tempo com a conclusão dos mapas de segmentação de projetos e realização de entrevistas aos projetistas do EC1 e EC2.

O mapa do EC1 foi elaborado ao final do quarto mês do estudo, quando iniciou o EC2, para o qual também foi elaborado um mapa de segmentação de projeto que será mais bem apresentado no capítulo 5.

Assim, o emprego do mapa de segmentação de projeto nas entrevistas foi feito de duas formas. Nas entrevistas com os projetistas envolvidos com o EC1, procurou-se captar destes quais as interdependências de seus projetos com lotes de outras disciplinas que não estavam explicitadas no mapa e quais problemas associados à segmentação e ao seqüenciamento dos projetos foram identificados ao longo do desenvolvimento dos projetos. Percebeu-se ainda que ao longo do processo de projeto alguns projetistas solicitaram informações complementares para determinados lotes de projeto. Desta forma, outro ponto questionado aos projetistas foi referente aos dados de entrada e informações necessárias ao desenvolvimento de cada lote de projeto apresentado no mapa, os quais auxiliaram ainda, em alguns casos, na identificação de interdependências. Os dados de entrada necessários ao desenvolvimento dos projetos são apresentados no apêndice E.

Nas entrevistas com os projetistas do Empreendimento Industrial, como o estudo estava iniciando junto com o desenvolvimento do projeto, procurou-se da mesma forma identificar as principais interdependências dos respectivos projetos com as demais disciplinas e quais os dados de entrada necessários ao desenvolvimento de cada lote de projeto. Desta forma, as informações captadas nas entrevistas com os projetistas do EC2 auxiliaram no processo de planejamento de projeto, uma vez que o mapa empregado nas entrevistas apontou pontos desconhecidos pelo pesquisador e pela coordenadora de projetos da CP e possibilitou o refinamento da ferramenta e seu emprego em tempo real.

## 4.6 ESTUDO DE CASO 2

### 4.6.1 Descrição do Empreendimento

O empreendimento Vestiários<sup>52</sup> envolveu a construção de um edifício destinado a abrigar os novos vestiários de uma indústria no município de Gravataí, RS (Figura 25). O edifício teve 1.443,24m<sup>2</sup> divididos em dois pavimentos, com área de vestiários, sanitários e banho, esta com 128 chuveiros.

O prazo de conclusão do empreendimento foi de 4,5 meses, integrando o escopo de trabalho da CP a coordenação do desenvolvimento dos projetos por profissionais por esta contratados e a construção do edifício. A coordenação do desenvolvimento dos projetos por parte da CP foi realizada pela mesma arquiteta que desempenhou esta função no empreendimento Industrial do EC1. Sua contratação para coordenação de projetos foi concentrada no planejamento e controle e na gestão da informação do processo de projeto, não integrando seu escopo a compatibilização de projetos, que não foi realizada. O corpo técnico da CP neste empreendimento envolveu um gerente de produção, uma coordenadora de projetos, um mestre-de-obras e um estagiário. Foi adotada uma *extranet* para a troca de informações entre os profissionais envolvidos no empreendimento.



Figura 25: implantação do sítio da fábrica com localização do empreendimento Vestiários, sem escala.

A Figura 26 apresenta a planta do segundo pavimento e um corte transversal do edifício.

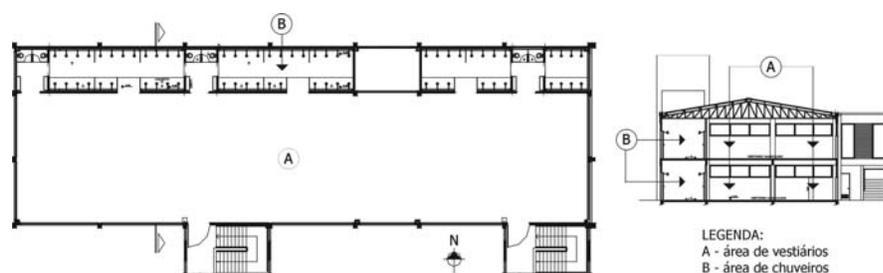


Figura 26: planta do segundo pavimento e corte transversal do edifício vestiários, sem escala.

<sup>52</sup> Denominação fictícia.

Foram fornecidas pela empresa contratante especificações técnicas gerais para projeto e execução, a serem seguidas para os sistemas de instalações elétricas, hidrossanitárias e de climatização, bem como informações sobre a infra-estrutura disponível. O anteprojeto de arquitetura e as especificações foram elaborados por funcionários da fábrica da empresa contratante em São Paulo.

Os projetos cujo desenvolvimento foi coordenado pela CP foram das seguintes disciplinas: arquitetura, estrutura de concreto (pré-fabricada e moldada no local), instalações hidrossanitárias, elétricas, sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), climatização e ventilação, e ainda, prevenção e proteção contra incêndio (PPCI). Os projetos foram contratados junto a fornecedores que atenderam ao desenvolvimento dos projetos e execução, à exceção do projeto de arquitetura e da estrutura de concreto moldada no local.

As soluções construtivas adotadas para a execução do edifício consideraram pilares pré-fabricados de concreto, lajes de concreto armado moldado no local, vedações externas em alvenaria de tijolos aparentes, e cobertura metálica.

Cabe salientar que a empresa contratante impôs restrições quanto ao custo total da obra, que não deveria sofrer qualquer alteração que implicasse aumento de valores. Este fato, por vezes, representou uma limitação na tomada de decisão.

#### 4.6.2 Objetivos do EC2

A partir da análise preliminar dos dados do EC1, foram identificadas algumas lacunas relacionadas ao planejamento e coordenação do processo de projeto que auxiliaram no planejamento do EC2 e orientaram as intervenções propostas.

O EC2 teve como objetivos o desenvolvimento de ferramentas que permitissem ver à frente no planejamento de projeto integrado ao planejamento e controle da produção (PCP), a continuidade de investigações iniciadas no EC1 referentes aos dados de entrada necessários ao desenvolvimento de cada lote de projeto por disciplina e a identificação das causas de alterações nos lotes de projeto desenvolvidos.

Com relação à coordenação de projetos foi proposta a adoção de alguns mecanismos a partir de problemas identificados no EC1, que afetaram tanto projeto como produção. Os mecanismos propostos foram: a padronização da nomenclatura de arquivos eletrônicos, o estabelecimento de convenções para a representação gráfica de eixos e selos a serem incorporadas aos projetos e a adoção de uma *extranet* para a troca de informações.

Foram propostas as seguintes ferramentas de apoio ao desenvolvimento do estudo a partir da experiência do EC1:

- Mapa de segmentação de projeto;
- Planilha de planejamento de curto prazo de projeto (anexo B);
- Planilha para registro das definições ao desenvolvimento dos projetos, empregada no EC1 (anexo E).

#### 4.6.3 Realização do EC2

O pesquisador participou de 12 reuniões de planejamento de médio prazo da produção, para acompanhamento do processo de tomada de decisão e identificação das restrições de projeto à produção. Destas reuniões foram coletados os planos gerados, as listas de restrições e o índice de remoção de restrições programadas para a primeira semana (IRRs1). Do planejamento de curto prazo da produção, assim como no EC1, foi coletado o indicador PPC (percentual do planejamento concluído) e as causas de não cumprimento das tarefas no canteiro.

Foram acompanhadas as reuniões de planejamento de curto prazo de projeto ao longo de 12 semanas, sendo coletados os planos gerados e as planilhas com definições ao desenvolvimento de projetos. Foi calculado o indicador PPC de projeto e proposto pelo pesquisador o uso do mapa de segmentação de projetos para auxiliar na definição da seqüência do desenvolvimento dos projetos.

Foram analisados pelo pesquisador todos os lotes de projeto desenvolvidos nas oito disciplinas: arquitetura, instalações elétricas e hidrossanitárias, fundações profundas, estrutura de concreto, estrutura metálica, PPCI e instalações de climatização e ventilação. Essa análise foi realizada a fim de identificar interdependências entre lotes de diferentes disciplinas de projeto não contempladas no mapa de segmentação de projeto e investigar as causas de alterações de projeto que representaram perdas ao longo do processo de projeto.

Assim como no EC1, nas visitas semanais do pesquisador ao canteiro foram identificados os problemas ocorridos na produção através de observação direta. Muitos dos problemas eram discutidos nas reuniões de planejamento da produção entre o gerente de produção, mestre-de-obras e fornecedores. Para complementar as anotações de campo a respeito dos problemas identificados no canteiro, o pesquisador fez registro fotográfico a partir da terceira semana de produção. As entrevistas realizadas estão descritas no item 4.5.3.

## 4.7 ESTUDO DE CASO 3

### 4.7.1 Descrição do Empreendimento

O empreendimento Hospitalar<sup>53</sup> foi contratado em junho de 2003. Neste empreendimento, a CP estabeleceu uma parceria com uma construtora de fora do estado, sendo este o segundo empreendimento em parceria entre as duas construtoras.

O escopo de contratação da CP considerou a ampliação do edifício da internação em 5.327 m<sup>2</sup>. A ampliação deste edifício previa o acréscimo de quatro pavimentos sobre os quatro pavimentos existentes. Era prevista ainda a construção de um edifício de dois pavimentos e subsolo destinado ao novo Centro de Tratamento Intensivo (C.T.I.), com 3.321,00 m<sup>2</sup> e de uma torre que abrigaria os novos elevadores do edifício da internação existente com 11 pavimentos, totalizando 304,00m<sup>2</sup>. A figura 27 apresenta a implantação do empreendimento, conforme a última versão do projeto de arquitetura.

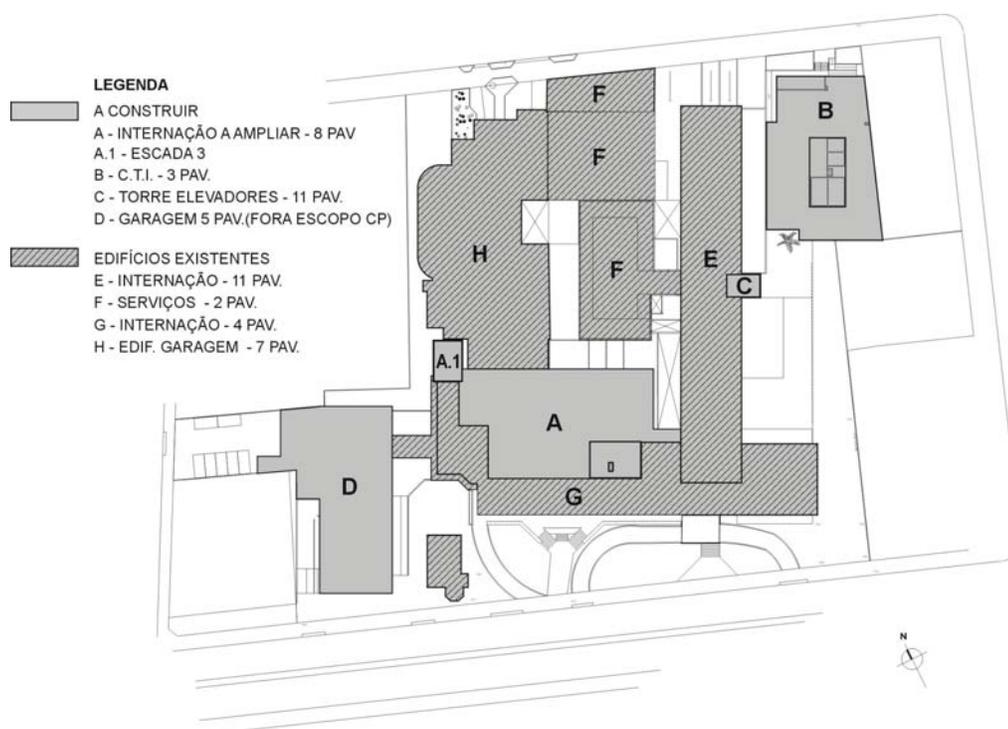


Figura 27: implantação do empreendimento a partir da última versão do projeto de arquitetura, sem escala.

Antes da contratação da CP, a instituição contratante havia contratado um escritório de arquitetura de fora do estado do Rio Grande do Sul, o qual deveria coordenar o desenvolvimento dos seguintes projetos complementares, também desenvolvidos fora do estado: estrutura de concreto armado,

<sup>53</sup> Denominação fictícia.

instalações elétricas, hidrossanitárias, de prevenção e proteção contra incêndio (PPCI), climatização e gases medicinais. Não foram fornecidos projetos de fundações. Estes projetos foram utilizados na negociação comercial entre a CP e a instituição contratante.

Na fase de orçamentação ocorreram alguns problemas: o fornecedor da estrutura pré-fabricada de concreto constatou falhas em sua proposta comercial e não teria condições de cumpri-la e foram identificadas ainda falhas nos orçamentos das instalações elétricas e de climatização.

A solução de projeto proposta pelo arquiteto para a ampliação do edifício da internação previa o acréscimo de quatro pavimentos acima dos quatro pavimentos existentes. Entretanto, esta solução considerou a área para ampliação sobre a projeção do edifício existente em zonas nas quais o projeto da estrutura existente não previa aumento de cargas. Esta solução do projeto de arquitetura deixou de considerar ainda exigências legais impostas pelo plano diretor do município de Porto Alegre, o qual determinava restrições de recuos e altura para ampliação.

A CP passou a questionar a capacidade de carga da estrutura e fundações existentes para receber os quatro pavimentos novos e a exigir sua comprovação através de laudo técnico que deveria ser emitido por engenheiro responsável pelo cálculo da estrutura, da equipe coordenada pelo escritório de arquitetura. Em contrapartida, a CP deveria fornecer as cargas dos pavimentos a serem construídos.

Por iniciativa da CP, foram extraídos corpos de prova dos pilares mais próximos à elevação sul da estrutura existente por ser a zona mais crítica. Foi comprovado através de ensaios que a estrutura existente nesta zona não suportaria aumento de cargas e a ampliação sobre esta área seria extremamente difícil pela necessidade de reforço estrutural em pilares dos quatro primeiros pavimentos e nas fundações. Estes pavimentos dentre outras funções abrigavam laboratórios, bloco cirúrgico e maternidade, cujas atividades seriam de difícil paralisação.

A partir deste momento, a instituição contratante rescindiu contrato com a equipe de projetistas de fora do estado e contratou profissionais de Porto Alegre para desenvolver os projetos de arquitetura e complementares. Todos os projetos complementares foram desenvolvidos pelo mesmo escritório, exceto o projeto de estrutura de concreto e instalações de climatização, que integraram o escopo de contratação da CP.

O projeto de arquitetura passou a ser desenvolvido com base no projeto do arquiteto de fora do estado. Entretanto, o projeto da arquiteta local considerou a utilização de áreas que também não suportariam aumento de cargas, sendo necessário alterar novamente esta versão do projeto de arquitetura. Os

projetos complementares, desenvolvidos com base nesta versão do projeto de arquitetura, foram paralisados devido às alterações que este projeto estava sofrendo.

Toda a orientação sobre as restrições impostas pela estrutura existente foi dada pelo engenheiro responsável pelo cálculo da estrutura, parceiro da empresa que forneceria a estrutura pré-fabricada de concreto. Decidiu-se que os pilares dos pavimentos da ampliação do edifício da internação seriam moldados no local e todas as lajes e algumas vigas seriam pré-fabricadas, sendo o critério de decisão sobre a pré-fabricação a possibilidade de alcance da grua para a montagem da estrutura. A figura 28 apresenta as áreas envolvidas nas três principais versões do projeto de arquitetura do edifício da internação ao longo do desenvolvimento do empreendimento.

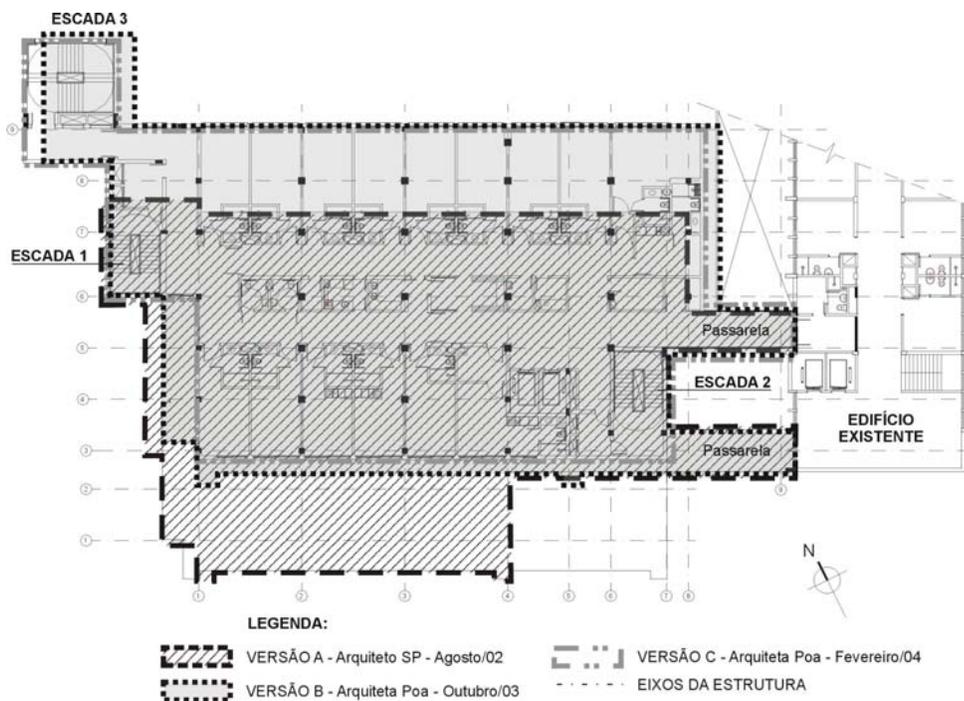


Figura 28: Plantas das três principais versões do pavimento tipo do edifício da internação ao longo do empreendimento, s/ escala.

Desta forma, a principal mudança ocorrida no seqüenciamento do desenvolvimento dos projetos foi que o projeto de estrutura de concreto passou a estabelecer as diretrizes e restrições para o projeto de arquitetura, informando as capacidades de carregamento que a estrutura existente suportaria, de forma a reduzir balanços e áreas em relação à primeira versão do projeto da arquiteta local.

Devido a todas as alterações sofridas pelos projetos e considerando todos os problemas originados na orçamentação inicial do empreendimento houve renegociação entre a CP e a instituição contratante em fevereiro de 2004 sendo prorrogado o prazo de conclusão do empreendimento até outubro do mesmo ano. Quando iniciado o estudo, em junho de 2004, estava sendo finalizada a renegociação de valores,

prazos e a forma de contratação do empreendimento entre a CP e a instituição contratante. A contratação inicialmente feita por empreitada global passou a ser por administração, sendo o novo prazo de conclusão do empreendimento estabelecido para dezembro de 2004. Com esta mudança uma parte significativa das compras e contratações passou a ser realizada pela instituição contratante.

Em função do fornecimento dos projetos não integrar o escopo da CP, não foi contratada a coordenação de projetos para os projetos remanescentes (climatização, estrutura metálica, e detalhamento do projeto de arquitetura), conforme havia ocorrido em outros empreendimentos da CP. A coordenação de projetos foi desempenhada pelo gerente de produção da obra, o qual contou com o apoio da arquiteta que havia coordenado o desenvolvimento dos projetos da CP nos empreendimentos do EC1 e EC2.

O corpo técnico da CP neste empreendimento envolveu dois engenheiros de produção, dois mestre-de-obras e dois estagiários. Foi adotada uma *extranet* para a troca de informações entre os profissionais envolvidos no desenvolvimento dos projetos, porém a mesma foi desativada devido a falta de um profissional responsável por sua gestão, sendo adotado o *e-mail* como principal mecanismo para troca de informações.

Antes do início do estudo houve uma reunião entre o gerente de engenharia da CP, o gerente de produção da obra, a arquiteta que havia coordenado os projetos na CP até o momento e o pesquisador. O objetivo desta reunião foi expor à coordenadora de projetos e ao pesquisador o histórico do empreendimento e identificar meios de intervir principalmente no planejamento de projeto, dando seqüência aos avanços obtidos com o EC1 e EC2 nos empreendimentos anteriores.

#### 4.7.2 Objetivos do EC3

A partir do conhecimento do histórico do empreendimento foi elaborado o plano de trabalho do EC3, desenvolvido de junho a novembro de 2004. O EC3 teve como objetivo principal o desenvolvimento de ferramentas que permitissem ver à frente no planejamento de projeto e viabilizassem a integração dos três níveis de planejamento de longo, médio e curto prazo. Esse objetivo foi estabelecido devido aos avanços alcançados no EC2 quanto à definição ainda no início do processo, dos grandes lotes de projetos a serem desenvolvidos, o que apontou a possibilidade de avanços em relação ao planejamento de médio prazo de projeto. Outro objetivo foi o acompanhamento das causas de alteração de projeto, realizado nos estudos anteriores.

Ao longo do acompanhamento do processo de produção no EC2, foi identificada a necessidade de investigar mecanismos ou ferramentas que explorassem a experimentação e o aprendizado para lidar com processos que tinham um caráter repetitivo. Isto veio a ocorrer através do emprego da prototipagem na produção, sendo que o pesquisador acompanhou dois estudos realizados por outra pesquisadora<sup>54</sup>, os quais serão descritos posteriormente. Esses estudos em prototipagem foram ao encontro do objetivo da CP de executar uma unidade protótipo dos apartamentos do edifício da internação para submeter à aprovação da instituição contratante. O acompanhamento destes estudos pelo pesquisador teve caráter exploratório no sentido de identificar lacunas ou deficiências relacionadas ao desenvolvimento dos projetos.

As ferramentas propostas para o apoio ao desenvolvimento da pesquisa foram:

- Mapa de segmentação de projeto;
- Planilha de planejamento de curto prazo de projeto;
- Planilha para registro das definições ao desenvolvimento dos projetos;
- Prototipagem virtual para intervenção em processos repetitivos e pouco dominados.

As alterações realizadas nestas ferramentas em relação aos estudos anteriores serão descritas no capítulo 5.

#### 4.7.3 Realização do EC3

Foram acompanhadas 15 reuniões de médio prazo da produção buscando entender o seqüenciamento dos eventos da produção e sua relação ao planejamento de projeto, considerando que no empreendimento Hospitalar houve uma condição diferente no desenvolvimento destes dois processos com relação à simultaneidade encontrada nos empreendimentos estudados no EC1 e EC2.

Destas reuniões foram coletados os planos gerados, as listas de restrições e o índice de remoção de restrições programadas para a primeira semana (IRRs1). Do planejamento de curto prazo da produção foi coletado o indicador PPC e as causas de não cumprimento das tarefas no canteiro.

---

<sup>54</sup> Doutoranda Fernanda Aranha Saffaro, da Universidade Federal de Santa Catarina UFSC.

Foram acompanhadas pelo pesquisador 8 reuniões de planejamento de curto prazo de projeto para o desenvolvimento do projeto de instalações de climatização e ventilação. Foram coletados a partir destas reuniões os planos gerados e as planilhas com definições ao desenvolvimento dos projetos.

Conforme realizado nos estudos anteriores, foram analisados todos os lotes de projeto desenvolvidos a partir da última versão do projeto de arquitetura do edifício da internação, desenvolvido pela arquiteta local entre outubro de 2003 e fevereiro de 2004, além dos projetos de seis disciplinas de projetos complementares. Essa análise foi realizada a fim de identificar e as causas de alterações de projeto que representaram perdas ao longo do processo.

Foram acompanhados dois estudos em prototipagem do processo de produção desenvolvidos por outra pesquisadora, nos quais o pesquisador desenvolveu protótipos virtuais. A figura 29 mostra em que momentos foram realizados os estudos em prototipagem ao longo do EC3.

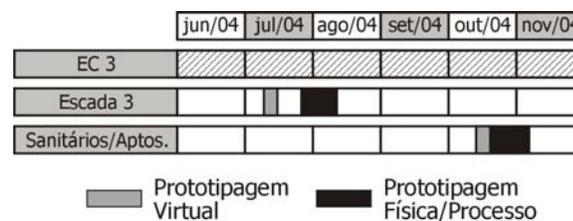


Figura 29: períodos de realização dos estudos em prototipagem no EC3.

Assim como no EC1 e EC2, o pesquisador procurou ao longo do estudo identificar os problemas na produção a partir de sua percepção e das discussões com os participantes das reuniões de planejamento, como os gerentes de produção e mestres-de-obras da CP e representantes dos fornecedores. Os problemas foram registrados através de notas de campo complementadas por registro fotográfico a partir das visitas ao canteiro, as quais foram semanais e ocorreram entre a 28ª e 48ª semana de execução do empreendimento. Ao longo do acompanhamento dos estudos em prototipagem na produção as visitas foram diárias e foram adotadas as mesmas ferramentas para registro do processo.

Foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com o engenheiro responsável pelo cálculo da estrutura de concreto armado e o gerente de contratos da empresa fornecedora da estrutura de concreto, a fim de entender o desenvolvimento do projeto deste sistema e por ser comum a esse fornecedor desenvolver projeto e produção simultâneos. Desta forma, um dos objetivos das entrevistas com estes profissionais foi identificar as principais falhas que ocorrem no desenvolvimento de projeto,

bem como os problemas ocorridos ao longo do processo de montagem da escada 3, quando foi acompanhado o estudo em prototipagem, descrito no capítulo 5.

Foi entrevistado ainda o gerente de produção da obra para que o pesquisador pudesse entender algumas lacunas no histórico do desenvolvimento do empreendimento, não esclarecidas por outras fontes de evidência.

#### 4.8 FONTES DE EVIDÊNCIA E VARIÁVEIS DA PESQUISA

Segundo Einsehardt (1989), em estudos de caso, é comum a combinação de métodos de coleta de dados como arquivos, entrevistas, questionários e observações. Para essa autora, as evidências podem ser qualitativas, quantitativas ou ambas.

Yin (2001) apresenta três princípios para a coleta e análise de dados como forma de aumentar a validade dos constructos e confiabilidade de um estudo de caso:

- a) O emprego de múltiplas fontes de evidências provenientes de duas ou mais fontes convergentes em relação ao mesmo conjunto de fatos ou descobertas, considerando dados qualitativos e quantitativos;
- b) A criação de uma base de dados para o estudo de caso, formalizada e independente do relatório de pesquisa, pode contribuir à confiabilidade da pesquisa e possibilitar estudos futuros sobre essa mesma base de dados;
- c) O estabelecimento de um encadeamento de evidências, isto é, ligações explícitas entre as questões feitas, os dados coletados e as conclusões a que se chegou a fim de permitir que um observador externo possa compreender a lógica da pesquisa a partir das questões de pesquisa até as conclusões.

Yin (2001) destaca a importância do emprego do fundamento lógico da triangulação ao trabalhar com múltiplas fontes de evidência em estudos de caso. Esse autor aponta como vantagem da triangulação o desenvolvimento de linhas convergentes de investigação, de modo que qualquer descoberta ou conclusão em um estudo de caso seja mais convincente e acurada, uma vez que esteja baseada em várias fontes distintas de informação, em um estilo corroborativo de pesquisa.

As fontes de evidência empregadas ao longo dos três estudos foram (figura 30):

- (a) Planilha de planejamento de longo prazo de projeto (anexo A): essa planilha estabeleceu as datas marco de entrega dos lotes de projeto, a partir do planejamento de longo prazo da produção;
- (b) Mapa de segmentação de projeto: ferramenta desenvolvida pelo pesquisador e coordenadora de projetos da CP para definir os grandes lotes de projeto e identificar as principais interdependências entre diferentes disciplinas de projeto;
- (c) Planilha de planejamento de curto prazo de projeto (anexo B): utilizada para o planejamento de curto prazo de projeto, na qual eram definidas as atividades de projeto a serem desenvolvidas por cada projetista para um horizonte de uma a quatro semanas. A partir destas planilhas foi calculado o indicador PPC (percentual do planejamento concluído) de projeto;
- (d) Planilha de registro das definições de projeto (anexo E): utilizada pela coordenação de projetos para registrar as definições de desenvolvimento dos projetos, ocorridas ao longo das reuniões;
- (e) Projetos: analisados em cada estudo com o objetivo de investigar como ocorreu a segmentação dos lotes de projeto, bem como as causas das alterações de projeto ao longo de cada empreendimento.
- (f) Planilha de acompanhamento de alterações de projeto (apêndice B): utilizada pelo pesquisador para tabular as causas de alterações nos projetos de diferentes disciplinas ao longo do desenvolvimento. Os registros nestas planilhas foram realizados a partir da análise dos projetos de cada empreendimento.
- (g) Registro do processo das reuniões de planejamento de projeto e produção (apêndice C): planilha empregada pelo pesquisador para registrar o processo de tomada de decisão no planejamento e seus gargalos, ruídos e desdobramentos;
- (h) Entrevistas: foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com 13 projetistas (apêndice D) e gerentes de produção da CP e outros participantes dos três empreendimentos estudados. Através das entrevistas, buscaram-se evidências não encontradas através de outras fontes de evidência;
- (i) Lista de restrições do planejamento de médio prazo da produção (anexo C): listagem das restrições ao planejamento de médio prazo da produção, procurando-se identificar as

restrições de projeto à produção que representassem lotes de projeto a serem desenvolvidos pelos projetistas;

(j) Planilha de planejamento de curto prazo da produção (anexo D): dessa planilha foram retirados os indicadores PPC (percentual do planejamento concluído) de produção.

(k) Observação direta na produção: registro fotográfico e notas de campo.

Foram definidos dois grupos de variáveis, cada um relacionado a uma questão de pesquisa, conforme representado na figura 30.

QUESTÃO	VARIÁVEIS	EC1	EC2	EC3	FONTES DE EVIDÊNCIA
como segmentar o processo de projeto em atividades buscando a redução do tamanho dos lotes de projeto?	- Quantidade de lotes de projeto programados a partir do planejamento de longo prazo de projeto - Quantidade de lotes de projeto programados a partir do planejamento da produção (restrições de projeto à produção) - Quantidade de lotes menores de projeto programados no planejamento de curto prazo de projeto	X	X		- Planos de longo prazo de projeto;
		X	X	X	- Mapa de segmentação de projeto;
		X	X	X	- Planos de curto prazo de projeto;
		X	X	X	- Planilha de definições para o desenvolvimento de projetos elaboradas nas reuniões de projeto;
		X	X	X	- Entrevistas semi-estruturadas com projetistas;
		X	X	X	- Listas de restrições de projeto ao planejamento de médio prazo da produção;
		X	X	X	- Observação direta: registro do processo em reuniões de planejamento de projeto e produção;
		X	X	X	- Observação participante: registro do processo em reuniões de planejamento de projeto e produção;
		como definir o seqüenciamento das atividades no processo de projeto ?	- Percentual de alterações negativas (perdas) em projeto; - o cumprimento do planejamento das atividades de projeto; - Quantidade de falhas na produção ocasionadas por problemas na gestão do desenvolvimento dos projetos;	X	X
X	X				- PPC de projeto;
X	X			X	- Projetos desenvolvidos antes e durante o estudo
X	X			X	- Planilha de definições para o desenvolvimento de projetos elaboradas nas reuniões de projeto;
X	X			X	- Planilha de acompanhamento de alterações de projeto
X	X			X	- PPC da produção
X	X			X	- Observação participante: registro do processo em reuniões de planejamento de projeto e produção;
X	X			X	- Observação direta: registro do processo em reuniões de planejamento de projeto e produção;
X	X			X	- Observação direta na produção: notas de campo complementada com registro fotográfico

LEGENDA FONTES DE EVIDÊNCIA:

X	Observação Participante	X	Análise de documentos	X	Observação Direta	X	Entrevistas
---	-------------------------	---	-----------------------	---	-------------------	---	-------------

Figura 30: variáveis e fontes de evidência empregadas na análise de dados dos três estudos.

## 5 RESULTADOS

O presente capítulo apresenta os resultados dos estudos realizados. Inicialmente é apresentada a visão geral do sistema de planejamento e controle integrado de projeto e produção antes do início dos estudos na Construtora Parceira (CP). Em seguida, é apresentado cada estudo conforme sua seqüência de realização, as intervenções realizadas e o desenho do sistema de planejamento ao final de cada estudo, os avanços alcançados e as lacunas encontradas. Por fim são apresentadas as contribuições à proposição de diretrizes para a segmentação e seqüenciamento das atividades no processo de projeto, a partir de cada estudo.

### 5.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE INTEGRADO NA CP

Conforme apresentado no item 4.2, a contratação da CP para a execução de novos empreendimentos tem um escopo bastante variado e a realização dos mesmos envolve elevada incerteza. Antes do início do primeiro estudo de caso (EC1), em empreendimentos cujo escopo de contratação incluía a coordenação do desenvolvimento de projetos, o planejamento e controle integrado de projeto e produção funcionava conforme mostra a figura 31.

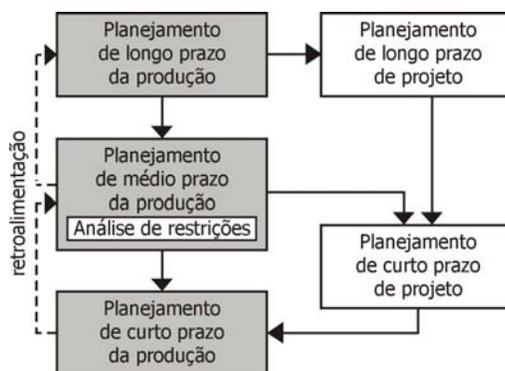


Figura 31: relação de integração do planejamento dos processos de projeto e produção na CP antes do EC1.

A partir do planejamento de longo prazo da produção, normalmente realizado pelo gerente de produção da obra, era realizado o planejamento de longo prazo de projeto pela coordenadora de projetos, conforme apresentado no item 3.4.5.3.

O planejamento de curto prazo de projeto, apresentado em 3.4.5.4, era realizado a partir do desdobramento do longo prazo de projeto, sendo produzida uma programação de atividades a serem desenvolvidas em um horizonte de uma a quatro semanas, com ciclos de planejamento e controle semanais. O planejamento de médio prazo da produção auxiliava na definição de atividades

programadas no curto prazo de projeto através da identificação de restrições de projeto que representavam demandas mais imediatas de projetos por parte da produção.

Os projetos eram desenvolvidos por uma equipe multidisciplinar de projetistas das diversas especialidades, alguns contratados pela CP e eventualmente outros contratados pelo cliente. Normalmente o desenvolvimento dos projetos envolvendo a equipe multidisciplinar ocorria a partir das primeiras semanas do empreendimento, sendo finalizado antes do término da obra.

Através das causas de não cumprimento dos pacotes de trabalho no planejamento de curto prazo da produção era possível identificar os problemas originados em projeto. A retroalimentação criava condições de correções a fim de evitar a reincidência de problemas semelhantes.

O processo de planejamento e controle de projeto existente na CP havia sido desenvolvido com base no sistema de PCP. Entretanto, havia dificuldades de implementação, principalmente quanto ao planejamento de médio prazo de projeto. Estas dificuldades estavam principalmente relacionadas à ineficácia da identificação e remoção de restrições, da mesma forma como é realizado no planejamento e controle da produção. Com o objetivo de aumentar a eficácia de implementação do médio prazo de projeto, em algumas obras anteriores buscou-se integrar o planejamento de médio com o de curto prazo, aumentando o horizonte do plano gerado na reunião de curto prazo para até quatro semanas.

As ferramentas de PCP, especialmente do sistema *Last Planner* de controle da produção, eram uma forte referência ao planejamento e controle de projeto na CP. Esta condição ocorreu principalmente devido ao fato do foco da CP ser exclusivamente a produção até pouco tempo, sendo a coordenação do desenvolvimento de projetos simultânea à produção uma atividade recente. Cabe destacar que as pesquisas recentes realizadas na CP pelo NORIE/UFRGS (MOURA, 2005; CODINHOTO, 2003), procuraram inicialmente adaptar algumas ferramentas do PCP a projeto.

Uma outra limitação encontrada no planejamento de projeto foi com relação ao planejamento de longo prazo. Apesar de considerar definições do planejamento da produção com relação ao início dos serviços no canteiro e os *lead times* de aquisição de recursos, os planos de projeto gerados eram, em geral, expressos através de gráficos de barras, não explicitando as interdependências entre diferentes disciplinas de projeto.

Com relação ao planejamento operacional de projeto, havia alguma dificuldade de controle do cumprimento das atividades programadas em situações nas quais atividades interdependentes eram programadas para o mesmo período. O eventual não cumprimento ou atraso na conclusão de uma

atividade colocava em risco o cumprimento das atividades subseqüentes, principalmente quando programadas para o mesmo período.

O grau de implementação do planejamento e controle de projeto era bastante variado em diferentes empreendimentos devido ao escopo de contratação da CP e ao estágio de desenvolvimento dos projetos de cada obra. Esta condição determinava contratação ou não de um coordenador de projetos, encarregado de coordenar a realização de reuniões de projeto, através de ciclos de planejamento e controle.

A relação de contratação da equipe de projetistas também era variável. Em alguns empreendimentos parte dos projetos eram fornecidos pelo cliente. Em outras ocasiões a CP contratava os projetistas, havendo uma tendência à contratação de projetistas que tivessem algum vínculo com os fornecedores dos sistemas projetados.

## 5.2 ESTUDO DE CASO 1 (EC1)

### 5.2.1 Planejamento e controle da produção

Foram acompanhadas pelo pesquisador 10 reuniões de planejamento de médio prazo da produção, com duração máxima de 1h15min. Estas reuniões contaram com a participação de representantes da CP, tais como o gerente de produção, gerente de contratos, técnico de segurança, coordenador da qualidade, coordenadora de projetos<sup>55</sup> e mestres-de-obras, além dos representantes do cliente.

Não houve regularidade na presença de todos os participantes nas reuniões de médio prazo da produção, exceto do gerente de produção. Além disto, as reuniões não foram realizadas com a frequência prevista ou com pontualidade, por decisão do gerente de produção da obra, que realizava as atividades de planejamento em horários variados.

Nas reuniões eram discutidas questões gerais sobre seqüenciamento da produção e recursos necessários. As discussões com os fornecedores sobre o seqüenciamento de suas atividades no canteiro em maior grau de detalhe e as restrições associadas a estas atividades eram realizadas pelo gerente da produção fora das reuniões de médio prazo.

Os planos de médio prazo foram gerados no programa computacional *MS-Project*, porém, também por decisão do gerente de produção da obra, sem entrar em um grau de detalhe muito grande em relação

---

<sup>55</sup> Arq. Patrícia Moreira Moura, aluna do mestrado profissionalizante do NORIE/UFRGS.

ao plano de longo prazo, de onde eram extraídas as atividades a serem realizadas para um horizonte de quatro semanas à frente (figura 32).



Figura 32: extrato de plano de médio prazo da produção do EC1.

Devido à não realização do planejamento de forma sistemática em ciclos periódicos, na medida que as reuniões tornavam-se menos regulares e mais espaçadas, maior passou a ser o esforço do gerente de produção para atualizar os planos de médio prazo antes de cada reunião.

As restrições à execução das atividades planejadas deveriam ser listadas em uma planilha à parte, definindo os responsáveis e datas limite à remoção destas (figura 33). Ao longo das reuniões, conduzidas pelo gerente de produção, eram discutidas as restrições à realização das atividades no horizonte planejado, porém não era avaliada a remoção das restrições programadas no período anterior. Logo, não era dada atenção ao controle da remoção das restrições. Contribuiu para dificultar o controle da remoção das restrições a informalidade no registro das mesmas, pois, quando não eram realizadas as reuniões de planejamento, as restrições eram anotadas de maneira informal pelo gerente de produção, sem emprego da planilha destinada a esse fim.

LISTA DE RESTRIÇÕES		Obra:		Data limite para remoção da restrição				Período	8	
		Eng:		Semanas						
Nº	Descrição da Restrição (Projeto, Materiais, Equipamentos, MO, Espaço, Segurança)	Responsável	Data	05/01	12/01	19/01	26/01	Custo Previsto	OK (S ou N)	Problema
				11/1	18/01	25/01	1/02			
				S8	S9	S10	S11			
1										
2										
3										
4										

Figura 33: lista de restrições à produção.

A falta de regularidade e sistematização do planejamento de médio prazo dificultou o acompanhamento das reuniões e coleta de dados pelo pesquisador. Em lugar da frequência semanal prevista no início do empreendimento, as reuniões foram espaçadas entre duas e quatro semanas.

As duas últimas reuniões de planejamento de médio prazo do estudo foram realizadas entre o gerente de produção e o pesquisador. Houve aumento do escopo de contratação da obra na 24ª semana e o pesquisador identificou uma oportunidade de intervir no planejamento de médio prazo da produção, a fim de identificar restrições de projeto à nova fase obra<sup>56</sup>. Entretanto, essa iniciativa de intervenção por parte do pesquisador durou apenas duas reuniões, pois o gerente de produção julgou mais importante priorizar outras atividades em lugar do planejamento de médio prazo.

Foram coletadas todas as listas de restrições geradas no planejamento de médio prazo da produção ao longo das reuniões acompanhadas. As restrições de projeto auxiliaram na definição de pacotes de trabalho para os projetistas, identificando as demandas mais imediatas da produção (Figura 34).

As restrições de projeto identificadas nos primeiros períodos representaram lotes maiores de projeto, tais como o projeto de fundações profundas ou de fundações superficiais, por exemplo. A partir da 14ª semana, o caráter das restrições de projeto foi sofrendo mudanças. Algumas restrições representaram lotes menores de projeto a serem desenvolvidos pelos projetistas como, por exemplo, o projeto de *layout* de paredes divisórias de um setor do edifício. Outras restrições representaram indefinições ou falhas nas especificações dos projetos já entregues como, por exemplo, especificações de acabamentos, ou incompatibilidades entre os projetos entregues que deveriam ser corrigidas.

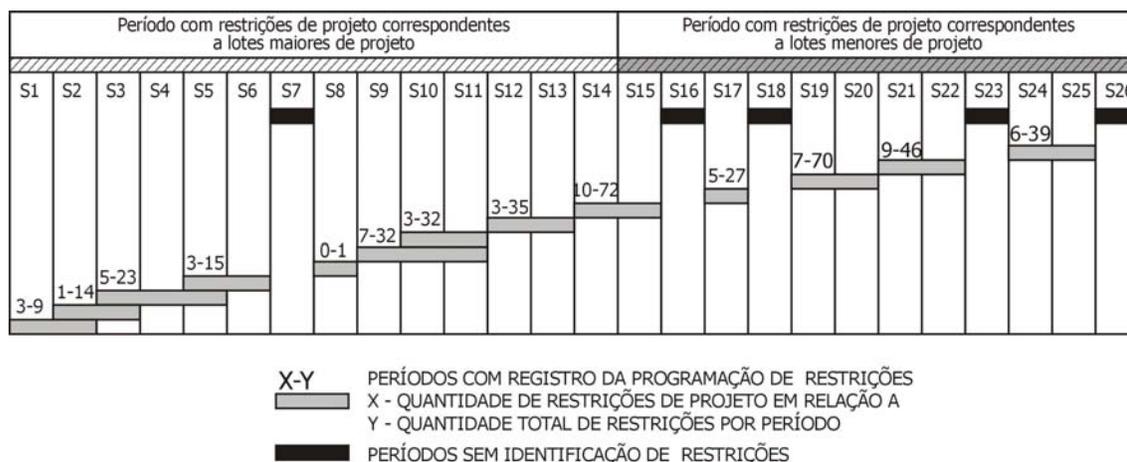


Figura 34: períodos com registro das restrições identificadas e quantidades de restrições de projeto.

<sup>56</sup> Contribuiu à proposição de intervenção pelo pesquisador o programa de capacitação com foco na aprendizagem baseada em problemas (ABP) que estava sendo desenvolvido pelo doutorando Renato Martins das Neves, do NORIE/UFRGS, naquele momento na CP. Nesse programa foram realizadas discussões semanais com os gerentes de produção a respeito de tópicos considerados como problemáticos na empresa. Neste momento o tópico discutido pelo grupo de gerentes de produção da CP era o planejamento de médio prazo da produção, percebendo-se uma breve mudança de postura do gerente de produção quanto a este nível de planejamento da obra investigada.

Das 62 restrições de projeto identificadas no médio prazo da produção, correspondentes a 14,93% do total de 415 restrições identificadas ao longo do estudo, 44 auxiliaram na definição de lotes de projeto a serem desenvolvidos, correspondendo a 10,6% do total de restrições. A figura 34 mostra a quantidade de restrições de projeto em relação ao total de restrições programadas por período, os períodos em que ocorreram as mudanças no tamanho dos lotes de projeto definidos a partir de restrições da produção, e os períodos em que não ocorreu planejamento de médio prazo da produção.

No planejamento de curto prazo da produção o pesquisador acompanhou 21 reuniões, realizadas semanalmente, com duração máxima de 2h. Participaram das reuniões o gerente de produção, o técnico de segurança, os mestres-de-obras e os representantes dos subempreiteiros. A figura 35 apresenta a evolução do PPC (percentual do planejamento concluído) para cada um dos três edifícios, ao longo do período de acompanhamento do empreendimento. O PPC médio no período do edifício da nave principal, administração e manutenção foram, respectivamente, 72%, 75% e 61,5%.

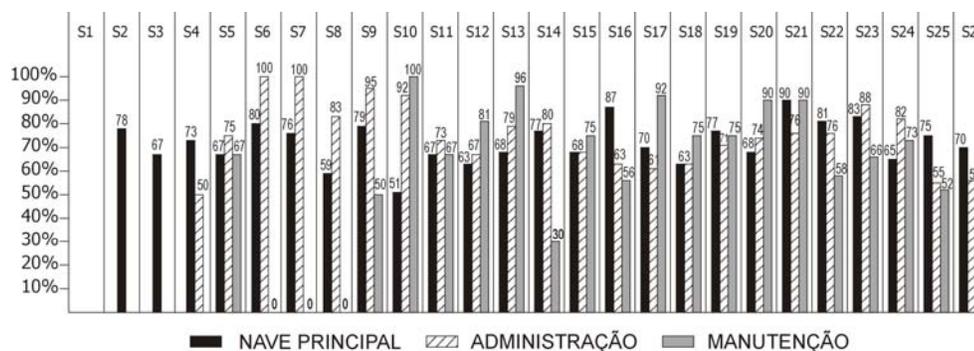


Figura 35: evolução do PPC da produção dos três edifícios.

As falhas na condução do planejamento de médio prazo, como a não realização do planejamento de forma sistemática e a decorrente falha na identificação e remoção de restrições tiveram reflexo direto no valor médio e na variabilidade do PPC, conforme indica a figura 35.

Um exemplo de problema causado pela falta de planejamento de médio prazo pode ser descrito a partir da figura 35. Nas semanas S6, S7 e S8, o PPC do edifício da manutenção foi zero. As causas de não cumprimento do único pacote de trabalho no curto prazo da produção, referente à execução das estacas de fundação do edifício, reprogramada nas três semanas, foram, sucessivamente: alteração de projeto, necessidade de manutenção do equipamento e falta da equipe ao trabalho. Possivelmente os problemas nestes casos seriam evitados através da identificação e remoção das restrições.

Os problemas no curto prazo da produção tiveram origem predominantemente em falhas no planejamento. A figura 36 apresenta os cinco grupos de causas de não cumprimento dos pacotes de

trabalho: falhas de planejamento, problemas com mão-de-obra, falta de materiais, problemas com projetos e interferências do cliente.

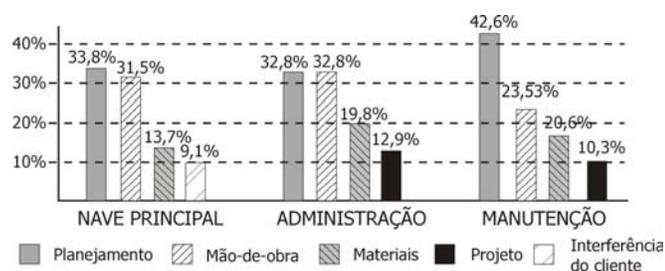


Figura 36: grupos de causas de não cumprimento de pacotes de trabalho no curto prazo da produção por edifício.

As principais causas de não cumprimento dos pacotes de trabalho foram analisadas de forma desdobrada por edifício. A figura 37 mostra as causas de não cumprimento de pacotes de trabalho no curto prazo da produção com maior incidência em cada edifício, sendo constatado que 26,8% das causas de não cumprimento dos pacotes de trabalho na produção foram associadas à não remoção de restrições no planejamento de médio prazo. Estas restrições estavam relacionadas a recursos como equipamentos, mão-de-obra, materiais, além de projeto.

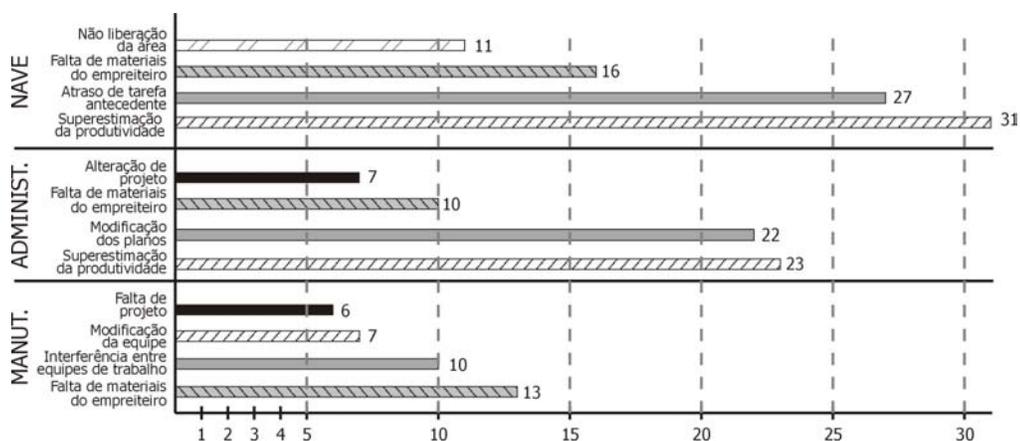


Figura 37: principais ocorrências por grupos de problemas no PPC da produção por edifício.

Um total de 26 pacotes de trabalho programados no curto prazo da produção não foram concluídos por causas associadas a problemas de projeto entre a primeira e 26ª semanas da obra, e corresponderam a 6,22% dos pacotes não concluídos (figura 38).

	NAVE	ADM	MAN
Falta de projeto	3	6	
Incompatibilidade entre projetos	1		1
Alteração de projeto	2	7	6

Figura 38: quantidade de pacotes de trabalho não concluídos em função de problemas de projeto.

Posteriormente, foram identificadas as respectivas semanas de não cumprimento de cada um dos 26 pacotes de trabalho e foi investigada a causa-raiz de cada problema, sendo estas causas classificadas em três grupos: planejamento de médio prazo da produção (9 pacotes não concluídos), interferência do cliente (6 pacotes não concluídos), e gestão de projetos, no qual foram identificados dois sub-grupos, um associado a incompatibilidades entre projetos (6 pacotes não concluídos) e outro a falhas de planejamento e controle do processo de projeto (5 pacotes não concluídos). A figura 39 apresenta cronologicamente a ocorrência dos pacotes não concluídos no curto prazo da produção devido a problemas de projeto, e suas respectivas causas raiz.

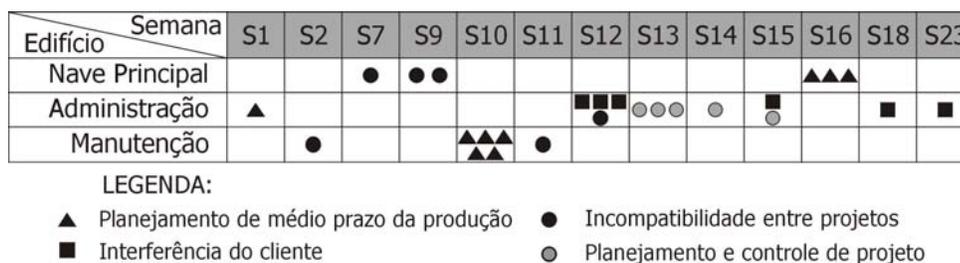


Figura 39: causas-raiz dos pacotes de trabalho não concluídos na produção por problemas associados a projeto.

As fontes de evidência empregadas para encontrar as causas-raiz foram: observação participante do pesquisador nas reuniões de planejamento da produção, planos de médio e curto prazo da produção; análise das listas de restrições; observações diretas, registradas em notas de campo complementadas por registro fotográfico; e documentos de projeto.

Os cinco problemas no curto prazo da produção originados em falhas de planejamento e controle de projeto foram associados a problemas no seqüenciamento das atividades de projeto. Os mesmos apresentaram em comum o fato de os projetistas não estarem integrados à equipe multidisciplinar de projeto por duas razões: uma equipe de projeto era vinculada ao fornecedor da estrutura metálica do interior do estado e participou de apenas uma reunião de projeto; outras duas equipes de projeto não fizeram parte do escopo de contratação da CP e foram contratadas diretamente pelo cliente.

Os projetos fora do escopo da CP foram planejados para serem desenvolvidos de forma simultânea aos demais, para que as interdependências fossem identificadas e as informações necessárias trocadas. Entretanto, nas duas disciplinas com problemas associados ao seqüenciamento, os projetos foram iniciados tardiamente em decorrência de atrasos nas contratações por parte do cliente. Esta condição teve reflexos negativos tanto no projeto, causando atrasos na conclusão de projetos de disciplinas interdependentes, bem como na produção, em função das interferências no seqüenciamento da execução de tarefas no canteiro.

## 5.2.2 Planejamento e controle de projeto

O pesquisador não participou da elaboração do plano de longo prazo de projeto, que já havia sido concluído quando iniciado o estudo. O plano de longo prazo foi elaborado pela coordenadora de projetos e gerente de produção a partir do plano de longo prazo da produção, considerando as datas de início dos principais eventos da produção e o *lead time* dos recursos necessários e preparação do canteiro. Neste plano foram definidos os grandes lotes de projeto de cada disciplina.

Para entender como foram definidos os lotes de projeto a serem desenvolvidos pelos projetistas, foram analisados os dados referentes ao edifício da nave principal. O plano de longo prazo de projeto deste edifício (figura 40) apresentou 31 grandes lotes de diferentes disciplinas a serem desenvolvidos. Três lotes foram programados no curto prazo de projeto conforme apresentados no plano de longo prazo de projeto e atenderam a demandas mais imediatas e de rápida execução na produção, como fundações profundas e superficiais. As soluções de projeto nestes casos envolveram alguma repetitividade, como por exemplo, o bloco de fundação de um pilar que foi repetido ao longo de toda a fachada. Apesar de corresponder a uma quantidade considerável de pilares, a solução de projeto deste bloco foi a mesma para atender a diversos pilares. A pouca interdependência com outras disciplinas de projeto nestes casos também contribuiu para a não redução do tamanho destes lotes de projeto.

Plano Mestre de Projeto - Nave Principal e Manutenção																													
Plano n.º: 01 Data:22/10/2003																													
Evento	Predio	Nr Item	Conteúdo de Projeto	Semana inicial		Data Inicial																							
				1	20/10/2003	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10														
				Início da Produção	Lead Time (dias)	Responsável	Data Limite de Projeto	Data Limite Reprogram	Estimado	Data Entrega Original		Revisão																	
				Segunda-feira				Data		Versão	Data	Versão	20/10/03	20/10/03	31/10/03	31/10/03	16/11/03	16/11/03	30/11/03	30/11/03	14/12/03	14/12/03	27/12/03	27/12/03					
FUNDAÇÕES	Nave Principal	1.0	Projeto de estacas escavadas	3/nov/03	7		27/10/2003		2																				
		2.0	Projeto de blocos de fundação	3/nov/03	7		27/10/2003		2																				
		3.0	Projeto de vigas de baldrame	10/nov/03	7		3/11/2003		3																				
	Manutenção	4.0	Projeto de estacas escavadas	3/dez/03	14		10/11/2003		5																				
		5.0	Projeto de blocos de fundação	3/dez/03	14		10/11/2003		5																				
		6.0	Projeto de vigas de baldrame	12/dez/03	14		28/11/2003		6																				

Figura 40: extrato do plano de longo prazo de projeto dos edifícios da nave principal e manutenção.

No planejamento de curto prazo de projeto, foram acompanhadas 12 reuniões com duração entre 1h e 3h. As reuniões de projeto envolveram normalmente todos os projetistas, representantes da CP (um diretor e gerente de contratos do empreendimento, a coordenadora de projetos, o gerente de produção da obra e, eventualmente, o coordenador da qualidade), representantes da empresa contratante e o pesquisador. Assim, essas reuniões envolviam um número relativamente grande de pessoas, chegando a participar 14 profissionais em uma reunião. Nestas reuniões eram discutidas as soluções de projeto adotadas e checadas as atividades programadas para o período anterior, fechando ciclos de controle. Também era elaborado um plano de curto prazo com as atividades a serem desenvolvidas por



cada ciclo de controle. Através desta fonte de evidência, procurou-se identificar apenas problemas associados à segmentação dos lotes de projeto.

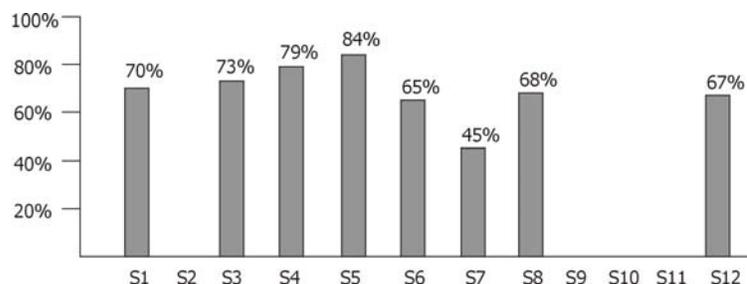


Figura 42: evolução do PPC de projeto dos três edifícios.

Embora houvesse as restrições apontadas ao uso efetivo dos mecanismos e ferramentas ao planejamento e controle de projeto, os mesmos deveriam auxiliar na gestão do projeto e não se tornarem empecilho à coordenação do processo. Foi observado que devido à impossibilidade do uso de todos os recursos disponíveis à gestão do processo de projeto, uma alternativa para correção nestas condições, pode vir a ser avaliação do processo de planejamento. Esta avaliação pode ocorrer durante o desenvolvimento dos projetos, da mesma forma como realizado no PCP, que é avaliado durante a produção ou ao final do empreendimento.

Na segunda semana (S2) o PPC não foi calculado, conforme demonstrado na figura 42, porque as atividades programadas tinham um horizonte maior que uma semana para serem concluídas. A lacuna entre as semanas 9 e 11 correspondeu ao período de recesso de final de ano, quando também foram programadas atividades de projeto que demandaram maior prazo para desenvolvimento.

Cabe destacar que o mecanismo adotado para a troca de informações foi o *e-mail*, que mostrou baixa confiabilidade. Foram identificadas através da observação direta ao longo das reuniões 9 ocorrências de falhas de comunicação, apontadas pelos participantes, a respeito do não recebimento dos arquivos enviados por outros envolvidos no projeto.

A respeito do tamanho dos lotes de projeto, a interdependência entre informações de diferentes disciplinas de projeto levou à necessidade de reduzir o tamanho dos lotes de projeto a serem programados e desenvolvidos no planejamento de curto prazo de projeto. A partir dos lotes programados nos planos de longo prazo de projeto, estes foram sendo desdobrados e as suas respectivas interdependências identificadas ao longo das reuniões de projeto, principalmente por solicitações da equipe de projetistas que apontava as necessidades de informações ou definições de outros projetistas. O critério adotado para a definição de um lote menor de projeto a partir das

interdependências identificadas foi o tempo necessário ao seu desenvolvimento e o conteúdo que deveria contemplar, atendendo às demandas apresentadas pelos demais projetistas ou pela produção.

Desta forma, ao longo do planejamento de curto prazo de projeto, das 146 atividades programadas, um total de 93, correspondentes a 63,69% das atividades programadas, representaram lotes de projeto a serem desenvolvidos pelos projetistas. O restante das atividades programadas corresponderam a elaboração ou troca de lotes de informação<sup>57</sup> entre os intervenientes<sup>58</sup>, aprovações de projeto a serem realizadas, dentre outras.

Foi constatada pouca resistência à necessidade dos projetistas em desenvolver os projetos em lotes menores, a medida que foram sendo identificadas as interdependências entre as disciplinas de projeto, principalmente a partir das reuniões semanais de projeto.

A maior dificuldade em desenvolver o projeto em lotes menores foi enfrentada pelo projetista das bases de concreto para equipamentos. Através de entrevista com o projetista, foi constatado que o mesmo apresentava algumas limitações para acelerar o desenvolvimento do projeto, sendo estas fortemente associadas às peculiaridades do projeto, tal como a impossibilidade de repetir as soluções de projeto em função dos equipamentos serem diferentes. Esse projeto foi desenvolvido em lotes maiores se comparado a projetos de outras disciplinas. As bases projetadas deveriam atender a equipamentos de determinados setores do edifício, correspondentes a zonas razoavelmente grandes. Se desenvolvido em lotes menores, o projeto das bases de concreto possibilitaria o início da produção também em lotes menores ao invés de aguardar a conclusão de todo o projeto.

Entretanto, foram adotados outros critérios para a redução dos lotes de projeto de outras disciplinas, como os projetos de fundações profundas e superficiais, já mencionados, que envolveram alguma repetição e foram desenvolvidos em grandes lotes. O projeto de arquitetura do mesmo edifício, por sua vez, foi segmentado em cinco lotes menores correspondentes a diferentes áreas do edifício, devido à necessidade de aumentar o grau de detalhe das informações do projeto, o qual, via de regra, norteia todas as demais disciplinas. Porém, esta segmentação ocorreu apenas a partir do momento em que a solução de todo o projeto havia atingido um grau de maturidade satisfatório.

Através das visitas semanais do pesquisador ao canteiro foram identificados 23 problemas na produção relacionados ao projeto, dos quais 8 foram associados a falhas na gestão de requisitos do cliente, onze

---

<sup>57</sup> Ver definição de lote de informação no item 3.4.4.

<sup>58</sup> O mecanismo adotado para a troca de informações entre os profissionais envolvidos no empreendimento foi principalmente o *e-mail*, demandando tempo e esforço da coordenadora de projetos para corrigir eventuais falhas nas trocas.

a incompatibilidades entre projetos e quatro ao seqüenciamento do desenvolvimento dos projetos (tabela 1).

Tabela 1: origem e quantidade de problemas na produção identificados a partir de observação direta no canteiro.

ORIGEM DE PROBLEMAS NA PRODUÇÃO	
Causa do problema	Qtd.
Gestão de requisitos do cliente	8
Incompatibilidade entre projetos	11
Seqüenciamento do processo de projeto	4

Um exemplo de problema originado na falha na gestão de requisitos do cliente ocorreu na sétima semana de desenvolvimento dos projetos, referente à flexibilidade máxima dos pilares de apoio da ponte rolante, calculados para uma deformação elástica acima da aceitável para o equipamento adquirido pelo cliente. A captação tardia deste requisito, somada à informação tardia do cliente sobre o fornecimento das vigas da ponte rolante pelo fabricante tiveram impactos negativos tanto em projeto como na produção. No projeto, foi necessário reavaliar os projetos desenvolvidos da estrutura de concreto e alterar os projetos de blocos de fundação ao longo de 14 módulos da estrutura do edifício, composto por 43 módulos. Os impactos na produção foram a interrupção da produção e atraso na montagem dos pilares de concreto neste trecho do edifício.

Com relação aos problemas na produção originados na incompatibilidade entre projetos, vale destacar um problema ocorrido que envolveu a execução das fundações do edifício da manutenção. O projeto de arquitetura estabeleceu uma convenção para a nomenclatura de eixos representados através de letras para eixos horizontais e números para eixos verticais. O projeto de estacas adotou a mesma convenção porém com uma rotação de 180°, o que não foi observado pelo gerente de produção no momento da locação e execução das estacas. Como o edifício tinha uma zona com mezanino, logo, com carregamentos diferentes em zonas diferentes, em dois pontos o estaqueamento ficou com capacidade além da necessária e em outros dois pontos com capacidade aquém da necessária, sendo preciso reforçar o estaqueamento. A ocorrência deste problema apontou a necessidade de estabelecer convenção e padrões de representação gráfica para o desenvolvimento dos projetos e foi uma medida tomada dentre os mecanismos de coordenação de projetos no início do EC2.

Em relação aos problemas originados no seqüenciamento do processo de projeto, constatou-se que os projetos fora do escopo da CP foram origem de alguns problemas que geraram impactos negativos tanto em projeto como na produção. Um exemplo desta situação ocorreu com o desenvolvimento tardio do projeto de instalações de climatização no edifício da administração, o qual atrasou a

conclusão do projeto de instalações elétricas, pois este dependia da definição das cargas do sistema de climatização e atrasou o fornecimento da subestação, cujo *lead time* era de 35 a 60 dias.

O projeto de instalações de climatização foi programado como restrição de projeto no médio prazo da produção. Três semanas após a data limite para remoção desta restrição, não removida, o contrapiso do edifício da administração foi concretado, exceto uma borda do piso, não executada até que fosse concluído o projeto de instalações elétricas, dependente das cargas informadas pelo projeto de instalações de climatização. A não inclusão no escopo da CP de todos os projetos necessários à execução de um empreendimento é algo recorrente nas obras no contexto investigado e é um tópico que requer atenção a fim de evitar que a identificação tardia de eventuais interdependências ou requisitos não afetem projeto e produção.

### 5.2.3 Intervenções Propostas

#### 5.2.3.1 MAPA DE SEGMENTAÇÃO DE PROJETO

Ao longo das reuniões de projeto, a identificação de interdependências entre as diferentes disciplinas de projeto pela equipe multidisciplinar de projetistas ocorreu com certa informalidade, sendo fortemente baseada na experiência de cada profissional. Desta forma, foi constatada a necessidade de antecipar a identificação destas interdependências nos lotes programados no longo prazo de projeto, de onde foram extraídos e programados os lotes no curto prazo de projeto. Buscou-se identificar as principais interdependências para que a extração de lotes do longo para o curto prazo fosse mais bem entendida pela coordenação de projetos e não apenas pelos projetistas, como um mecanismo para auxiliar a coordenação em ver à frente no planejamento de projeto.

Para entender como ocorreu esta segmentação dos lotes de projeto a partir da identificação das interdependências entre lotes de diferentes disciplinas de projeto, foi desenvolvido pelo pesquisador e a coordenadora de projetos da CP um mapa de segmentação dos lotes de projeto, apresentando as disciplinas de projeto que fizeram parte do escopo de contratação da construtora (figura 43). Não integraram o mapa as disciplinas de projeto fora do escopo da CP pela dificuldade de contato com os projetistas.

Para desenvolver o mapa foram analisados pelo pesquisador os projetos da nave principal das seguintes disciplinas: arquitetura, instalações elétricas e hidrossanitárias, fundações profundas, estrutura pré-fabricada de concreto, estrutura metálica, cobertura e ventilação e parte do projeto de estruturas de concreto das bases de equipamentos. Para cada disciplina procurou-se entender como

ocorreu a segmentação dos lotes dos projetos desenvolvidos, e explicitar as principais interdependências entre os mesmos.

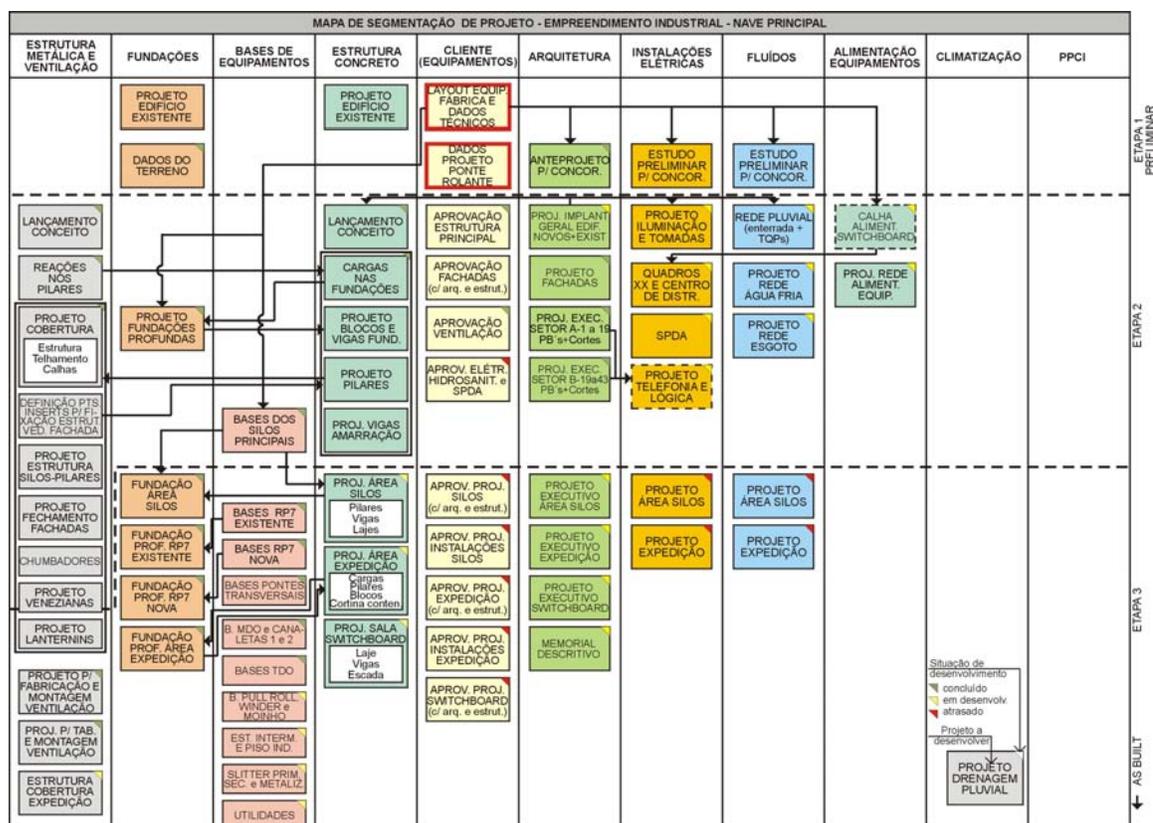


Figura 43: mapa de segmentação de projetos do edifício da nave principal.

Cabe destacar que o desenvolvimento do mapa de segmentação de lotes de projeto como ferramenta de planejamento havia sido iniciado pela coordenadora de projetos em um empreendimento hospitalar anterior da CP. Para a sua elaboração, além do acompanhamento das reuniões de planejamento de projeto, a coordenadora de projetos havia realizado entrevistas com os projetistas do empreendimento hospitalar, e elaborado uma proposta inicial do mapa, que foi discutida com os projetistas. Desta forma, o desenvolvimento do mapa possibilitou a retomada de uma ferramenta de planejamento e controle de projeto que não havia sido totalmente explorada.

As entrevistas realizadas pelo pesquisador com os projetistas auxiliaram na identificação de interdependências não evidenciadas através da análise de projetos, além da identificação dos dados de entrada necessários ao desenvolvimento de cada lote de projeto (Apêndice E).

Através do mapa de segmentação, foram identificados os grandes lotes de projeto. Os lotes menores foram programados e desenvolvidos ao longo dos ciclos de planejamento semanal de projeto,

principalmente em função da identificação de interdependências apontadas pelos projetistas ao longo das reuniões e não explicitadas no mapa. Desta forma, a diferença entre lotes grandes e pequenos pode ser definida a partir do prazo necessário ao seu desenvolvimento, do grau de detalhe necessário e a possibilidade de repetição da solução de projeto. Por exemplo, a planta baixa do projeto de arquitetura de um edifício é um grande lote de projeto. Este lote pode demandar um prazo maior para desenvolvimento pela necessidade de uma série de definições que serão utilizadas para a realização dos projetos complementares. Por outro lado, o desenvolvimento de uma solução de fundação, realizada em um prazo menor, e passível de repetição pode ser considerado como um exemplo de pequeno lote de projeto.

### 5.2.3.2 ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DE PROJETO

Ao longo do EC1 foi constatado que os projetos sofriam uma série alterações originadas por diversas causas. Apesar do processo de projeto ser altamente iterativo por natureza, foi identificada uma oportunidade de investigar mais a fundo as causas destas alterações e quais seriam suas relações com perdas no processo de projeto. Este foi um objetivo da pesquisa estabelecido ao longo do EC1.

A análise dos projetos do edifício da nave principal para o desenvolvimento do mapa de segmentação possibilitou também a identificação das causas de alterações sofridas por cada lote de projeto. Esta investigação foi feita observando os registros apontados no rosto das pranchas dos projetos, complementadas através dos registros realizados ao longo das reuniões de projeto.

O registro das alterações foi feito em planilha desenvolvida para este fim, possibilitando identificar, além da data da alteração, os lotes de outras disciplinas que ocasionaram determinada alteração. A tabela 2 apresenta as principais causas das alterações de projeto e seus respectivos percentuais.

Tabela 2: causas de alterações de projeto no edifício da nave principal.

GRUPO	CAUSAS DAS ALTERAÇÕES DE PROJETO	%	% POR GRUPO
Amadurecimento do Projeto	Complementação de informações decorrentes do amadurecimento do próprio projeto ou lotes de outras disciplinas interdependentes		62,91%
	Alteração por demanda da produção	0,66 %	
Requisitos do Cliente	Novo requisito do cliente	5,30 %	25,83%
	Mudança de requisitos do cliente	13,91 %	
	Requisitos do cliente não captados anteriormente	6,62 %	
Perdas em Projeto	Adequação de selo, nomenclatura de arquivos ou representação gráfica.	1,99 %	11,26%
	Correção de informação de projeto	9,27 %	

A constatação feita da relação entre iterações e alterações de projeto foi que uma iteração apenas resulta em uma alteração quando é tomada uma decisão de projeto. Esta decisão de projeto pode ser

motivada por diversos fatores como a adoção da solução de projeto mais adequada com as informações disponíveis naquele momento, um requisito do cliente ou o reflexo da alteração de um lote de projeto interdependente. Desta forma, devido à natureza iterativa do processo de projeto, as alterações são inerentes ao seu amadurecimento e parte de seu desenvolvimento normal. Cabe destacar que as iterações podem ser negativas quando representam perdas, ou positivas, quando associadas à geração de valor.

As alterações decorrentes de adequações dos projetos a padrões de selos, nomenclaturas de arquivos, representação gráfica ou de correção de informações constantes nos projetos representaram 11,26% das alterações e significaram retrabalho. Estas perdas não foram decorrentes da evolução das soluções de projeto, mas decorrentes de falhas. Logo, representaram perdas.

Um exemplo de alteração causada por um novo requisito do cliente foi a solicitação para que fosse inserida uma marquise em portão de acesso da nave principal, decorrência do amadurecimento do projeto de arquitetura, uma vez que o cliente não havia percebido esta necessidade.

Quanto às alterações decorrentes de mudanças de requisitos do cliente, um exemplo que teve reflexos negativos em projeto e na produção foi a solicitação pelo contratante para que uma área sob os silos da nave principal fosse alterada, passando a ser uma sala com pé-direito ampliado de 4,0m para 6,0m. Esta mudança de requisitos gerou alterações de projeto que representaram retrabalho para os projetistas de arquitetura, estrutura de concreto e fundações que tiveram que revisar seus projetos bem como para a produção que ficou parada durante 15 dias aguardando as revisões de projeto e a retificação do pedido para o fornecedor de armaduras das fundações e estrutura de concreto armado.

As alterações de projeto associadas a requisitos do cliente totalizaram 25,83%. Já as complementações de informações decorrentes do amadurecimento dos projetos, de seus lotes interdependentes, ou por proposição da CP, totalizaram 62,91%.

Observou-se ainda que uma alteração de projeto pode ter mais de uma causa e ser decorrente da interdependência entre lotes de diferentes disciplinas de projeto. Diversas alterações foram resultados das interações entre os projetistas nas reuniões de projeto que ocorreram periodicamente no início do empreendimento, demonstrando o benefício das discussões entre a equipe multidisciplinar à evolução e amadurecimento dos projetos.

A investigação das causas de alterações de projeto possibilitou, em um primeiro momento, identificar parte das causas de perdas em projeto, especialmente aquelas relacionadas à falhas e com evidências

claras de suas ocorrências, totalizando 11,26%. As demais causas de alterações de projeto, associadas ao amadurecimento do projeto e a requisitos do cliente, não possibilitaram conclusões tão precisas, devendo ser objeto de investigação futura.

#### 5.2.4 Evolução do planejamento e controle integrado de projeto e produção

O EC1 teve caráter predominantemente exploratório, conforme os objetivos do estudo apresentados em 4.5.2. Apesar da pequena intervenção realizada ao longo do estudo, através da coleta e análise dos dados foram identificadas algumas oportunidades de melhoria e algumas dificuldades para consolidar os avanços alcançados em trabalhos desenvolvidos anteriormente.

O planejamento integrado de projeto e produção na CP antes do início dos estudos foi apresentado em 5.1. Ao longo do EC1, foi proposto o mapa de segmentação de projeto como ferramenta para o planejamento e controle de projeto. Embora o mapa não tenha sido empregado em tempo real no planejamento de projeto por ter sido elaborado após o desenvolvimento dos projetos do empreendimento Industrial, percebeu-se a possibilidade de considerar as datas do planejamento da produção na elaboração desta ferramenta, valendo-se do mesmo mecanismo empregado para a elaboração do plano de longo prazo de projeto. Esta mudança foi proposta no EC2. A figura 44 apresenta o desenho do planejamento integrado de projeto e produção ao final do EC1.

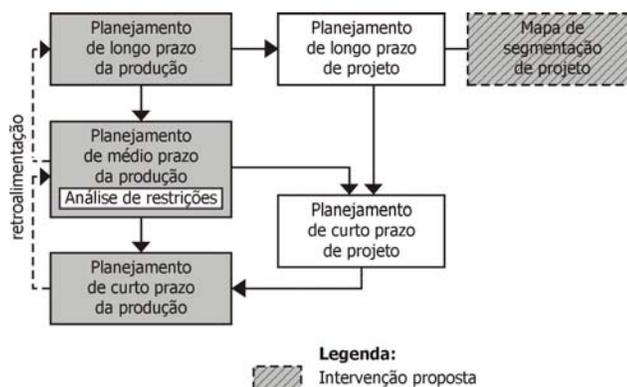


Figura 44: relação de integração do planejamento dos processos de projeto e produção na CP ao final do EC1.

#### 5.2.5 Contribuições para diretrizes para a segmentação e seqüenciamento das atividades no processo de projeto

##### 5.2.5.1 SEGMENTAÇÃO DOS LOTES DE PROJETO

Uma das principais oportunidades de melhoria identificadas no planejamento e controle do projeto foi a realização de uma etapa de preparação do processo de planejamento de projeto, da mesma forma

como é realizada no planejamento da produção. Desta forma, pode-se definir os procedimentos e ferramentas a serem adotados para o planejamento e controle do projeto e entender o plano de ataque inicial da produção, condição que pode contribuir à redução da incerteza para o planejamento de projeto. Por ser realizada no início do empreendimento, esta etapa foi sugerida como o momento adequado para realizar o planejamento de longo prazo de projeto, porém com algumas definições a mais em relação à forma como foi realizado no EC1. Dentre estas definições estão o estabelecimento dos grandes lotes de projeto a serem desenvolvidos e principalmente as interdependências mais importantes entre diferentes disciplinas, além da clara definição do escopo de contratação dos projetistas envolvidos.

Foi constatado que a redução do tamanho dos lotes de projeto tem relação com o tamanho e a complexidade do edifício projetado. Além disso, algumas disciplinas de projeto foram identificadas como sendo mais críticas ao desenvolvimento dos demais projetos e à produção. Esta criticalidade pode estar associada à limitada capacidade de redução do tamanho dos lotes de projeto a serem desenvolvidos, à impossibilidade de aumento de velocidade de desenvolvimento do projeto por parte de seus respectivos projetistas, à limitada ou inexistente possibilidade de repetição da solução de projeto, ao *lead time* de algum recurso necessário à produção no canteiro associado a esses projetos ou ainda às interdependências com outras disciplinas de projeto.

É importante que a coordenação de projetos, juntamente com a gerencia de produção e a equipe de projetistas, identifiquem as disciplinas de projeto que apresentam maior criticalidade, preferencialmente no início do desenvolvimento dos projetos, avaliando alternativas para evitar o surgimento de filas em seu processo de desenvolvimento que possam ter reflexos negativos aos demais projetos ou à produção. Em empreendimentos nos quais os projetos são desenvolvidos com a participação do cliente, é fundamental a identificação dos pontos em que este deve tomar as decisões mais relevantes. Entretanto, outras disciplinas de projeto que não apresentaram estes fatores críticos adotaram outros critérios para a segmentação de seus lotes de projeto.

#### 5.2.5.2 SEQÜENCIAMENTO DAS ATIVIDADES DE PROJETO

No contexto investigado, o planejamento de projeto deve ter estreita relação com o planejamento da produção. De acordo com Codinhoto (2003), o planejamento de médio prazo da produção tem grande importância na integração entre o planejamento de projeto e produção. Entretanto, foram encontradas dificuldades na realização rotineira do planejamento neste nível, apontando para a necessidade de outros mecanismos que contribuam para integrar o planejamento de projeto e da produção,

preferencialmente a partir do planejamento de longo prazo da produção, e não do seu planejamento de médio prazo.

Uma grande parte das interdependências de projeto são identificadas no planejamento de curto prazo de projeto e apenas ao longo de seu desenvolvimento, a partir das necessidades de informações e definições apontadas pela equipe multidisciplinar, as quais tendem a representar restrições ao desenvolvimento das atividades de projeto de outras disciplinas. Esta condição é problemática e evidencia a elevada incerteza existente em projeto, bem como a impossibilidade de programar as atividades de projeto para um horizonte um pouco maior. As reuniões da equipe multidisciplinar de projetistas têm importante papel na identificação das interdependências e no auxílio à definição do seqüenciamento mais adequado ao desenvolvimento dos projetos em cada empreendimento.

Foi observada pouca resistência da maior parte dos projetistas em iniciar o desenvolvimento dos projetos com poucas definições. Esta condição foi corroborada através das entrevistas realizadas com os projetistas. Entretanto, é importante que ocorra a evolução na captação de requisitos apontados pelos projetistas, clientes internos do processo, entre um empreendimento e outro e que ocorra aprendizado a partir das falhas decorrentes de indefinições ou informações tardias. Este aprendizado deve auxiliar na definição do seqüenciamento dos projetos de empreendimento subseqüentes.

Neste sentido, o fornecedor da estrutura pré-fabricada de concreto realizou algumas ações corretivas com relação a erros e falhas de projeto ao longo de diversos empreendimentos, evitando novas ocorrências dos mesmos problemas. Na entrevista realizada com uma engenheira do corpo técnico deste fornecedor, foi apresentado pela mesma um *check list* com uma série de dados de entrada obtidos no início do projeto e que compõem o histórico do empreendimento e registram os requisitos para o início do desenvolvimento do projeto. Eventuais problemas novos que ocorram ao longo do desenvolvimento do projeto de algum empreendimento são analisados, são identificadas suas causas e definidos meios para evitá-los, sendo realizadas alterações neste *check list*, se necessário.

Ao longo do EC1 foi constatada a importância do seqüenciamento do processo de projeto seguir o plano de ataque e o seqüenciamento da produção, nos quais são definidos o prazo do empreendimento ou de suas partes, o *lead time* de recursos e as restrições impostas pelo cliente com relação ao funcionamento dos edifícios, nos casos de empreendimentos que envolvam ampliações. Outro fator a considerar no seqüenciamento das atividades de projeto são os vínculos contratuais estabelecidos com fornecedores, bem como os momentos em que decisões chave devem ser tomadas pelo cliente.

## 5.3 ESTUDO DE CASO 2 (EC2)

### 5.3.1 Planejamento e controle da produção

Foram acompanhadas pelo pesquisador 12 reuniões de planejamento de médio prazo da produção, com duração máxima de 1h15min. Participaram destas reuniões o gerente de produção da obra, o gerente de contratos, o mestre-de-obras e o técnico de segurança da CP. Participaram ainda os fornecedores envolvidos nos serviços planejados naquele horizonte, o pesquisador e eventualmente a coordenadora de projetos da CP.

Os planos de médio prazo foram gerados empregando programa computacional *MS-Project*, considerando um horizonte de planejamento de quatro semanas à frente. Nas reuniões eram discutidas as atividades previstas, sendo identificados os recursos necessários e as restrições a elas associadas.

O controle de remoção das restrições era realizado no início de cada reunião. Foi proposto pelo pesquisador o cálculo de indicador de remoção de restrições programadas para a primeira semana planejada (IRRs1), conforme proposto por Codinhoto (2003). Tal proposição foi realizada como uma forma de reforçar os ciclos de controle ao planejamento de médio prazo da produção. A evolução do IRRs1 é apresentada na figura 45.

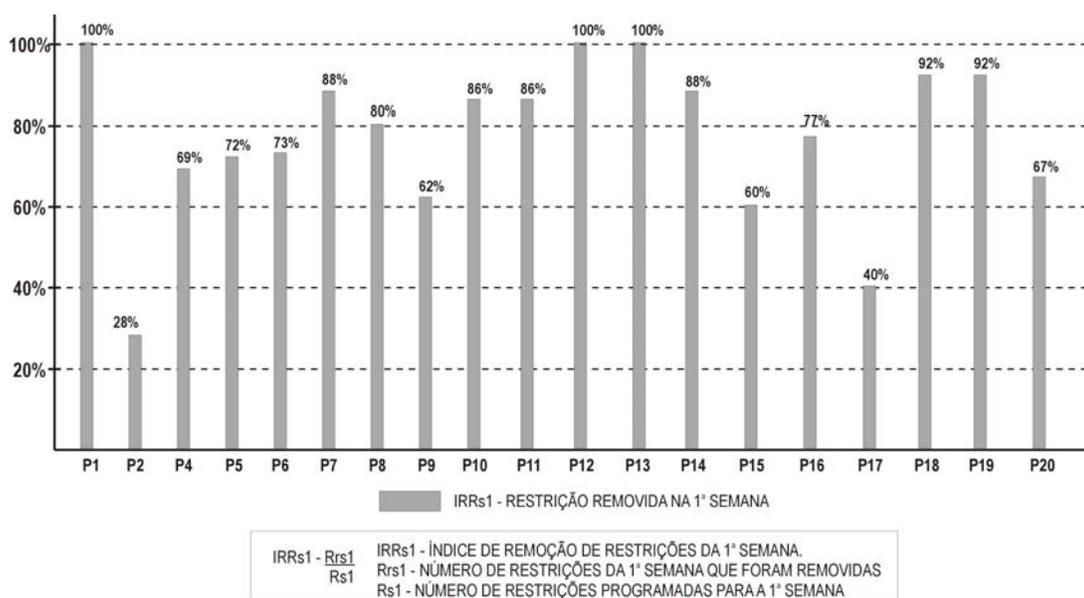


Figura 45: evolução do índice de remoção de restrições da primeira semana.

Houve variações na forma de condução das reuniões. Em algumas reuniões houve a participação de um grupo de fornecedores simultaneamente e, em outras reuniões, as discussões foram feitas em seqüência com cada fornecedor. As reuniões individuais eram mais breves e objetivas, porém exigiam

a identificação prévia do gerente de produção da obra das eventuais interdependências entre serviços dos diferentes fornecedores.

Segundo o gerente de produção da obra, o empreendimento teve sua implantação em uma área restrita da fábrica sem interferência no funcionamento desta e o edifício projetado apresentou complexidade relativamente menor em relação a outros empreendimentos da CP. Além disso houve pouca interferência do cliente na produção, o que teve relação com a restrição do custo total do empreendimento contratado. De acordo com o gerente de produção da obra, esses fatores contribuíram para a estabilidade do planejamento de médio prazo da produção.

A figura 46 apresenta a quantidade de restrições de projeto programadas em relação ao total de restrições por período no planejamento de médio prazo da produção. Estas auxiliaram na definição de lotes de projeto a serem desenvolvidos pela equipe multidisciplinar de projeto.



Figura 46: os períodos de planejamento de médio prazo da produção com as respectivas quantidades de restrições de projeto programadas.

As restrições de projeto representaram 8,42% do total de 610 restrições programadas. Das 84 restrições de projeto identificadas no planejamento de médio prazo da produção, 29 representaram lotes de projeto a serem desenvolvidos pelos projetistas. Assim, das restrições de projeto identificadas e programadas, 34,52% representaram lotes de projeto a serem desenvolvidos, auxiliando no planejamento de curto prazo de projeto. As restrições de projeto que não tiveram este caráter foram referentes a lotes de informação de projeto como, por exemplo, a informação a respeito de uma instalação existente no canteiro para um determinado projetista ou a definição pelo cliente da quantidade de armários necessários no vestiário.

Do planejamento de curto prazo da produção foi coletado o indicador PPC (figura 47) ao longo das primeiras 16 semanas, sendo identificadas as causas de não cumprimento dos pacotes de trabalho. O PPC médio ao longo deste período foi de 82%.

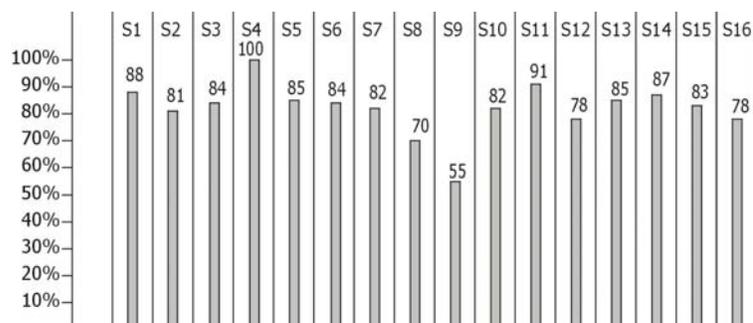


Figura 47: evolução do PPC da produção

A figura 48a apresenta os percentuais de causas de não cumprimento dos pacotes de trabalho no curto prazo da produção por grupos, apontando 4,83% correspondentes a três pacotes não cumpridos em decorrência de problemas associados ao projeto. A figura 48b mostra a tipologia de problemas com maior incidência em cada grupo ao longo de 16 semanas de planejamento de curto prazo da produção.



Figura 48: grupos de causas de não cumprimento de pacotes de trabalho no curto prazo da produção e as causas com maior número de ocorrências por grupo.

Nas 16 semanas de acompanhamento da produção, três pacotes de trabalho não foram cumpridos por problemas associados ao projeto. Dois não foram concluídos por alterações de projeto decididas em reuniões próximas aos eventos já programados na produção e um foi por má qualidade do projeto, que apresentou solução incompatível com as instalações existentes no local. A ocorrência de poucos problemas no curto prazo da produção evidencia a elevada eficácia do planejamento da produção, bem como do projeto em entregar os lotes planejados.

Ao longo do acompanhamento do empreendimento foi identificada uma dificuldade na produção, no processo de montagem das instalações dos registros de acionamento de água de 128 chuveiros e nas paredes de alvenaria junto a essas instalações. Estes processos não eram suficientemente dominados pelas equipes, resultando em atrasos e aumento dos prazos necessários à conclusão de ambas, conforme mostra a figura 49.

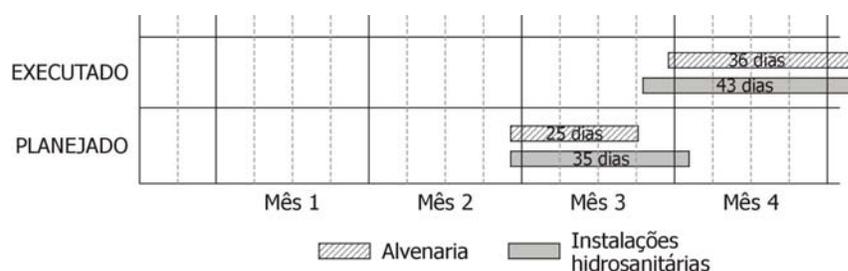


Figura 49: serviços de alvenaria e instalações dos registros de acionamento dos chuveiros, conforme planejado e executado.

### 5.3.2 Planejamento e controle de projeto

Antes do início do desenvolvimento dos projetos pela equipe de projetistas, houve uma etapa de preparação do processo de planejamento de projeto ao longo de três dias, realizado pelo pesquisador em conjunto com a coordenadora de projetos da CP. Esta iniciativa foi motivada a partir do EC1, em que alguns problemas afetaram projeto e produção poderiam ter seus impactos reduzidos através da adoção de alguns mecanismos para auxiliar a coordenação do processo de projeto.

Nesta etapa de preparação foram definidas algumas ações para melhorar a coordenação do processo de projeto: adoção de padrões para a nomenclatura de arquivos eletrônicos e para a representação gráfica de eixos e selos, a serem incorporadas aos projetos, e a utilização de uma *extranet* para a troca de informações. Foram também definidas as ferramentas a serem adotadas para o planejamento e controle de projeto: mapa de segmentação de projeto, planilha para elaboração do plano de curto prazo de projeto e a planilha para registro das definições no desenvolvimento de projetos.

Foi elaborado pelo pesquisador o mapa de segmentação de projeto. Para elaborar este mapa, o ponto de partida foi o plano de longo prazo da produção, sendo elaborado, em seguida, o plano de longo prazo de projeto com mesma planilha empregada pela CP no EC1 (figura 40).

Este plano de longo prazo de projeto foi gerado pelo pesquisador através da definição de grandes lotes de projeto e da discussão com o gerente de produção da obra para identificar os *lead times* de preparação do canteiro e fornecimento de recursos aos eventos da produção associados àqueles lotes de projeto (figura 50).

Plano Mestre de Projeto - Empreendimento Vestiários															
Evento	Prédio	Nº Item	Conteúdo de Projeto	Início da Produção	Lead Time (dias)	Responsável	Data Inicial		Data Limite de Projeto	Data Limite Reprogram	Status	Data Entrega Original		Revisão	
							1	26/2/2004				Data	Versão	Data	Versão
FUNDAÇÕES	Profundas e Superficiais	1.0	Projeto de estacas escavadas	8/mar/04				8/3/2004		2					
		2.0	Projeto de blocos de fundação	13/mar/04				13/3/2004		3					
		3.0	Projeto de vigas de baldrame	13/mar/04				13/3/2004		3					
		4.0	Projeto de blocos de fundação (pré-estrutura pré-fabricada)	13/mar/04				13/3/2004		3					
SUPRA ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA	Geral	5.0	Projeto de pilares (pré-fabricados)	26/mar/04				26/3/2004		5					
		6.0	Projeto de vigas (pré-fabricadas)	26/mar/04				26/3/2004		5					

Figura 50: extrato do plano de longo prazo de projeto elaborado antes do mapa de segmentação de projeto.

O mapa de segmentação foi refinado em relação àquele proposto ao final do EC1, sendo identificadas datas marco para que os grandes lotes de projeto atingissem grau de maturidade suficiente, antes de serem enviados à produção (figura 51). As entrevistas realizadas com os projetistas nesta etapa contribuíram para a identificação e registro de interdependências entre lotes de diferentes disciplinas que não eram conhecidas pelo pesquisador ou pela coordenadora de projetos da CP.

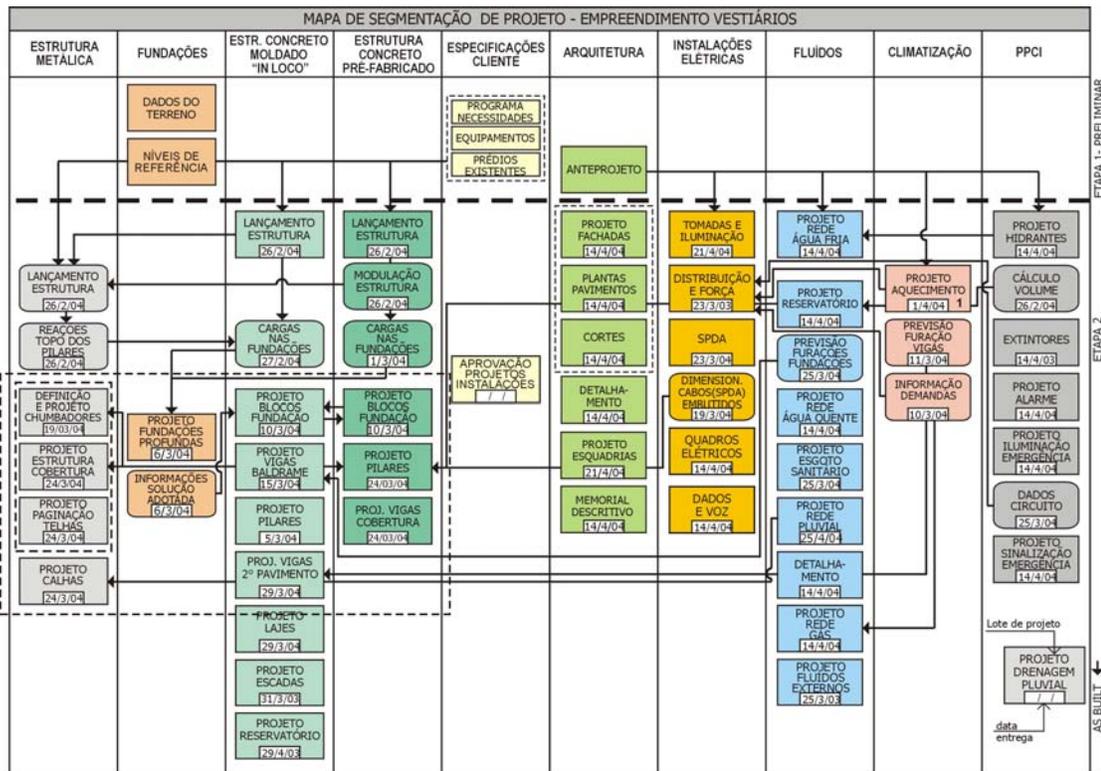


Figura 51: mapa de segmentação de projeto do empreendimento vestiários, com destaque do extrato apresentado na figura 52.

A definição das datas limite para conclusão de cada lote de projeto considerou as datas de início dos eventos da produção no canteiro, os *lead times* de aquisição de recursos e preparação do canteiro, conforme apresentado na figura 52.

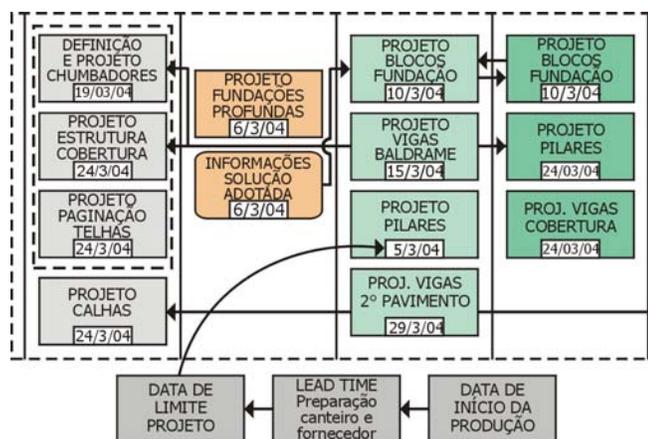


Figura 52: extrato do mapa de segmentação de projeto com o critério adotada para definição das datas limite de conclusão de cada lote de projeto.

O planejamento de curto prazo de projeto foi realizado ao longo de 12 semanas em reuniões com duração entre 1h e 2h, envolvendo até 18 participantes. Nestas reuniões eram discutidas as soluções de projeto adotadas, checadas as atividades programadas para o período anterior, fechando ciclos de controle, e programadas as atividades que cada projetista deveria desenvolver até a semana seguinte ou, em alguns casos, para um horizonte superior a uma semana.

Foram envolvidos todos os projetistas, representantes da CP (a coordenadora de projetos, o gerente de produção da obra e eventualmente o gerente de contratos), representantes da empresa contratante (uma engenheira e, eventualmente, outros engenheiros e responsáveis pela manutenção) e o pesquisador.

A geração de planos e as reuniões envolvendo toda a equipe multidisciplinar de projetistas ocorreram a partir da terceira semana. Nas duas primeiras semanas ocorreram negociações de propostas comerciais e discussão de diretrizes para o desenvolvimento dos projetos. Nesta etapa não houve a participação do pesquisador por não ser do seu conhecimento a contratação do empreendimento.

A condução das reuniões de projeto, com o controle das atividades realizadas no período anterior, a programação das atividades para o período seguinte, além do registro das definições ao desenvolvimento dos projetos era realizada pela coordenadora de projetos da CP. Ao final das reuniões os participantes recebiam uma cópia do registro das definições para o desenvolvimento de

projetos. Posteriormente, essa ferramenta e os planos gerados ao longo das reuniões eram disponibilizados através de arquivos eletrônicos na extranet, inseridos pela coordenadora de projetos, que disparava uma mensagem automática a todos os participantes da reunião.

Apesar de uma série de decisões terem sido tomadas ao longo das reuniões da equipe multidisciplinar de projeto no sentido de possibilitar que as soluções entre diferentes sistemas fossem compatíveis, não houve uma análise mais detalhada da compatibilidade entre os projetos após a conclusão destes.

O cálculo semanal do indicador PPC de projeto, apresentado na figura 53, e a identificação das causas do não cumprimento das atividades programadas para os projetistas foram realizados pelo pesquisador. Entretanto, não foi feita a retroalimentação à equipe de projetistas em função do ambiente de reunião ser bastante dinâmico devido à presença de muitos participantes, além do pouco tempo disponível para a realização de todas as atividades previstas nas reuniões, que envolviam não apenas o planejamento das atividades mas também a discussão das soluções adotadas pela equipe multidisciplinar de projeto.

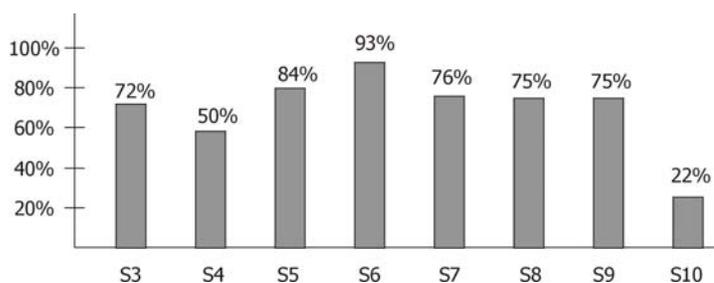


Figura 53: evolução do PPC de projeto.

Na 10ª semana, apesar da queda no PPC de projeto, não houve reflexos negativos na produção ou no próprio desenvolvimento dos projetos. Esta condição evidenciou a pouca interdependência entre projeto e produção naquela semana de execução do empreendimento, pois os projetos necessários à produção no canteiro naquele momento haviam sido concluídos. Um fator que contribuiu à queda do PPC foi o otimismo com relação à conclusão das atividades programadas.

As causas de não cumprimento das atividades programadas estão apresentadas na figura 54. Em três pacotes detectou-se a falta de comprometimento dos projetistas, por não serem prioritárias ao seu trabalho ou consideradas desnecessárias pelos mesmos.

As tarefas não concluídas por carência de informação foram referentes à falta de definições de outros projetos, tarefas interdependentes não concluídas e programadas para o mesmo período ou a equívocos na comunicação entre projetistas.

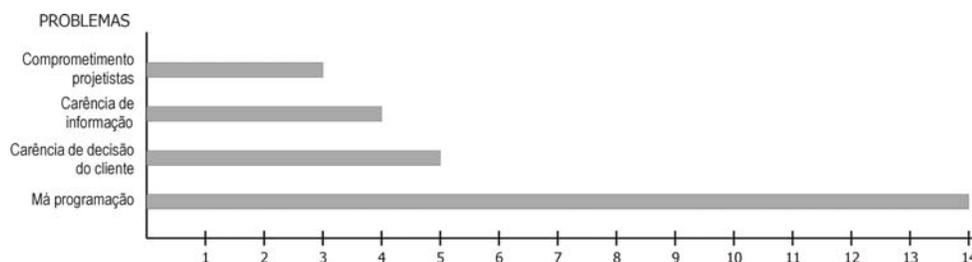


Figura 54: tipologia de problemas acumulados no PPC de projeto.

Como falta de decisão do cliente, foram consideradas não aprovações de projeto ou não envio de informações por parte da contratante. Foram classificadas como resultados de má programação aquelas com tempo insuficiente à realização, mal entendidas pelo responsável por sua execução, que representaram sobrecarga sobre um responsável, que se comprometeu com um grande número de atividades, ou ainda que dependiam de questões comerciais com o cliente.

O elevado número de atividades não concluídas e classificadas como mal programadas demonstra como o projeto é afetado pela incerteza de decisões que extrapolam o desenvolvimento do projeto como, por exemplo, a tomada de decisão do cliente quanto a negociações comerciais, além da incerteza da própria atividade dos projetistas, que normalmente desenvolvem projetos para vários clientes ao mesmo tempo.

A respeito da definição dos lotes de projeto programados para a equipe de projetistas nas reuniões de planejamento de curto prazo de projeto, 20 lotes foram programados a partir do mapa de segmentação de projeto, de um total de 31 lotes programados nesta ferramenta. Desta forma, os projetistas desenvolveram os lotes de projeto conforme foram apresentados no mapa de segmentação de projeto, pois não surgiram muitas interdependências além das explicitadas no mapa.

Entretanto, o mapa de segmentação de projetos não esgotou os lotes a serem desenvolvidos pelos projetistas, isto é, alguns lotes menores foram programados a partir da identificação de interdependências ao longo das reuniões entre a equipe de projetistas ou de demandas mais imediatas da produção. Assim, de um total de 167 atividades programadas ao longo do desenvolvimento dos projetos, 81 atividades, correspondentes a 48,5 % das atividades programadas, representaram lotes menores de projeto a serem desenvolvidos pela equipe multidisciplinar de projeto. As demais atividades corresponderam a lotes de informação, atividades relacionadas a aprovações a serem realizadas pelo cliente ou referentes à preparação do processo de planejamento.

Ao longo das 16 semanas de visitas do pesquisador ao canteiro, foram identificados 10 problemas na produção relacionados a projeto, sendo 9 problemas originados em incompatibilidades entre projetos e um em falha na gestão de requisitos do cliente.

Como exemplo com relação à falha na gestão de requisitos do cliente, na 8ª semana de desenvolvimento dos projetos, a empresa contratante solicitou a inclusão de água quente nos lavatórios do edifício, solicitação que não foi checada quando o projetista entregou seu projeto. Assim, depois de executadas as instalações de alimentação de água nos lavatórios, foi constatada pela contratante o não atendimento deste requisito, sendo necessário quebrar parte das instalações já concluídas e rebocadas, para inclusão das instalações de água quente (figura 55a).

Uma parte considerável dos problemas identificados na produção foi devido à incompatibilidade entre projetos que, em algumas situações, não representou perdas decorrentes de retrabalho, mas apontou soluções inadequadas de projeto. Dentre os exemplos podem ser apontadas as vigas de baldrame que ficaram salientes do plano de fechamento da fachada, solução propícia à ocorrência de patologias na edificação (figuras 55b e 55c), a tubulação de drenagem e alimentação de água em frente às esquadrias (figura 55d), a presença de vigas de concreto no meio das paredes externas de alvenaria aparente (figura 55e), as paredes internas não coincidentes com a modulação das esquadrias (figura 55f) e as tubulações de alimentação do reservatório que ficaram externas e aparentes (figura 55g).

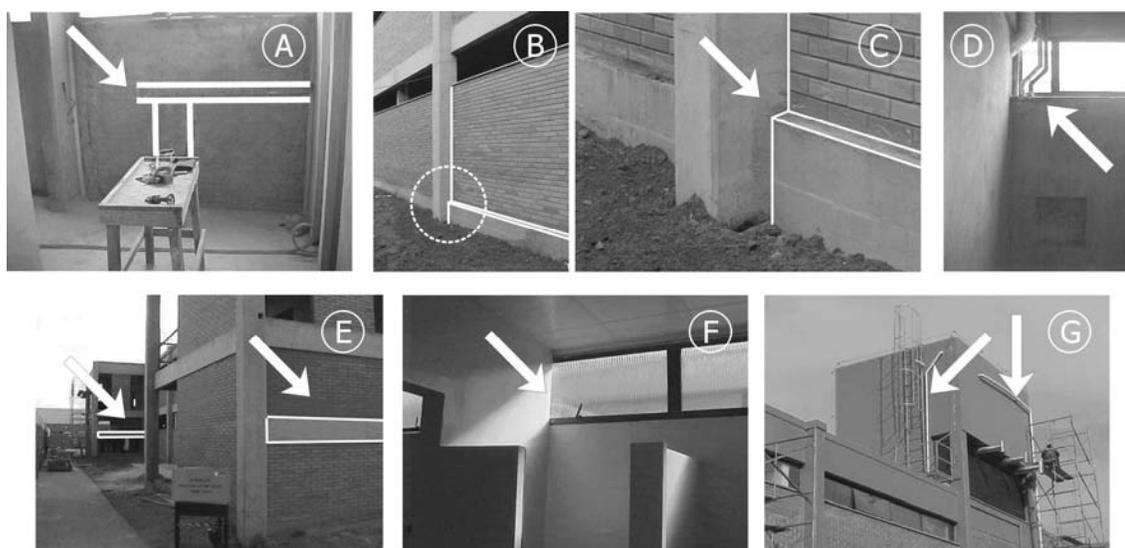


Figura 55: problemas na produção associados a incompatibilidades entre projetos.

A empresa contratante não possuía registro das edificações e principalmente das instalações existentes. O emprego da *extranet* contribuiu à gestão e distribuição da informação, porém esta foi

disponibilizada apenas a partir da 5ª semana de desenvolvimento dos projetos em função da negociação da CP com a prestadora do serviço e da necessidade de treinamento da equipe de projetistas.

### 5.3.3 Análise das alterações de projeto

Foram analisados os projetos de 8 disciplinas: arquitetura, instalações elétricas e hidrossanitárias, fundações profundas, estrutura de concreto, estrutura metálica, prevenção e proteção contra incêndio (PPCI) e instalações de climatização e ventilação.

A identificação das causas de alterações foi feita observando os registros apontados no rosto das pranchas dos projetos, complementada pela observação direta ao longo das reuniões de desenvolvimento dos projetos. A tabela 3 apresenta as principais causas das alterações de projeto e seus respectivos percentuais.

As alterações que representaram perdas, gerando retrabalho aos projetistas, corresponderam a 11,38% das alterações realizadas nos projetos e foram decorrentes de adequações dos projetos a padrões de selos, nomenclaturas de arquivos ou representação gráfica, ou de correção de informações constantes nos projetos.

As alterações resultantes da necessidade de complementar as informações devido ao amadurecimento dos projetos e de seus lotes interdependentes, as alterações por sugestões dos projetistas, por proposições da CP, ou por demanda da produção totalizaram juntas 73,17%. As alterações de projeto associadas a requisitos do cliente totalizaram 15,45%.

Tabela 3: causas de alterações de projeto no EC2.

GRUPO	CAUSAS DAS ALTERAÇÕES DE PROJETO	%	% POR GRUPO
Amadurecimento do Projeto	Complementação de informações decorrentes do amadurecimento do próprio projeto ou lotes de outras disciplinas interdependentes	66,67%	73,17%
	Alteração por sugestão do projetista	3,25%	
	Alteração por proposição da construtora	2,44%	
	Alteração por demanda da produção	0,81%	
Requisitos do Cliente	Novo requisito do cliente	8,13%	15,45%
	Mudança de requisitos do cliente	4,07%	
	Requisitos do cliente não captados anteriormente	3,25%	
Perdas em Projeto	Correção da informação de projeto	6,50%	11,38%
	Adequação a padrões de selo, nomenclatura e representação gráfica	4,88%	

Um exemplo de alteração de projeto por proposição da construtora com reflexos positivos no processo de produção ocorreu a partir de uma reunião planejamento de médio prazo da produção. A

especificação fornecida pela contratante determinava que as paredes externas deveriam ter revestimento cerâmico similar à alvenaria aparente. Uma destas paredes externas, medindo cerca de 46,00 m, abrigaria as instalações os chuveiros nos dois pavimentos. O mestre-de-obras da CP sugeriu em uma reunião de planejamento de médio prazo da produção a execução desta parede em alvenaria aparente, o que eliminou a necessidade de montar os andaimes duas vezes ao longo de toda a fachada, pois o processo de execução da solução especificada pela contratante demandaria a execução das paredes e posteriormente a aplicação do revestimento.

O percentual de alterações de projeto que representou perdas, 11,38%, ficou muito próximo do percentual do EC1. Entretanto, a partir do EC2 ficou mais clara ao pesquisador a dificuldade de associar a iterações positivas ou negativas as demais causas de alterações de projeto, principalmente devido à elevada interdependência existente entre determinados lotes de projeto. Os reflexos que uma alteração de projeto pode ter tanto em projeto como na produção, como o exemplo apresentado da alteração que modificou a solução adotada para a execução parede de alvenaria da fachada, podem ser altamente variáveis, o que torna muito difícil a identificação, a medição e a definição clara dos possíveis resultados positivos ou negativos.

#### 5.3.4 Evolução do planejamento e controle integrado de projeto e produção

A preparação do processo de planejamento de projeto no início do EC2, quando foram estabelecidos alguns mecanismos à coordenação de projeto, trouxe melhorias à gestão deste processo. A adoção de padrões para a nomenclatura de arquivos eletrônicos, convenções para a representação gráfica de pontos em comum aos projetos e uma *extranet* para a troca de informações evitaram a ocorrência de alguns erros na produção originados em falhas e incompatibilidades de projeto, como constatado no EC1 (item 5.2.2). Entretanto, não houve redução substancial no percentual de alterações de projeto que resultaram em perdas, conforme apresentado em 5.3.3.

Houve melhora também na confiabilidade da troca de informações entre a equipe multidisciplinar de projeto a partir da adoção da *extranet*, reduzindo o esforço da coordenadora de projetos em corrigir as eventuais falhas na comunicação. As falhas ocorridas no EC1, em que o principal mecanismo de trânsito de informações foi o *e-mail*, muitas vezes levaram à necessidade de reprogramar atividades devido a problemas na troca de informações entre os profissionais envolvidos.

Foram definidas as ferramentas adotadas para o planejamento e controle de projeto, sendo proposto o uso do mapa de segmentação de projeto em tempo real, o qual teve função muito próxima do plano de longo prazo de projeto, porém com algumas diferenças, como a maior transparência dos lotes de

projeto a serem desenvolvidos e suas principais interdependências. Foram adotadas as mesmas ferramentas empregadas no EC1 para o planejamento e controle de projeto: a planilha para elaboração do plano de curto prazo de projeto e a planilha para registro das definições ao desenvolvimento de projetos. Foi calculado o indicador PPC de projeto e identificadas as causas de não cumprimento das atividades, ambos realizados pelo pesquisador.

Com relação ao planejamento integrado de projeto e produção, o planejamento de médio prazo da produção, por ter sido realizado de forma sistemática e rotineira, contribuiu ao planejamento operacional de projeto, conforme apresentado anteriormente. A figura 56 apresenta o desenho do planejamento integrado de projeto e produção ao final do EC2.

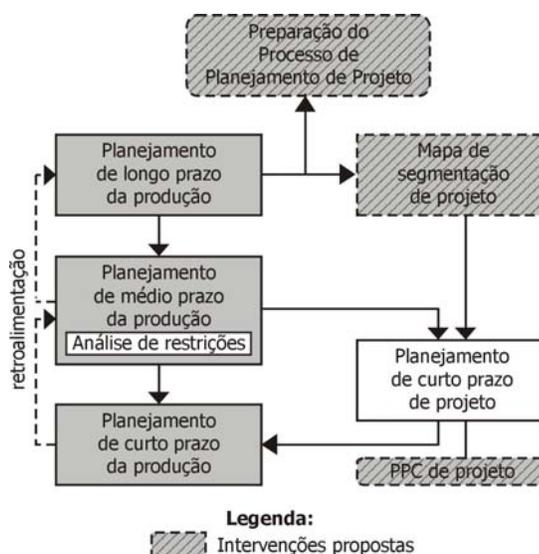


Figura 56: relação de integração do planejamento dos processos de projeto e produção na CP ao final do EC2.

### 5.3.5 Contribuições para diretrizes para a segmentação e seqüenciamento das atividades no processo de projeto

#### 5.3.5.1 SEGMENTAÇÃO DOS LOTES DE PROJETO

O emprego do mapa de segmentação contribuiu ao planejamento das atividades de projeto. A visualização das principais interdependências entre lotes de projeto de diferentes disciplinas, auxiliou na identificação de pontos a serem discutidos entre a equipe multidisciplinar de projeto. Desta forma, em lugar da coordenação de projetos aguardar pelas solicitações dos projetistas, o mapa demonstrou a possibilidade da coordenação ver à frente as solicitações da equipe de projeto.

A elaboração do plano de longo prazo antes da elaboração do mapa contribuiu para a identificação e registro dos *lead times* de recursos de eventos da produção associados a cada grande lote de projeto.

Esta condição foi atendida no mapa, mas não foi demonstrada de forma tão clara como no plano de longo prazo de projeto.

Um fator determinante à programação dos lotes de projeto a partir do mapa, sem a necessidade de reduzir ainda mais o tamanho dos mesmos, foi o tamanho e a complexidade do edifício projetado. Esta condição possibilitou aos projetistas desenvolverem as soluções de projeto contemplando todo o edifício, em um curto período, atendendo às datas limite de projeto estabelecidas no mapa de segmentação.

O emprego do mapa de segmentação propiciou alguns benefícios ao planejamento de projeto, como o aumento da transparência do planejamento a partir da explicitação dos lotes de projeto a serem desenvolvidos e suas principais interdependências. Entretanto, devido à incerteza em projeto, há limitações nesse planejamento inicial. Nesta etapa, que estabelece o plano de longo prazo, função que foi desempenhada pelo mapa de segmentação, o planejamento é predominantemente empurrado, apesar das datas marco serem definidas a partir do planejamento da produção.

À medida que o projeto é desenvolvido, e são necessários os ciclos menores de planejamento e controle, as interdependências vão sendo identificadas e têm grande influência na necessidade de reduzir os tamanhos dos lotes. Nesta condição de aumento de interdependências desconhecidas no início do projeto, os lotes de informação e de projeto passam a ter caráter de restrição ao desenvolvimento de outros lotes e o planejamento das atividades de projeto passa a ser puxado.

#### 5.3.5.2 SEQÜENCIAMENTO DAS ATIVIDADES DE PROJETO

O necessário desenvolvimento simultâneo de projeto e produção no contexto investigado aponta os benefícios da integração entre estes dois processos a serem explorados com a retroalimentação da produção ao longo do desenvolvimento de projeto. O desenvolvimento dos projetos no EC2 ocorreu nos dois primeiros meses do empreendimento, simultâneo aos ciclos de planejamento e controle da produção. Durante este período, o planejamento de médio prazo da produção não apenas identificou restrições de projeto à produção, auxiliando na definição de lotes de projeto a serem desenvolvidos, mas propôs alterações nos projetos que trouxeram melhorias em termos de segurança ou simplificação aos processos de execução no canteiro.

Além do planejamento integrado dos processos de projeto e produção, o aumento gradual do conhecimento sobre a produção por parte do responsável pela coordenação de projetos pode trazer benefícios a partir da melhor compreensão deste profissional sobre o seqüenciamento dos eventos da

produção e do conteúdo dos lotes de projeto associados a estes eventos. Neste sentido, o planejamento de médio prazo da produção tem grande importância ao aprendizado e entendimento a respeito dos processos de produção, conforme apontado por Coelho (2003).

## 5.4 ESTUDO DE CASO 3 (EC3)

### 5.4.1 Planejamento e controle da produção

O pesquisador acompanhou 15 reuniões de planejamento de médio prazo da produção, as quais foram semanais, com duração entre 30min e 2h, e que contaram com a participação na maior parte das vezes dos dois gerentes de produção da obra, o mestre-de-obras, o técnico de segurança da CP e os fornecedores envolvidos nas atividades programadas naquele horizonte.

Nas reuniões eram tratados os processos de execução das atividades para um horizonte de quatro semanas à frente, sendo identificados os recursos necessários e as restrições associadas às atividades planejadas.

O horizonte de planejamento no médio prazo foi de quatro semanas à frente, sendo calculado pelo pesquisador o índice de remoção de restrições da primeira semana planejada (IRRs1). Devido ao fato de algumas restrições serem cíclicas<sup>59</sup> e precisarem ser removidas semanalmente, estas foram desconsideradas para o cálculo do IRRs1. O IRRs1 foi calculado entre a 30ª e a 40ª semana (figura 57), sendo posteriormente descartado por não ser identificado benefício ao planejamento por parte dos gerentes de produção da obra.

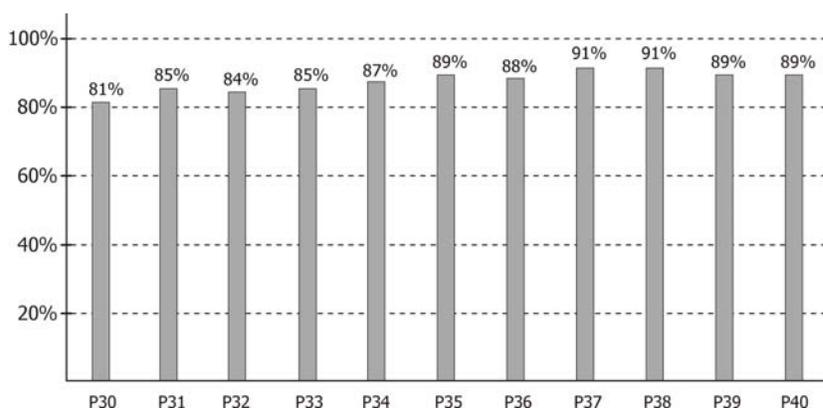


Figura 57: evolução do índice de remoção de restrições da primeira semana (IRRs1).

<sup>59</sup> As restrições cíclicas foram assim classificadas pela necessidade de ser removidas em períodos curtos, diários ou semanais, durante a execução de algum serviço no canteiro. Um exemplo de restrição cíclica é a programação de remoção de entulhos durante o período de demolição.

Ao longo das semanas de desenvolvimento do estudo em que o planejamento de médio prazo foi acompanhado, foram coletadas as listas de restrições e identificadas as restrições de projeto (figura 58), evidenciando a pouca dependência do planejamento de projeto ao planejamento da produção, uma vez que a maior parte dos projetos já havia sido desenvolvida. Apesar do pequeno percentual de restrições de projeto à produção, foi verificada a ocorrência de restrições cujas remoções foram adiadas por vários períodos, conforme mostra a figura 58.

Desta forma, o planejamento de médio prazo da produção teve pouca contribuição ao planejamento de curto prazo de projeto, o qual ocorreu entre as semanas correspondentes às semanas 28 e 39 da produção. Os projetos foram desenvolvidos apenas durante o período correspondente a estas semanas pois a maior parte dos projetos já havia sido concluída e restavam poucos projetos a serem desenvolvidos: instalações de climatização, estrutura metálica e detalhamento de arquitetura.

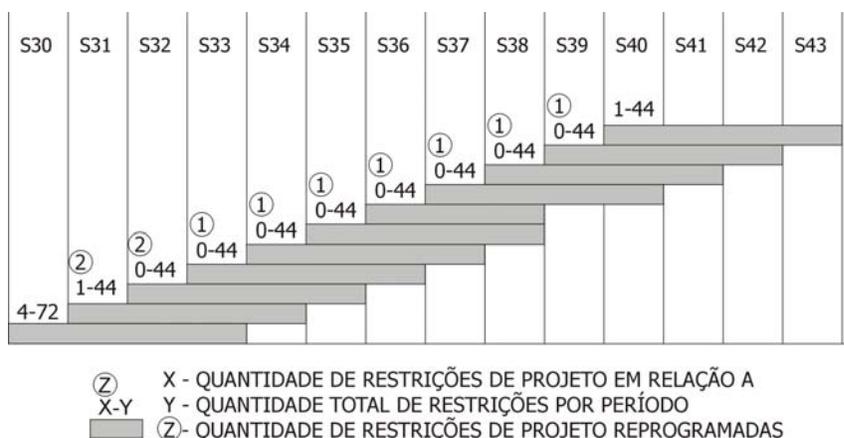


Figura 58: quantidade de restrições de projeto à produção apresentando restrições novas e restrições reprogramadas.

Dentre as 512 restrições programadas nas 10 semanas em que foram coletados dados no médio prazo da produção, foram identificadas 6 restrições de projeto, das quais apenas 3 representaram lotes de projeto a serem desenvolvidos pelos projetistas, correspondendo a 0,58% das restrições.

Foi coletado o indicador PPC no planejamento de curto prazo da produção e as causas de não cumprimento dos pacotes de trabalho, com ênfase na análise daquelas associadas a projeto. A figura 59 apresenta a evolução do PPC da produção entre a 30ª e 48ª semana. O PPC médio ao longo deste período foi de 72,94 %.

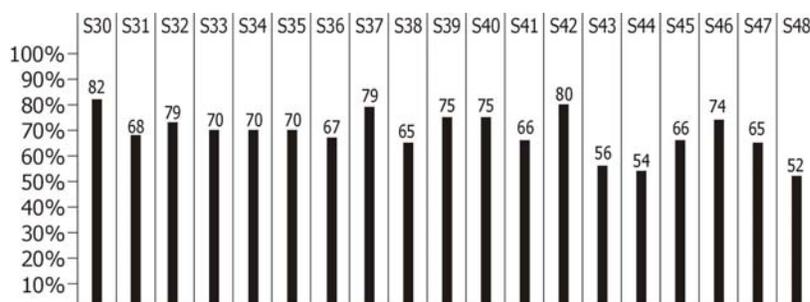


Figura 59: evolução do PPC da produção

A figura 60 apresenta os percentuais de causas de não cumprimento dos pacotes de trabalho no curto prazo da produção por grupos entre a 30ª e 48ª semanas, apontando 9,36% das causas de não cumprimento decorrentes de problemas associados a projeto.

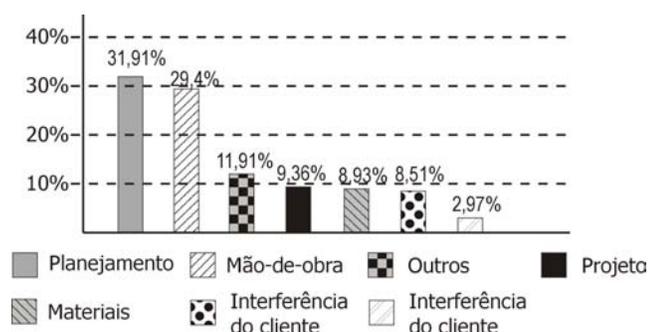


Figura 60: grupos de causas de não cumprimento de pacotes de trabalho ao longo do período acompanhado.

A figura 61 mostra as causas de não cumprimento de pacotes de trabalho no curto prazo da produção associadas a projeto ao longo das 18 semanas de planejamento ao longo do estudo. Não foi possível investigar as causas-raiz de cada um dos problemas como nos estudos anteriores, pela dificuldade de coleta dos planos do curto prazo da produção, sendo coletado apenas o PPC e uma planilha gerada pelos gerentes da obra com a evolução das causas de não cumprimento das tarefas por semana. Entretanto, exceto a falta de projetos que deveria ser constatada principalmente pelo planejamento de médio prazo da produção, as demais causas de não cumprimento dos pacotes de trabalho na produção sugerem uma relação com a ausência de coordenação do processo de projeto.

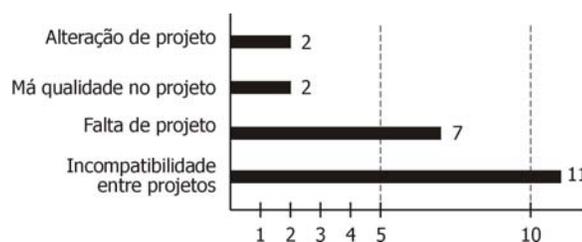


Figura 61: causas de não cumprimento de pacotes de trabalho na produção associadas a projeto.

#### 5.4.2 Planejamento e controle de projeto

Quando iniciado o estudo, foi feito um novo planejamento de longo prazo da produção decorrente da renegociação da CP com a instituição contratante. A partir deste plano de longo prazo da produção, o gerente de produção da obra definiu as prioridades de detalhamentos do projeto de arquitetura a ser desenvolvido e aprovado pela instituição contratante.

Devido ao avançado estágio de desenvolvimento dos projetos do empreendimento, além do detalhamento do projeto de arquitetura, somente faltavam ser desenvolvidos para os edifícios da internação e Centro de Tratamento Intensivo (C.T.I.) os projetos de instalações de climatização e ventilação e estrutura metálica das coberturas. Esta condição impossibilitou que, na etapa de preparação do processo de planejamento de projeto, fossem adotados os mesmos mecanismos de coordenação de projeto adotados anteriormente, com relação à nomenclatura de arquivos eletrônicos e convenções para representação gráfica de eixos e selos. Porém, foi adotada uma *extranet* para a troca de informações entre os participantes do empreendimento.

No empreendimento Hospitalar não foi contratada a coordenação de projetos pela CP, como ocorrera nos empreendimentos estudados anteriormente. Segundo o gerente de produção da obra, em função dos projetos não serem escopo da CP, esta considerou que os projetos seriam entregues concluídos e compatibilizados pela organização contratante. Posteriormente, mesmo com a ocorrência dos diversos problemas ao longo do desenvolvimento dos projetos, conforme apresentados em 4.7.1, a CP optou por não contratar a coordenação de projetos por considerar que seria difícil o ingresso de um profissional que desconhecesse o histórico do desenvolvimento do empreendimento.

Desta forma, a coordenação de projetos foi realizada por um dos gerentes de produção da obra, o qual coordenou as reuniões de desenvolvimento dos projetos com auxílio da arquiteta que havia coordenado os projetos em empreendimentos anteriores da CP, incluindo os correspondentes ao EC1 e EC2. Este auxílio à coordenação ocorreu através do registro das definições para o desenvolvimento de projetos e elaboração dos planos de curto prazo de projeto, ambos ao longo das reuniões de curto prazo de projeto, além da estruturação e inserção dos arquivos eletrônicos dos projetos na *extranet*.

Foram elaborados pelo pesquisador os mapas de segmentação de projetos (apêndice A). Uma alteração proposta nesta ferramenta em relação àquela do EC2 foi a inclusão de uma linha de tempo correspondente às semanas do planejamento da produção, a fim de integrar o planejamento de projeto e produção. Cabe destacar que foram incluídos no mapa os projetos de instalações que já haviam sido

desenvolvidos mas vieram a sofrer alterações decorrentes das alterações do projeto de arquitetura. A figura 62 apresenta parte do mapa do edifício da internação.

MAPA DE SEGMENTAÇÃO DE PROJETO - EMPREENDIMENTO HOSPITALAR - EDIFÍCIO INTERNAÇÃO							
PERÍODO	10/6/04 a 16/6/04	17/6/04 a 23/6/04	24/6/04 a 30/6/04	1/7/04 a 7/7/04	8/7/04 a 14/7/04	15/7/04 a 21/7/04	22/7/04 a 28/7/04
DISCIPLINA							
ARQUITETURA			PLANILHA DE ACABAMENTOS 24/6/04 PISO E VISTAS ELEVADORES-24/6/04 DETALHAM. SANITÁRIOS 30/6/04 DETALHES COBERTURA 28/6/04 DETALHAM. FACHADAS 30/6/04 PROJ. E DET. ESQUADRIAS P/ PAV. 30/6/04	DETALHAM. GERAL PISOS - 2/7/04 DET. CORRIMÃO E G. CORPOS 5/7/04 PROJETO FORROS - 5/7/04 CORTES DE PELE 9/7/04			LEGENDA LOTE A DESENVOLVER LOTE C/ PENDÊNCIAS
ESTRUTURA METÁLICA		DEFINIÇÃO E PROJ. CHUMBA-DORES - 21/6/04	PROJ. ESTRUT. COBERTURA 30/6/04 PROJETO DAS CALHAS 30/6/04 DETALHAMENTO 30/6/04 PASSARELA METÁLICA 30/6/04				
INSTALAÇÕES COMUNICAÇÃO					TELEFONE, SOM, ANTENA TV, CFTV, RELÓGIO TELEFONIA E LÓGICA (MONIT. LEITOS) DETEC. FUMAÇA, ALARME ILUM. EMERGÊNCIA CHAMADA ENFERM. E PARADA CARD.		

Figura 62: extrato do mapa de segmentação de projetos do edifício da internação.

Quanto ao planejamento de curto prazo de projeto, foram acompanhadas 8 reuniões para o desenvolvimento do projeto de instalações de climatização e ventilação. As reuniões tiveram duração entre 30 min. e 1h50min e a participação de até 13 pessoas. Participaram da maioria das reuniões os representantes da CP (gerente de produção da obra e a arquiteta que deu apoio à coordenação de projetos realizada por este), o engenheiro responsável pela empresa fornecedora de projeto e sistema de climatização e ventilação, o engenheiro consultor para instalações de climatização da instituição contratante, o engenheiro da empresa responsável pelos projetos complementares de instalações (elétricas, hidrossanitárias, gases medicinais e prevenção e proteção contra incêndio - PPCI), os representantes da instituição contratante e o pesquisador.

Participaram eventualmente das reuniões o gerente de engenharia da CP, a arquiteta autora dos projetos de ampliação do empreendimento, o engenheiro responsável pelo cálculo da estrutura de concreto e o engenheiro consultor de instalações de climatização contratado pela CP.

Ao longo das reuniões de curto prazo de projeto, a arquiteta que havia coordenado os projetos de empreendimentos anteriores da CP, auxiliou o gerente de produção da obra na condução do planejamento, registrando as definições para o desenvolvimento dos projetos e programando as atividades no plano de curto prazo para o período seguinte. Ao final das reuniões os participantes recebiam cópias das duas planilhas.

Devido à quantidade de atribuições do gerente de produção, houve dificuldade para esse profissional controlar o cumprimento das atividades programadas no curto prazo de projeto, situação que prejudicou a coleta de dados do pesquisador. Este controle não foi realizado pela arquiteta que auxiliou o gerente de produção na coordenação de projetos por não ter sido contratada para este empreendimento. A ausência de um responsável pelo controle foi determinante à não adoção do indicador PPC de projeto.

A primeira reunião de projeto envolvendo projetistas das instalações de climatização e estrutura de concreto ocorreu na semana correspondente à 28ª semana da produção. Houve uma lacuna de três semanas entre a primeira e a segunda reunião de planejamento de curto prazo de projeto pois a instituição contratante fez menção de usar o projeto em desenvolvimento, de autoria da empresa vencedora da concorrência, para fazer nova concorrência para a contratação de projeto e execução das instalações de climatização, o que acabou não ocorrendo.

As reuniões ao longo do desenvolvimento do projeto de instalações de climatização tiveram importância no encaminhamento de definições para a conclusão dos projetos de instalações elétricas que permanecia inconcluso pela dependência das cargas definidas pelo projeto de climatização, além de suscitar a discussão sobre definições importantes à produção. Neste sentido teve grande importância a colaboração do consultor da instituição contratante para as instalações de climatização que procurou avançar na compatibilização entre projetos em algumas áreas mais críticas, como, por exemplo, as instalações que passariam nos *shafts* do edifício da internação.

O projeto de instalações de climatização e ventilação estabeleceu diretrizes e restrições ao projeto da estrutura metálica da cobertura, desenvolvido posteriormente, sendo esta a primeira iniciativa constatada ao longo do empreendimento com relação à consideração de requisitos de projeto entre sistemas interdependentes e cujos projetos não foram desenvolvidos de forma simultânea.

O projeto de estrutura metálica da cobertura e o detalhamento da arquitetura foram programados diretamente pelo gerente de produção da obra, em conjunto com o projetista e a arquiteta, a partir de diretrizes e restrições impostas pelo projeto de instalações de climatização. Não ocorreram reuniões de planejamento para este fim.

A *extranet* adotada para a gestão da informação foi desativada três meses após sua contratação por estar sendo subutilizada, decorrência da falta de um profissional responsável pela coordenação dos projetos ou especificamente pela gestão das informações de projeto. De acordo com o gerente de produção, a manutenção da *extranet* nestas condições contribuiria à disseminação de informações obsoletas. Assim, o principal mecanismo para troca de informações entre os profissionais foi o *e-mail*, de baixa confiabilidade, com várias ocorrências de não recebimento de informações entre os profissionais.

Com relação à definição dos lotes de projeto referentes ao edifício da internação programados para a equipe de projetistas nas reuniões de planejamento de curto prazo, quinze lotes foram extraídos do mapa de segmentação de projeto, dentre um total de 30 lotes programados nesta ferramenta para cada edifício, todos referentes ao detalhamento do projeto de arquitetura.

Os lotes menores foram programados a partir do surgimento de interdependências entre os diferentes sistemas que estavam sendo projetados. Estas interdependências eram identificadas pelos projetistas ao longo das reuniões, quando estes apontavam a necessidade de informações e definições entre si. De um total de 35 atividades programadas ao longo da etapa de desenvolvimento dos projetos, 21 atividades, correspondentes a 60% das atividades programadas, representaram lotes menores de projeto a serem desenvolvidos pela equipe multidisciplinar de projeto. As demais atividades corresponderam à elaboração ou troca de lotes de informação entre os intervenientes, aprovações de projeto a serem realizadas, dentre outras.

Foram identificados 10 problemas na produção dos edifícios da internação e C.T.I. associados a projeto ao longo das 18 semanas de visitas do pesquisador ao canteiro. Seis problemas foram originados em incompatibilidades entre projetos, dois pela má gestão de requisitos do cliente e dois problemas foram falhas de seqüenciamento do desenvolvimento dos projetos (tabela 04).

Um quarto grupo de problemas ocorridos em projeto e na produção não teve origem no desenvolvimento de projetos e foi associado às contratações de fornecedores que passaram a ser responsabilidade da organização contratante a partir da mudança na forma de contratação da CP.

Tabela 4: origem e quantidade de problemas na produção identificados a partir de observação direta no canteiro.

ORIGEM DE PROBLEMAS NA PRODUÇÃO	
Causa do problema	Qtd.
Gestão de requisitos do cliente	2
Incompatibilidade entre projetos	6
Seqüenciamento do processo de projeto	2

Uma mudança importante nos requisitos do cliente, que afetou o processo de projeto e a produção foi a troca da solução de esquadrias na fachada principal do edifício da internação. O fechamento da fachada inicialmente seria com painéis pré-fabricados de concreto, intercalados por esquadrias. Entretanto, a organização contratante decidiu adotar pele de vidro como solução de esquadria após a produção dos painéis de concreto. As duas soluções de fechamento ficaram sobrepostas e fugiram ao conceito inicial do projeto, conforme ilustra as figuras 63a e 63b.

Os problemas na produção originados por incompatibilidades entre os projetos podem ser exemplificados pela ausência de janela em um apartamento da internação, sendo necessário abrir o vão em quatro pavimentos após a execução da alvenaria e a instalação de um hidrante de incêndio em uma parede corta-fogo, a qual não poderia ser quebrada e exigiu a relocação do hidrante na obra (figura 63e). Problemas desta natureza apontam a importância da compatibilização de projetos e ilustram os impactos que sua não realização podem gerar à produção.

Quanto aos problemas ocorridos na produção em decorrência do seqüenciamento do desenvolvimento dos projetos pode ser destacada a necessidade de executar 70 furos nas lajes pré-fabricadas de concreto após a montagem das peças no canteiro. Os furos foram necessários para as passagens de dutos no edifício da C.T.I., sendo que este problema ocorreu devido ao desenvolvimento tardio do projeto de instalações de climatização (figuras 63c e 63d). Este projeto não foi contratado na mesma época dos demais projetos, sendo um problema recorrente em função da variação nos escopos de contratação de construtoras e fornecedores neste tipo de empreendimento.



Figura 63: problemas na produção originados em projeto e identificados através de observação direta.

Alguns problemas ocorridos estavam associados a problemas nas contratações, que deveriam ter sido realizadas mais cedo pela organização contratante do empreendimento. Quando da mudança na forma de contratação da CP, esta apresentou uma relação com grupos de fornecedores previamente qualificados para a execução de determinadas etapas do empreendimento, a fim de facilitar o processo de contratação a ser realizado pela instituição contratante. Entretanto, a tomada de decisão foi lenta e as contratações sofreram atrasos, conforme mostra a figura 64, o que teve reflexos negativos na produção, os quais foram principalmente atrasos.

DESCRIÇÃO DO ITEM	FORNECEDORES QUALIFICADOS PARA COTAÇÃO	STATUS DA CONTRATAÇÃO		INÍCIO DOS SERVIÇOS	TÉRMINO DOS SERVIÇOS	DATA REAL DA CONTRATAÇÃO
		DATA PLANEJADA	DATA LIMITE			
Instalações elétricas, hidrossanitárias, incêndio e gases medicinais.	5	2/6/2004	3/6/2004	4/6/2004	31/12/2004	15/9/2004
Gesso acartonado - paredes e gessos	3	29/6/2004	29/6/2004	1/7/2004	24/10/2004	19/8/2004
Esquadrias de alumínio e madeira	3	30/9/2004	30/9/2004	1/10/2004	15/12/2004	12/10/2004
Vídeos	2	1/10/2004	4/10/2004	5/10/2004	10/12/2004	27/10/2004
Granitos das fachadas e pisos	3	10/8/2004	10/8/2004	10/8/2004	15/12/2004	9/11/2004
Pisos (cerâmico e vinílico)	em aberto	4/10/2004	4/10/2004	5/10/2004	10/12/2004	22/10/2004
Climatização	7	31/5/2004	31/5/2004	2/6/2004	31/12/2004	15/7/2004
Estrutura pré-fabricada de concreto	3	x	x	15/4/2004	10/9/2004	3/3/2004
Estrutura metálica da cobertura	2	x	x	x	x	22/10/2004

Figura 64: quadro de planejamento e controle de contratações a serem realizadas pela instituição contratante.

Dentre os problemas ocorridos na produção devido a atrasos nas contratações por parte da organização contratante, pode ser destacado o atraso na contratação do projeto de cobertura do edifício de C.T.I, o que impediu o início da montagem dos dutos de instalações de climatização, pois estes ficariam expostos a intempéries.

### 5.4.3 Análise das alterações de projeto

Além das alterações mais significativas sofridas pelos projetos, descritas em 4.7.1, foram identificadas as causas de alterações sofridas pelos lotes menores de projeto do edifício da internação, assim como foi realizado nos estudos anteriores.

A análise das causas de alterações foi realizada a partir da última versão do projeto de arquitetura do edifício da internação, desenvolvido entre outubro de 2003 e fevereiro de 2004. Foram analisados também os projetos complementares a partir desta versão para as instalações de prevenção e proteção contra incêndio, instalações elétricas, hidrossanitárias, de comunicação, gases medicinais e estrutura pré-fabricada de concreto.

A identificação das causas de alterações dos projetos foi feita a partir dos registros apontados no rosto das pranchas, porém sem a observação direta ao longo do desenvolvimento dos projetos pois o estudo ainda não havia iniciado quando da realização destas alterações. Esta condição dificultou a

identificação de algumas alterações, especialmente aquelas associadas a requisitos do cliente. A tabela 5 apresenta as principais causas das alterações de projeto e seus respectivos percentuais.

As alterações que representaram perdas, gerando retrabalho aos projetistas, foram correspondentes a 10,98% das alterações realizadas nos projetos e foram decorrentes de adequações dos projetos a padrões de selos, nomenclaturas de arquivos ou representação gráfica ou de correção de informações constantes nos projetos. Um total de 16,19% das alterações sofridas pelos projetos não teve suas causas identificadas. As alterações decorrentes da necessidade de complementar as informações devido ao amadurecimento dos projetos e de seus lotes interdependentes, corresponderam a 72,83%.

Tabela 5: causas de alterações de projeto no EC3.

GRUPO	CAUSAS DAS ALTERAÇÕES DE PROJETO	%	% POR GRUPO
Amadurecimento do Projeto	Complementação de informações decorrentes do amadurecimento do próprio projeto ou lotes de outras disciplinas interdependentes	72,83%	72,83%
Perdas em Projeto	Correção da informação de projeto	2,31%	10,98%
	Adequação a padrões de selo, nomenclatura e representação gráfica	8,67%	
Desconhecido	Causa desconhecida	16,19%	16,19%

A investigação das causas de alterações de projeto nos três estudos possibilitou concluir que as diversas iterações ocorridas ao longo do processo de projeto podem resultar em uma alteração quando é tomada uma decisão de projeto. Entretanto, o acompanhamento das iterações no desenvolvimento do projeto é muito difícil, em função da quantidade de informações trocadas entre os projetistas, além dos diversos fatores que influem nas decisões de projeto, tais como a interferência do cliente, o escopo de contratação dos projetistas, o processo de produção e as diversas interdependências.

#### 5.4.4 Prototipagem na produção

O principal objetivo do acompanhamento dos dois estudos em prototipagem no empreendimento Hospitalar para a dissertação foi identificar problemas encontrados ao longo dos processos de prototipagem, com origem associada ao planejamento e controle do processo de projeto, e apontar possíveis caminhos à intervenção e solução dos mesmos.

##### 5.4.4.1 PROTOTIPAGEM DA ESCADA 3

Foram desenvolvidos protótipos virtuais da escada 3<sup>60</sup> e de um conjunto de dois sanitários e dois apartamentos do edifício da internação, ambos identificados na figura 65.

<sup>60</sup> A escada 3, uma torre em concreto pré-fabricado com altura de sete pavimentos (26,27m), foi incorporada ao edifício da internação a partir da primeira versão do projeto da arquiteta local para atender às normas de saída de emergência, decorrente dos quatro pavimentos acrescidos ao edifício existente. Acima da torre pré-fabricada foram acrescidos os reservatórios de consumo e *sprinklers* em concreto moldado no local com 6,52m de altura.

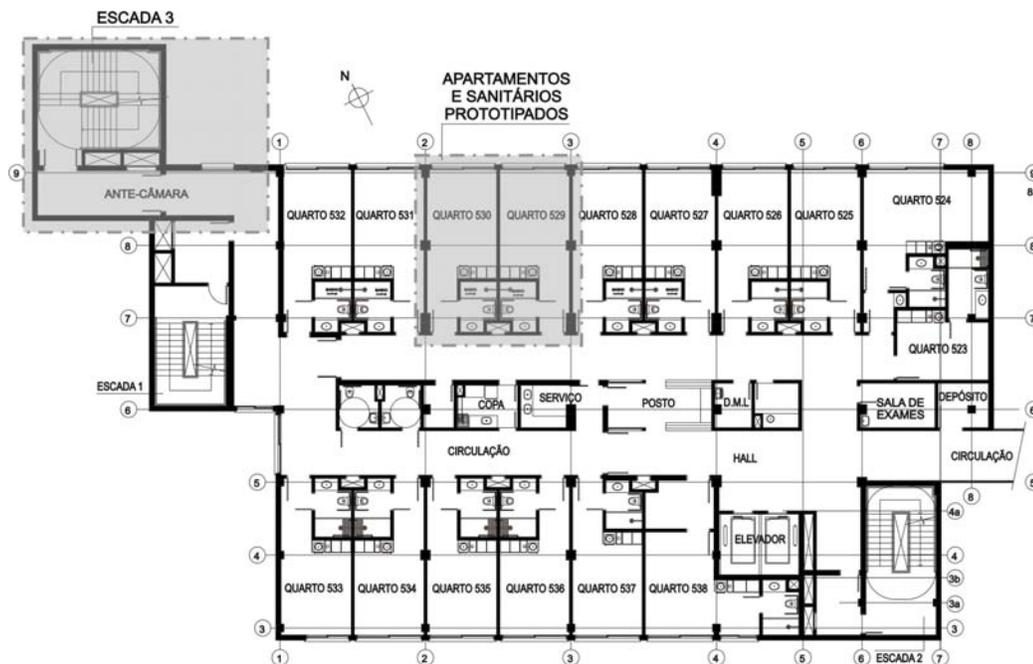


Figura 65: planta do 5º pavimento do pavimento tipo do edifício da internação com destaque à escada 3 e ao conjunto de dois sanitários e dois apartamentos prototipados, sem escala.

O propósito da prototipagem virtual da escada 3 foi de facilitar o entendimento por parte dos pesquisadores e gerentes de produção da CP a respeito do processo de montagem da escada. A partir desse entendimento, o objetivo foi de propor intervenções no processo de montagem, com o objetivo de reduzir o prazo da montagem em função do alto custo do equipamento empregado. A figura 66 apresenta o protótipo virtual da escada 3 do edifício da internação.

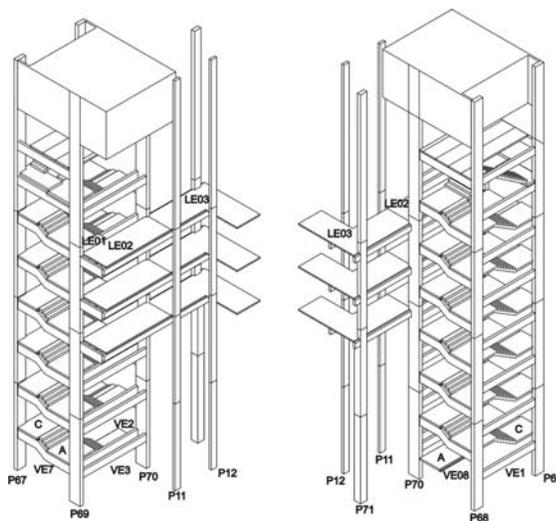


Figura 66: duas vistas do protótipo virtual da escada 3.

A solução de projeto da escada 3 considerou a divisão de toda a torre da escada, com altura de 26,27m, em quatro níveis de pilares (figura 66). A figura 66 apresenta o protótipo virtual de um nível. Os pilares tiveram consoles metálicos já chumbados na fábrica. As vigas apresentaram armaduras salientes nas duas extremidades, as quais deveriam se encaixar aos consoles metálicos dos pilares, sendo posteriormente soldadas aos consoles e solidarizadas com graute, de forma a garantir a estabilidade das uniões e da torre. As vigas VE7 e VE8 receberam os lances A e C, mais pesados, e as demais vigas VE1, VE2 e VE3 tiveram a função de amarração entre pilares.

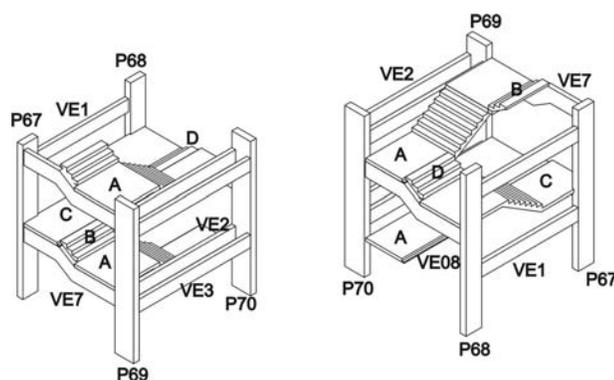


Figura 67: protótipo virtual do primeiro nível de pilares com vigas de amarração e lances apoiados da escada 3.

A definição inicial do fornecedor da escada foi de montar cada nível em três dias e, inicialmente houve dificuldade no entendimento do processo de montagem por parte dos pesquisadores<sup>61</sup> pois os representantes do fornecedor da escada desconheciam a fundo sua seqüência de montagem.

A compreensão do sistema estrutural composto pela escada e sua seqüência de montagem começou a ser entendido pelos pesquisadores somente ao final do primeiro ciclo quando foi acompanhada a montagem de um nível e realizadas discussões com o encarregado pela coordenação da equipe no canteiro. A partir desse entendimento pelos pesquisadores, foi identificada a possibilidade de reduzir o tempo de ciclo de montagem para dois dias, conforme é apresentado na figura 68. Apesar da identificação desta oportunidade, não foi possível reduzir o tempo de ciclo em decorrência de problemas originados na produção da escada pré-fabricada, os quais afetaram o processo de montagem.

<sup>61</sup> Doutoranda Fernanda Aranha Saffaro (UFSC), mestrando Marcel Trescastro e auxiliar de pesquisa Osvaldo Brykalski, ambos do NORIE/UFRGS.

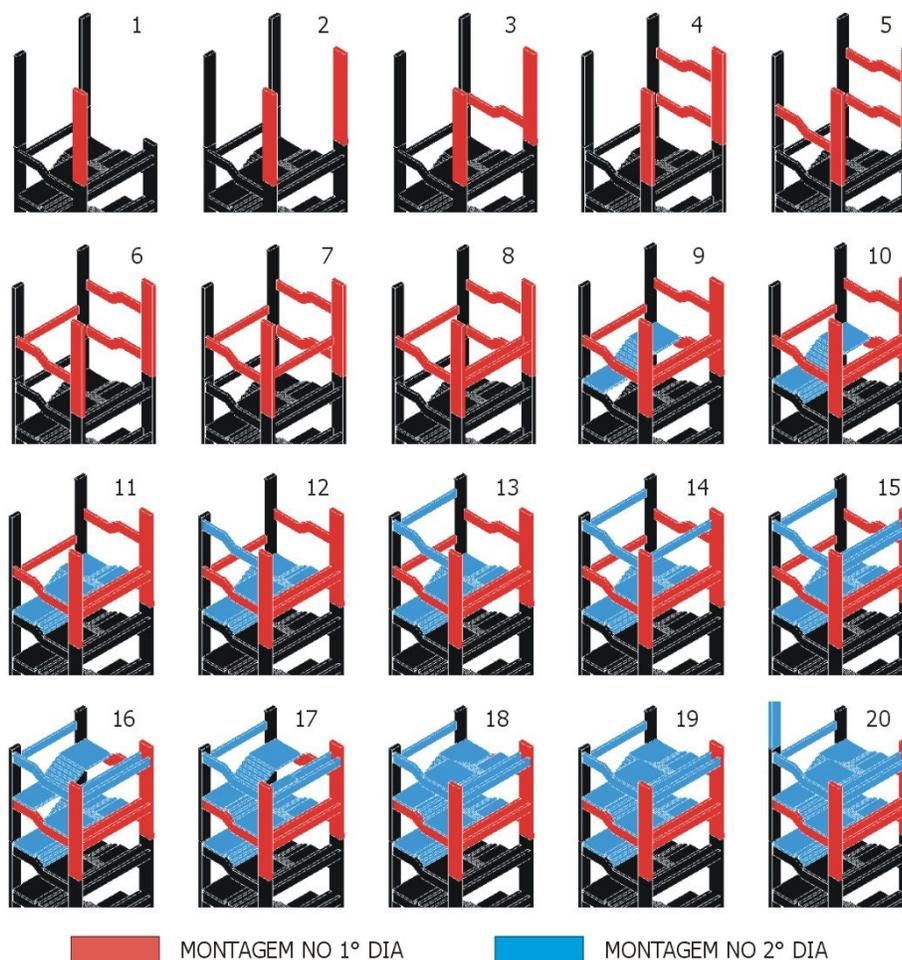


Figura 68: seqüência de um dos níveis da escada 3 com ciclo de dois dias por nível.

As armaduras salientes nos topos das vigas (figura 69a) foram projetadas para serem encaixadas e soldadas a consoles metálicos chumbados aos pilares (figura 69b) e posteriormente preenchidos com graute. Entretanto, as armaduras nos topos das vigas vieram de fábrica com espaçamentos menores que os consoles metálicos, sendo necessário abrir as armaduras manualmente no canteiro para possibilitar o encaixe aos consoles (figura 69c). Essas armaduras dos topos das vigas passaram a vir abertas da fábrica, porém, em quase todas as peças, foi preciso cortar parte destas ferragens por apresentaram comprimento acima da dimensão de projeto (figura 69d).

Outro problema recorrente no encaixe das vigas entre os pilares foi o não encaixe das peças nos vãos, sendo necessário quebrar os topos das vigas para possibilitar o encaixe (figura 69e). Estes problemas criaram condições inseguras à equipe (figura 69f) e representaram uma fonte importante de variabilidade ao longo do processo de montagem.

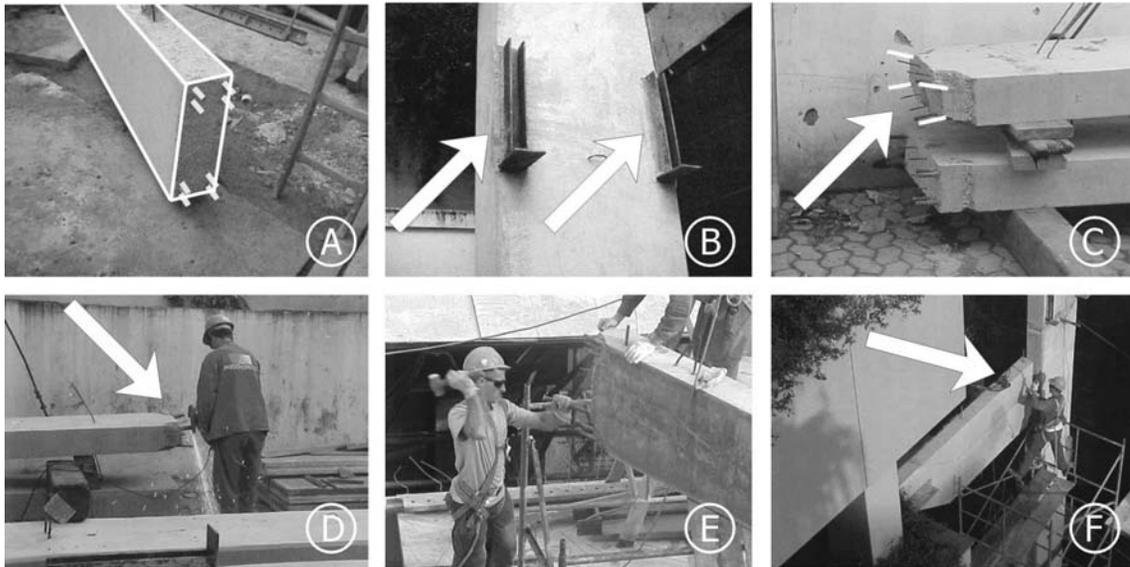


Figura 69: problemas ocorridos ao longo da montagem da escada 3.

Todo o processo de montagem da escada foi realizado em 12 dias, não consecutivos em decorrência de condições climáticas adversas, sendo mantido conforme a previsão inicial da empresa fornecedora da estrutura. Entretanto, os problemas encontrados nas peças pré-fabricadas ao longo do processo de montagem contribuíram ao aumento da variabilidade e criaram condições inseguras aos trabalhadores envolvidos, além de não permitirem a redução do tempo de ciclo para dois dias, conforme a possibilidade identificada.

Conforme entrevistas realizadas com um dos diretores do fornecedor da estrutura pré-fabricada de concreto, do projetista da estrutura e do gerente de produção da obra, a mesma solução do projeto de estrutura adotada para a torre da escada havia sido adotada para uma torre de elevadores de 11 pavimentos de um edifício existente do mesmo empreendimento. Porém, o processo de montagem e, principalmente, as peças pré-fabricadas da torre de elevadores não apresentaram a quantidade de problemas encontrados na escada 3.

De acordo com entrevista a um dos diretores e o gerente de produção da empresa fornecedora da estrutura pré-fabricada de concreto, houve espaço de tempo entre o fornecimento da proposta comercial para o desenvolvimento do projeto e produção da escada 3 e a contratação por parte da CP. Quando aceita a proposta comercial pela CP, a fornecedora da estrutura havia assumido outros compromissos, o que impediu que o projeto da escada fosse analisado e checado antes de ser enviado à linha de produção, tendo sido esta a origem de boa parte dos problemas ocorridos no processo de fabricação e montagem.

Além disso, foram enviados à CP apenas desenhos com as elevações da estrutura, enquanto o detalhamento das peças foi enviado apenas à fábrica de pré-fabricados. Este procedimento não deu margens à discussão ou questionamentos por parte da CP sobre a solução de projeto adotada e seu processo de execução.

Alguns fatores foram determinantes para a relação pouco estreita entre o planejamento e controle de projeto e a prototipagem. A decisão de empregar a prototipagem no EC3 ocorreu após a conclusão dos projetos e, no caso da escada, após a produção das peças pré-fabricadas. Entretanto, o emprego da prototipagem virtual ainda durante o período de desenvolvimento do projeto, quando ocorrem os ciclos de planejamento e controle, mostrou-se oportuno tanto para a antecipação do estudo do processo de execução quanto para a verificação da compatibilidade entre os projetos das peças pré-fabricadas. Desta forma, possivelmente poderiam ter sido minimizados os problemas que afetaram o processo de montagem da escada.

O estudo evidenciou uma falha considerável no controle do projeto, que contribuiu à incompatibilidade do projeto e conseqüentemente das peças produzidas, afetando o processo de montagem, principalmente com relação ao prazo e às condições de segurança da equipe no canteiro. Foi possível identificar que esta falha no controle de projeto pode envolver apenas uma disciplina em uma situação de pouca ou nenhuma interdependência com as demais disciplinas de projeto.

#### 5.4.4.2 PROTOTIPAGEM DOS SANITÁRIOS E APARTAMENTOS

Com relação à prototipagem dos sanitários e apartamentos, foi proposto pelos pesquisadores a compatibilização dos projetos<sup>62</sup> dos dois apartamentos e dois sanitários que seriam objeto de protótipos reais (figura 70), a fim de evitar que o processo de execução de todos os apartamentos e sanitários fosse afetado pela variabilidade originada em problemas de projeto como ocorreu na escada 3.

Foi realizada também a compatibilização dos projetos das instalações das circulações dos pavimentos tipo do edifício da internação a fim de evitar que cada fornecedor montasse seu sistema ignorando as demais instalações sobre o forro, condição que resultaria em perdas e afetaria a execução tanto das unidades prototipadas como dos demais apartamentos e sanitários. Um critério adotado na compatibilização de projetos foi que as soluções compatibilizadas facilitassem a posterior manutenção das instalações sobre os forros das circulações.

---

<sup>62</sup> O trabalho de compatibilização de projetos foi desenvolvido pelo pesquisador Marcel Trescastro com colaboração do acadêmico de arquitetura Kleber Belmonte.

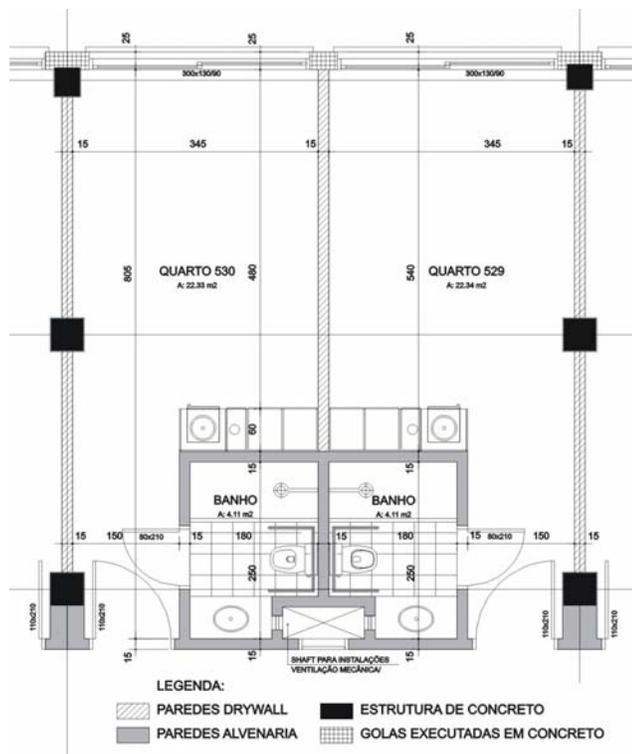


Figura 70: planta dos apartamentos e sanitários 529 e 530 prototipados e as respectivas soluções de vedações, sem escala.

A proposta dos pesquisadores foi de discutir com os projetistas as incompatibilidades e inconsistências entre os projetos existentes, realizar a compatibilização destes e em seguida envolver os fornecedores para discutir o processo de execução de cada sistema, o seqüenciamento, interdependências, prazos e capacidade de produção de cada equipe. Desta forma seria possível estudar o processo de execução e retroalimentar o planejamento da execução de todos os demais apartamentos e sanitários que totalizavam 62 unidades. Estas discussões ocorreram em três reuniões.

A seqüência de execução da compatibilização foi de sobrepor os projetos do pavimento tipo e identificar as zonas mais críticas e com maior interferência entre as instalações, estrutura e arquitetura. Identificadas estas zonas, foi realizada a primeira reunião envolvendo representantes da CP (gerente de engenharia e os dois gerentes de produção da obra), os projetistas de instalações e os pesquisadores, com o objetivo de apontar as incompatibilidades encontradas entre os projetos e discutir as soluções a serem adotadas.

Foram compatibilizados os projetos de arquitetura, instalações elétricas, hidrossanitárias, telefonia e lógica, sonorização, circuito fechado de TV, antena de TV, relógio, detecção de fumaça e alarme de incêndio, chamada de enfermeira, gases medicinais, climatização e ventilação.

Simultâneo à compatibilização de projetos foi desenvolvido pelo pesquisador um protótipo virtual (figura 71) representando os principais sistemas a serem executados a fim de auxiliar na visualização das interferências entre as instalações em um primeiro momento e posteriormente auxiliar nas discussões sobre o processo de execução dos protótipos físicos no canteiro.

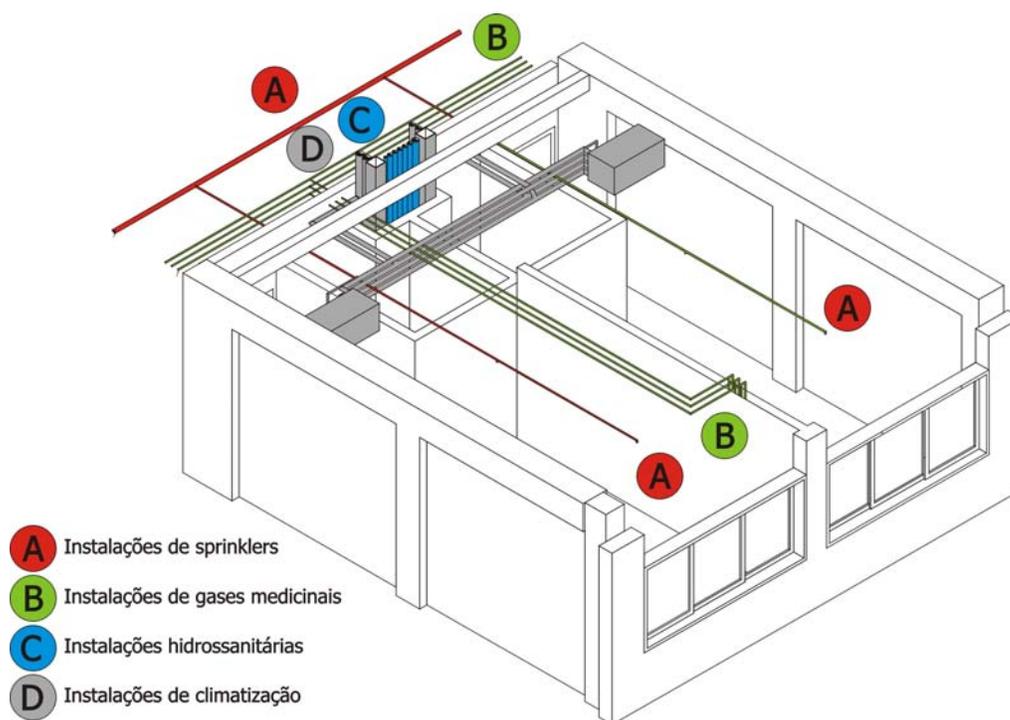


Figura 71: protótipo virtual e conjunto de dois apartamentos e sanitários.

Os atrasos nas contratações de fornecedores por parte da instituição contratante foram determinantes ao plano de ataque da produção nos pavimentos tipo. Neste momento houve atraso na contratação do fornecedor de esquadrias de alumínio e na produção dos painéis de concreto da fachada, sistemas que garantiriam o fechamento da fachada dando condições ao início da execução dos protótipos dos apartamentos.

Na segunda reunião, realizada uma semana depois, houve a participação de representantes dos fornecedores de *drywall* e instalações de climatização que já estavam contratados, sendo o objetivo desta reunião o refinamento de decisões tomadas na compatibilização dos projetos e o início da discussão sobre processo de execução dos protótipos. Os sistemas envolvidos nos protótipos físicos foram: *drywall*, instalações elétricas e hidrossanitárias, de comunicação, gases medicinais, climatização e ventilação.

Na terceira reunião de planejamento dos protótipos foi decidido pelo adiamento de seu início pela indefinição da instituição contratante sobre o sistema de régua para instalações hospitalares que seria adotado. Também contribuiu para o adiamento o fato da empresa contratada para execução das instalações elétricas, hidrossanitárias, de comunicação e proteção contra incêndio não ter conseguido analisar os projetos e mobilizar recursos, em função do atraso na sua contratação.

Posterior à terceira reunião ocorreram discussões isoladas entre o pesquisador com responsáveis pelas instalações elétricas e de climatização a fim de refinar as questões relativas a compatibilização dos projetos e informações sobre o processo de execução.

O estudo de prototipagem dos apartamentos e sanitários teve implicações com o planejamento e controle de projeto, assim como com a integração entre projeto e produção. Conforme mencionado anteriormente, quando iniciado o EC3 houve pouca oportunidade para intervir no planejamento de projeto em função da maior parte dos projetos já estarem concluídos, o que limitou a possibilidade de uma maior ligação entre o planejamento e controle de projeto e a prototipagem. Uma alternativa para integrar a prototipagem ainda durante o desenvolvimento do projeto, quando ocorrem os ciclos de planejamento e controle poderia ser o desenvolvimento do projeto em de uma área reduzida do empreendimento e com maior grau de detalhe, das diferentes disciplinas de projeto necessárias para a posterior prototipagem virtual e física.

O empreendimento foi predominantemente seqüencial, com a contratação e desenvolvimento dos projetos, e posteriormente, a contratação da construtora, condição propícia à pouca integração entre projeto e produção. Segundo o gerente de produção da CP, o fato dos projetistas não serem contratados diretos da CP, mas da instituição contratante, foi uma condição que limitou a gerência da CP sobre os mesmos.

Uma alternativa para corrigir as falhas entre projeto e produção, decorrentes desta forma de contratação e desenvolvimento do empreendimento, pode ser a integração na etapa de compatibilização de projetos dos fornecedores responsáveis pela execução dos sistemas envolvidos, a fim de incorporar os requisitos dos processos de execução. Neste estudo, esta estratégia não foi integralmente testada devido ao atraso na contratação do fornecedor responsável pela maior parte das instalações, que foi contratado apenas na fase final da compatibilização dos projetos. Este fato contribuiu para que algumas decisões tomadas no canteiro desconsiderassem as soluções compatibilizadas dos projetos, por iniciativa dos fornecedores ou por interferência do cliente.

Com relação ao protótipo virtual, esse contribuiu à discussão com a equipe de projetistas para visualização das incompatibilidades entre os diferentes sistemas, porém não teve o mesmo êxito para as discussões com os profissionais envolvidos na produção, que apontaram dificuldade em compreender o protótipo virtual, preferindo discutir as soluções no canteiro e executar uma parte das instalações para identificar interferências ou incompatibilidades. Desta forma, o protótipo virtual demonstrou melhor potencial de uso se empregado na etapa de compatibilização de projetos.

#### 5.4.5 Contribuições para diretrizes para a segmentação e seqüenciamento das atividades no processo de projeto

##### 5.4.5.1 SEGMENTAÇÃO DOS LOTES DE PROJETO

O histórico do desenvolvimento dos projetos do empreendimento antes da contratação da construtora, apresentado no item 4.7.1, indicou que as perdas ao longo do processo de projeto foram consideráveis e, mesmo após a integração da CP, houve um longo período de baixa mobilização da construtora até que uma nova versão dos projetos fosse desenvolvida. Uma característica comum no desenvolvimento dos projetos no EC3 foram os grandes lotes, os quais demandaram longos tempos de ciclo para serem corrigidos, adequados ou mesmo refeitos.

O avançado estágio de desenvolvimento do EC3 apresentou uma condição diferente de interdependência entre o planejamento e controle integrado do projeto e da produção. Foram constatadas poucas restrições de projeto ao planejamento de médio prazo da produção, havendo pouca contribuição do planejamento de médio prazo da produção na definição de lotes de projeto a serem desenvolvidos pela equipe de projetistas. Ainda, a falta de coordenação e de um esforço de compatibilização dos projetos contribuíram para a ocorrência de diversos problemas na produção, evidenciados pelos pacotes de trabalho não cumpridos no curto prazo da produção e pelos problemas identificados através da observação direta do pesquisador.

A compatibilização mais focada em lotes de projeto correspondentes a uma unidade a ser prototipada demonstrou ter um bom potencial para a identificação de falhas ou incompatibilidades entre projetos, além da possibilidade de ser realizada em curto espaço de tempo. As alterações de projeto em uma unidade cujo processo de produção envolva repetição podem trazer grandes benefícios a partir do conhecimento desse processo, por criar condições ao tratamento de interfaces não apenas dos diferentes sistemas envolvidos no produto, mas também das interfaces entre as diferentes equipes envolvidas no processo de produção.

#### 5.4.5.2 SEQÜENCIAMENTO DAS ATIVIDADES DE PROJETO

Não foram obtidos avanços relevantes neste estudo com relação ao seqüenciamento de atividades de projeto. Alguns fatores foram limitadores aos avanços do trabalho como o fato da maior parte dos projetos já terem sido desenvolvidos, quando iniciado o estudo, e a ausência de um coordenador de projetos, responsável pela gestão do processo. Outro fator limitador foi o fato da maior parte dos projetistas não ter vínculos contratuais da CP.

O acúmulo da função de coordenação de projetos pelo gerente de produção apontou ser inviável e inadequado e contribuiu à ocorrência de uma série de deficiências no controle do cumprimento das atividades de projeto, na gestão da informação e na gestão de requisitos da instituição contratante, com reflexos observados em projeto e na produção.

Afora as perdas no processo de projeto relacionadas ao tamanho dos lotes e os longos tempos de ciclo, houve outros fatores que contribuíram fortemente com a ocorrência de perdas, especialmente na primeira versão dos projetos, quando foram desconsideradas ou eram desconhecidas as imposições legais e as características das edificações existentes, conforme apresentado no item 4.7.1 de caracterização do empreendimento. No presente trabalho essas perdas foram demonstradas apenas em relação ao tempo investido nas três principais versões de projeto.

O desenvolvimento tardio do projeto de um sistema que apresente forte interdependência com outros, traz uma grande possibilidade da ocorrência de problemas ou interferências em projeto e produção, dependendo momento de desenvolvimento deste projeto. Um exemplo desta situação ocorreu com o projeto de instalações de climatização que teve reflexos nos projetos de instalações elétricas e na produção da estrutura de concreto. Uma alternativa à redução de reflexos negativos ocasionada pelo desenvolvimento tardio de um determinado projeto pode vir a ser a definição de premissas ou restrições para as interfaces com os demais sistemas.

A participação dos profissionais envolvidos na produção ao longo do desenvolvimento dos projetos pode trazer benefícios ao processo de produção no canteiro e ao aprendizado de todos os envolvidos a partir da discussão sobre o processo de produção no canteiro das soluções projetadas. Esta situação pode criar condições ao encaminhamento de soluções de projeto mais bem compatibilizadas entre sistemas interdependentes, e foi verificada ao longo do desenvolvimento do projeto de instalações de climatização e ventilação, quando houve a participação de um fornecedor responsável pelo projeto e produção do sistema. Situação inversa foi observada com os problemas ocorridos na montagem da escada 3, fortemente influenciados pela solução de projeto adotada pelo engenheiro responsável pelo

projeto. A solução adotada não foi discutida ou questionada pelos gerentes de produção da CP, que tomaram conhecimento do sistema e seus problemas apenas quando toda a escada pré-fabricada já estava produzida e pronta para ser montada.

## 6 CONCLUSÕES

---

### 6.1 CONCLUSÕES, DIRETRIZES E RECOMENDAÇÕES

A presente dissertação teve como foco o planejamento e controle do processo de projeto no processo de desenvolvimento do produto em empreendimentos complexos na indústria da construção. Nos empreendimentos em questão, indústrias, hospitais ou edifícios comerciais, o processo de projeto normalmente é desenvolvido simultâneo à produção, em um ambiente que se aproxima da ES implementada em outras indústrias. O objetivo principal do trabalho foi o estabelecimento de diretrizes para a segmentação e seqüenciamento das atividades no processo de projeto na construção civil.

Houve pouca resistência dos projetistas em trabalhar com lotes menores de informação, conforme evidenciado através da observação participante nas reuniões de planejamento de projeto e das entrevistas com os projetistas. Esta condição difere daquela encontrada por Codinhoto (2003), que aponta certa resistência na aplicação do mesmo mecanismo, pela mudança que é proposta na forma como os projetistas estão habituados a trabalhar, com grandes lotes de informação.

Porém, foi encontrada alguma resistência dos projetistas em iniciar o trabalho com poucas definições, condição importante à implementação da ES. Segundo alguns projetistas, o risco de mudanças das informações fornecidas no início do processo ou da mudança de requisitos por parte do cliente cria muita incerteza e elevado risco ao trabalho desenvolvido.

O ingresso tardio de projetistas ou de fornecedores foi identificado como um problema recorrente nos empreendimentos investigados. Na maioria dos casos, os atrasos envolveram especialidades de projeto cujas contratações eram de responsabilidade do cliente, isto é, fora do escopo da empresa construtora. Esta condição vai de encontro às recomendações de Prasad (1996) que destaca a importância do envolvimento de fornecedores e especialistas no início do desenvolvimento do produto. Segundo o mesmo autor, a *expertise*<sup>63</sup> adequada e o envolvimento de fornecedores chave e especialistas são vitais à obtenção do apoio colaborativo necessário à ES. Gil (2000) destaca que a integração de fornecedores na fase inicial de projeto, pode contribuir consideravelmente às soluções de projeto, pela oportunidade destas soluções incorporarem requisitos do processo de produção.

No esforço realizado de adaptação de algumas técnicas e procedimentos de planejamento e controle da produção ao planejamento e controle do processo de projeto, algumas foram identificadas como inadequadas ou de difícil implementação. Foram encontradas algumas dificuldades para o emprego do

---

<sup>63</sup> Competência ou qualidade de especialista.

indicador PPC (percentual do planejamento concluído) no processo de projeto, conforme identificado anteriormente por Codinhoto (2003). Outros autores (TZORTZOPOULOS et al., 2001; BALLARD, 2000; KOSKELA et al., 1997), apesar de apontarem o PPC como adequado ao projeto na construção, não relataram as mesmas dificuldades no uso do indicador.

Contribuíram à dificuldade na implementação do PPC o pouco tempo disponível para a realização de muitas atividades previstas para as reuniões de projeto. Dentre estas atividades estavam: as discussões sobre as soluções de projeto em desenvolvimento, o registro das definições ao desenvolvimento de projeto, a programação das atividades a serem desenvolvidas pelos projetistas no período seguinte e o controle das atividades concluídas. Todas estas atividades eram atribuições da coordenadora de projetos. Ainda, as reuniões normalmente envolveram mais de 10 participantes, resultando em muitas discussões paralelas.

Algumas possibilidades podem ser investigadas na tentativa de implementação mais eficaz do emprego do PPC em projeto. Uma alternativa poderia ser a delegação de algumas atividades desempenhadas pela coordenadora de projetos ao longo das reuniões a outro profissional envolvido no empreendimento, como o gerente de produção.

A etapa de preparação do processo de planejamento, conforme proposta por Laufer e Tucker (1987), aplicada ao planejamento de projeto, mostrou ter um grande potencial ao planejamento e controle do projeto e também na coordenação de projetos. Nesta etapa são tomadas importantes decisões, incluindo a definição de mecanismos à coordenação de projetos, conforme proposto por Adler (1992) com relação a padrões e ferramentas a serem adotados para o desenvolvimento de projetos.

Com relação à coordenação de projetos, o controle do processo de projeto focado apenas nas entregas de informações planejadas, isto é, a checagem do atendimento dos requisitos estabelecidos nas reuniões e programados nos planos de projeto demonstrou ser importante mas limitado. A avaliação de interferências, incompatibilidades e mesmo do desempenho das soluções de projeto desenvolvidas mostrou ser um ponto que carece de maior atenção. A realização da coordenação de projetos por outro profissional envolvido no empreendimento, como o gerente de produção, pareceu ser inadequada, devido à quantidade de atribuições que ambos profissionais devem desempenhar.

As reuniões periódicas com as equipes multidisciplinares de projetistas contribuíram não apenas para a redução do tempo de desenvolvimento dos projetos mas também à identificação de incompatibilidades entre projetos e o desenvolvimento de soluções. Entretanto, esta condição demonstrou ser insuficiente à solução de todos os problemas de incompatibilidades entre projetos, apontando para a necessidade

de um profissional com maior foco nas questões técnicas de projeto, a fim de identificar e solucionar problemas desta natureza ao longo do desenvolvimento dos projetos.

Assim, as atribuições do coordenador de projetos devem envolver o planejamento e controle das atividades de projeto, bem como a análise o resultado destas atividades, identificando eventuais interferências e incompatibilidades entre os projetos em desenvolvimento que possam originar problemas na produção, no canteiro de obras. Estas atribuições apontam para a necessidade deste profissional ter conhecimentos sobre processo de produção e gestão.

## 6.2 DIRETRIZES PARA SEGMENTAÇÃO DOS LOTES DE PROJETO

A seguir são apresentadas as diretrizes para a segmentação dos lotes de projeto na construção:

- (a) A aplicação do mecanismo proposto por Reinertsen (1997) de redução dos lotes de informação para desenvolvimento do produto em ambientes de elevada incerteza em interdependência depende de algumas considerações. A incerteza do processo de projeto tem algumas implicações para a divisão hierárquica de seu planejamento e controle. O planejamento de longo prazo de projeto tem importante papel na integração do planejamento dos processos de projeto e produção, porém, de acordo com a forma como foi empregado neste trabalho, o plano de longo prazo de projeto apresentou limitações com relação à identificação de interdependências em projeto. A utilização mapa de segmentação de projeto proposto no presente trabalho possibilitou identificar que o planejamento inicial do projeto pode ser mais bem explorado, apesar da incerteza ligada ao planejamento. Nesta etapa, na geração do mapa, além de serem considerados os *lead times* de recursos e preparação do canteiro para o estabelecimento de datas limite para a conclusão dos lotes de projeto, podem ser tornadas explícitas as principais interdependências entre os grandes lotes de diferentes disciplinas, com uma visão mais completa e sintética dos projetos integrantes do escopo do empreendimento. Estas são algumas vantagens do mapa como ferramenta de planejamento de projeto. Nesta etapa inicial o planejamento é predominantemente empurrado. Entretanto, o uso do mapa de segmentação não elimina o emprego do plano de longo prazo que, apesar de ser mais sintético e menos detalhado, por não apresentar a quebra de grandes lotes e suas interdependências, explicita de forma mais clara os *lead times* de recursos dos eventos da produção associados aos lotes de projeto programados.
- (b) Ao longo do desenvolvimento do projeto, quando ocorrem ciclos semanais de planejamento e controle de projeto, vão sendo identificadas interdependências que criam a necessidade de

reduzir os lotes de projeto e informação, os quais tornam-se restrições ao projeto de outra disciplina. Desta forma, a identificação de restrições no processo de projeto ocorre de forma muito rápida e o prazo para a remoção destas tende a ser muito curto, o que exige que o planejamento de algumas atividades de projeto seja puxado;

- (c) O tamanho e a complexidade do edifício projetado têm considerável influência na redução do tamanho dos lotes. Determinadas disciplinas de projeto podem ser mais críticas ao desenvolvimento dos demais projetos e à produção. A criticalidade pode ser associada à limitada capacidade de redução do tamanho dos lotes de projeto a serem desenvolvidos, à impossibilidade de aumento de velocidade de desenvolvimento do projeto por parte de seus respectivos projetistas, à limitada ou inexistente possibilidade de repetição das soluções de projeto, ao *lead time* de algum recurso necessário à produção no canteiro associado a esses projetos ou ainda às interdependências com outras disciplinas de projeto. Ao mesmo tempo, diferentes disciplinas podem adotar diferentes critérios à segmentação dos lotes de projeto no mesmo empreendimento;
- (d) Conforme apontado por Codinhoto (2003), o planejamento de médio prazo da produção, tem grande importância ao planejamento e controle integrado de projeto e produção. Uma oportunidade identificada como benéfica da condição de simultaneidade entre projeto e produção e da redução do tamanho dos lotes de projeto, é a retroalimentação à equipe multidisciplinar de projeto a partir da produção. Esta retroalimentação pode contribuir para que as alterações de projeto, aceleradas neste ambiente, contribuam ao processo de produção, a partir da consideração de requisitos de segurança, custos, dentre outros, decorrentes da interação entre os profissionais de projeto e produção.

Conforme os resultados alcançados, é possível concluir que a redução do tamanho dos lotes de projeto a serem desenvolvidos deve levar em conta o escopo de projetos contratados, bem como as peculiaridades das disciplinas de projeto envolvidas. As possibilidades de redução do tamanho dos lotes têm implicações com a capacidade de produção de seus respectivos projetistas, as relações de interdependência com as demais disciplinas de projeto, bem como com *lead time* de recursos necessários aos eventos da produção.

### 6.3 DIRETRIZES PARA O SEQÜENCIAMENTO DAS ATIVIDADES DE PROJETO

A seguir são apresentadas as diretrizes para o seqüenciamento das atividades de projeto na construção:

- (a) Nos estudos desenvolvidos, o seqüenciamento das atividades de projeto foi predominantemente definido pelo seqüenciamento da produção. Assim, o plano de ataque ou o plano de longo prazo da produção têm um importante papel no seqüenciamento do planejamento do processo de projeto, somado ao planejamento de médio prazo da produção, conforme apontado por Codinhoto (2003). Entretanto, o seqüenciamento do desenvolvimento do projeto também pode sofrer influência de outros fatores, tais como interferências por parte do cliente, o escopo de contratação e as peculiaridades das disciplinas de projeto envolvidas em cada empreendimento.
- (b) Além da importância do planejamento da produção na definição do seqüenciamento do processo de projeto em cada empreendimento, a experiência da equipe multidisciplinar de projeto tem alta relevância, em função da identificação de grande parte das interdependências entre diferentes disciplinas ocorrer a partir das interações da equipe ao longo das reuniões de planejamento de curto prazo de projeto;
- (c) Uma condição recorrente nos empreendimentos investigados são os projetos desenvolvidos em separado e fornecidos diretamente pelo cliente, mas que apresentam interdependências com os projetos de outras disciplinas que são desenvolvidos conjuntamente. A não simultaneidade no desenvolvimento entre projetos nestas condições ou a indefinição de pontos de checagem e controle de suas interdependências tem forte potencial à geração de perdas em projeto e na produção;
- (d) A seqüência predominante para o desenvolvimento de projetos na construção, mesmo em condições de simultaneidade, parte do projeto de arquitetura. Entretanto, alternativas ao seqüenciamento do desenvolvimento do processo de projeto podem ser consideradas em determinadas situações, especialmente como mecanismo à correção de falhas no desenvolvimento dos projetos. Um exemplo desta situação ocorreu no EC3 a partir do momento em que o projeto da estrutura de concreto da ampliação de um dos edifícios passou a determinar as diretrizes e restrições ao projeto de arquitetura para viabilizar a ampliação do edifício, em função das limitações da capacidade cargas da estrutura do edifício existente. Desta forma, a seqüência do desenvolvimento dos projetos tem relação direta com as iterações

e retrabalho no processo de projeto. Com relação a empreendimentos que envolvam reformas e ampliações, Mitropoulos e Howell (2002) destacam que iterações e retrabalho podem ser causadas não apenas pela descoberta tardia de restrições físicas em edifícios, mas também pela descoberta tardia de outros requisitos de projeto como restrições legais ou requisitos do cliente.

#### 6.4 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir da realização deste trabalho, foram identificadas algumas lacunas e oportunidades para a realização de estudos relacionados ao planejamento e controle integrado dos processos de projeto e produção no contexto investigado:

- (a) Explorar a utilização da prototipagem física e virtual de forma simultânea e integrada ao planejamento e controle de projeto;
- (b) Investigar, de forma mais aprofundada, as iterações positivas e negativas de projeto;
- (c) Ampliar o emprego do mapa de segmentação de projeto combinada com outras ferramentas de planejamento e controle de projeto.

## REFERÊNCIAS

ANUMBA, C.J.; EVBUOMWAN, N. F.O. Concurrent engineering in design-build projects. In: **Construction management and economics**, v.15, p. 271-281, 1997.

AUSTIN, S.; BALDWIN, A.; LI, B.; WASKETT, P. Analytical design planning technique (ADePT): a dependency structure matrix tool to schedule the building design process. In: **Construction Management and Economics**, v 18, p 173-182, 2000.

AUSTIN, S.; BALDWIN, A., Li, B.; WASKETT, P. Analytical Design Planning Technique: a model of the detailed building design process. In: **Design Studies**, V. 20, p. 279-292, 1999.

AUSTIN, S. BALDWIN, A.; NEWTON, A. A Data Flow Model to Plan and Manage the Design Process. In: **Journal of Engineering and Design**, v 7 (1), p. 3-25, 1996.

AUSTIN, S.; BALDWIN, A.; NEWTON, A. Manipulating the flow of design information to improve the programming of building design. In: **Construction Management and Economics**, n. 5, p. 445-455, 1994.

BACCARINI, D. The concept of project complexity – a review. In: **International Journal of Project Management**, v. 14, n. 4, p. 201-204, 1996.

BACHARACH, S.B. Organizational Theories: some criteria for evaluation. In: **Academy of Management Review**, v.14, n.4, p. 496-515, 1989.

BALDWIN, A.; AUSTIN, S.; HASSAN, T. M.; THORPE, A. Modelling information flow during the conceptual and schematic stages of building design. In: **Construction Management and Economics**, v.17, p. 155-167, 1999.

BALDWIN, A.; AUSTIN, S.; HASSAN, T.; THORPE, A. Planning building design by simulating information flow. In: **Automation in Construction**, v. 8,p. 149-163, 1998.

BALLARD, G; **The Last Planner System of Production Control**. 2000. Thesis (Doctor of Philosophy) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham, Birmingham.

BALLARD, G. Positive vs. negative iteration in design In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 8., 2000, Brighton, UK. **Proceedings...** Brighton, SPRU, University of Sussex , 2000b.

BALLARD, G. 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, 2000c.

BALLARD, G. Can pull techniques be used in design management ? In: CONFERENCE ON CONCURRENT ENGINEERING IN CONSTRUCTION, 2, August 26-27, 1999, Helsinki, Finland. **Proceedings..**

BALLARD, G. Lookahead Planning: The Missing Link in Production Control. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 5., 1997, Australia. **Proceedings...** Berkeley, 1997.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production: An essential step in production control. **Technical Report No. 97-1**, Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, 1997.

BALLARD, G.; KOSKELA, L. On the Agenda of Design Management Research. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6., 1998, Guarujá, SP. **Proceedings...** Porto Alegre, UFRGS, 2002.

BARKAN, P. Productivity in the Process of Product Development – An Engineering Perspective. In: SUSMAN, G. I. **Integrating Design and Manufacturing for Competitive Advantage**. New York: Oxford University Press, 1992.

BIRREL, G. Construction planning beyond the critical path. In: **Journal of the Construction Division**, v.106, n. 3, p. 389-407, 1980.

CLARK, K.B., CHEW, B.W., FUJIMOTO, T. Manufacturing for design: beyond the production/R&D dichotomy. In: SUSMAN, G. I. **Integrating Design and Manufacturing for Competitive Advantage**. New York: Oxford University Press Inc., 1992.

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 Press, 1993.

CODINHOTO, R.; **Diretrizes para o planejamento integrado dos processos de projeto e produção na construção civil**. 2003. 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.

CODINHOTO, R.; MINOZZO, D. L. ; HOMRICH, M. C.; FORMOSO, C. T.; Análise de restrições: definição e indicador de desempenho. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar – EESC/USP. CD ROM.

COELHO, H.O. **Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil**. 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, 2003.

CONKLIN, J.; WEIL, W. Wicked Problems: Naming the Pain in Organizations. Reading Room Research Center, 1997. Disponível em: <[http://www.3mco.fi/meetingnetwork/readingroom/gdss\\_wicked.html](http://www.3mco.fi/meetingnetwork/readingroom/gdss_wicked.html)> Acesso em: 25 abr. 2005.

COOPER, R.; PRESS, M. **The design agenda**: a guide to successful design management. West Sussex, John Wiley & Sons, 1995.

COSTA, D. B. **Diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas da construção civil**. 2003. 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.

CROSS, N. **Engineering design methods**: strategies for product design. 2nd ed. London, Wiley, 1994.

- CUNHA, G. D. Uma Análise da Evolução dos Procedimentos de Execução do Desenvolvimento de Produtos. **Revista Produto & Produção**. Porto Alegre, v. 7, n. 1, 2004.
- CUNHA, G. D. **Desenvolvimento do Produto**. Porto Alegre. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.(Apostila de Aula).
- DICK, Bob. You want to do an action research thesis? **Interchange**, v.2 n.6, 1992.
- DRAPER, J. D.; MARTINEZ, J. The Evaluation of Alternative Production System Designs with Discrete Event Simulation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10., 2002. **Proceedings...** Porto Alegre, UFRGS, 2002.
- EASTERBY-SMITH, M.; THORPE, R.; LOWE, A. **Management research: an introduction**. London, SAGE, 1991.
- EDEN, C.; HUXHAM, C. Action Research for management research. In: **British Journal of Management**. London, v.7, p.75-86, 1996.
- EISENHARDT, K.M. Building theories from case study research. In: **Academy of Management Review**, v. 14 n.4, p. 532-550, 1989.
- FABRÍCIO, M.M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FORD, D. N.; STERMAN, J. D. Overcoming the 90% Syndrome: Iteration Management in Concurrent Development Projects. In: **Concurrent Engineering: Research and Applications**, V. 11, n. 3, p 177-186, 2003.
- 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**. Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- FORMOSO, C.T. **A Knowledge Based Framework for Planning House Building Projects**. 1991. Ph.D.Thesis. University of Salford. Department of Quality and Building Surveying, Salford.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. 8 ed. São Paulo, Pioneira - Thomson Learning, 2001.
- GIL, N.; TOMMELEIN, I.D.; KIRKENDALL, R.L.; BALLARD, G. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 8., 2000, Brighton, UK. **Proceedings...** Brighton, SPRU, University of Sussex , 2000
- GRAY, C.; HUGES, W.; BENNETT, J. **The successful management of design**. Centre for Strategic Studies in Construction, University of Reading, UK, 1994.
- HAMMOND, J.; CHOO, H.J.; AUSTIN, S.; TOMMELEIN, I.D.; BALLARD, G.. Integrating Design Planning, Scheduling and Control with DePlan. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 8., 2000, Brighton, UK. **Proceedings...** Brighton, SPRU, University of Sussex , 2000

HANNUS, M.; HUOVILA, P.; LAHDENPERÄ, P.; LAURIKKA, P.; SERÉN, K. Methodologies for systematic improving of construction process. In: CONCURRENT ENGINEERING IN CONSTRUCTION, 1. 1997, London, **Proceedings...** London, The Institution of Structural Engineers, 1997.

HARTLEY, J. R. **Engenharia simultânea: um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos.** Porto Alegre, Artes Médicas, 1998.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. **Factory Physics: Foundations of manufacturing management.** Boston, McGraw-Hill, 1996.

HUOVILA, P.; KOSKELA, L.; LAUTANALA, M. Fast or concurrent: the art of getting construction improved. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 2., 1994. **Proceedings...** Rotterdam, Lean Construction Institute, 1997.

HUOVILA, P.; KOSKELA, L.; LAUTANALA, M.; TANHUANPAA, V.-P. Use of the Design Structure Matrix in Construction. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 3., 1995. **Proceedings...** Rotterdam, Lean Construction Institute, 1997.

KAMARA, J. M.; ANUMBRA, C. J.; EVBUOMWAN, N. F. O. Assessing the suitability of current briefing practices in construction within a concurrent engineering framework. In: **International Journal of Project Management.** v. 19, p. 337-351, 2001.

KAMARA, J.M.; ANUMBA, C. J.; EVBUOMWAN, N. F. O.. Considerations for the effective implementation of concurrent engineering in construction. In: CONCURRENT ENGINEERING IN CONSTRUCTION, 1. 1997, London, **Proceedings...** London, The Institution of Structural Engineers, 1997.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction.** 2000. Thesis (Doctor of Technology) - Technical Research Center of Finland, VTT Building Technology, Helsinki.

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

KOSKELA, L.; BALLARD, G.; TANHUANPÄÄ, V.P. Towards Lean Design Management. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6., Guarujá, 1998. **Proceedings...** Porto Alegre, UFRGS, 2002.

KOSKELA, L.; HUOVILA, P. On Foundations of Concurrent Engineering. In: CONCURRENT ENGINEERING IN CONSTRUCTION, 1. 1997, London, **Proceedings...** London, The Institution of Structural Engineers, 1997.

LAUFER, A. **Simultaneous Management: Managing projects in a dynamic environment.** USA, American Management Association. 1996.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Competence and timing dilemma in construction planning. In: **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. In: **Construction Management and Economics,** London, n. 5, p. 243-266, 1987.

LAWSON, B. **How Designers Think**: the design process demystified. 3<sup>rd</sup> Ed. London, Butterworth, 2000.

LAWSON B.; BASSANINO, M., PHIRI M.; J. WORTHINGTON. Intentions, practices and aspirations: understanding learning in design. In: **Design Studies**, v. 24, p. 327-339, 2003.

MARKUS, T.; ARCH, M. **Optimization by evaluation in the appraisal of buildings**. In: HUTTON, G.H.; DEVONALD, A.D.G. **Value in building**. London, Applied Science, 1973.

MILES, R.S. Alliance Lean Design/Construct on a Small High Tech Project. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6., Guarujá, 1998. **Proceedings...** Porto Alegre, UFRGS, 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.

MOURA, P. M. **Uma abordagem simultânea para a coordenação do processo de projeto em empreendimentos complexos de construção**. 2005. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

NEVES, R.M. **Desenvolvimento de Competências Gerenciais e Aprendizagem Organizacional através da Adaptação da Aprendizagem Baseada em Problemas - ABP no Contexto Organizacional**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

NEWBOLD, R. C. **Project Management in the Fast Lane**: Applying the Theory of Constrains. Boca Raton, CRC Press, 1988.

O'BRIEN, C.; SMITH, S.J. Design Maturity. In: SYAN, C.S.; MENON, U. **Concurrent Engineering**: concepts, implementation and practice. London. Chapman & Hall. 1994.

PRASAD, B. **Concurrent Engineering Fundamentals**: integrated product and process organisation. New Jersey. Prentice Hall, 1996.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE STANDARDS COMMITTEE. **A Guide to the project management body of knowledge**. North Carolina: PMI, 1996.

REINERTSEN, D.G. **Managing the Design Factory**: a Product Development Toolkit. New York: The Free Press, 1997.

SHINGO, S. **Non-Stock Production**: The Shingo system for continuous production. Cambridge, Productivity Press, 1988.

SMITH, P. G.; REINERSTEN, D. G. **Developing Products in Half the Time**. New York, Van Nostrand Reinhold, 1995.

SMITH, R.P.; MORROW, J.A. Product development process modeling. In: **Design Studies**, v. 20, p. 237-261, 1999.

SOBEK II, D. K.; WARD, A. C.; LIKER, J. K. Toyota's principles of set-based concurrent engineering. **Sloan Management Review**, p. 67-83. Winter, 1999.

SOUZA, R. et al. Indicadores da qualidade e produtividade. In: \_\_\_\_\_. Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras. São Paulo, Pini, 1994.

STEWART, D. V. The Design Structure System: A Method for Managing the Design of Complex Systems. In: **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. EM 78. n. 3, August, 1981.

SUSMAN, G. I.; DEAN JR., J. W. Development of a Model for Predicting Design for Manufacturability Effectiveness In: SUSMAN, G. I. In: **Integrating Design and Manufacturing for Competitive Advantage**. New York: Oxford University Press, 1992.

SYAN, C.S. Introduction to concurrent engineering. In: SYAN, C.S.; MENON, U. (Ed.). **Concurrent Engineering: concepts, implementation and practice**. London, Chapman & Hall. 1994.

TILLEY, P. Lean Design Management – A New Paradigm for Managing the Design and Documentation Process to Improve Quality ? In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 13., 2005, Sydney. **Proceedings**. Sydney: IGLC, 2005.

TOMMELEIN, I. Pull-driven scheduling for pipe-spool installation: simulation of lean construction technique. In: **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 124, n.4, p. 279-288, 1998.

TZORTZOPOULOS, P.; BETTS, M.; COOPER, R. **Product Development Process Implementation: Exploratory Case Studies In Construction And Manufacturing**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10., 2002. **Proceedings...** Porto Alegre, UFRGS, 2002.

TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C.T.; BETTS, M. **Planning the Product Development Process in Construction: an exploratory case study**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 9., 2001, Singapore. **Proceedings**. Singapore: IGLC, 2001.

TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C.T. Gestão da qualidade no processo de projeto. In: FORMOSO, C.T. (Org.) **Gestão da qualidade na construção civil: estratégias e melhorias de processos em empresas de pequeno porte**. Porto Alegre, NORIE/UFRGS. Relatório de Pesquisa, v. 3. , 2001

ULRICH, K.T.; EPPINGER, S.D. **Product Design and Development**. USA, McGraw-Hill, 2000.

WARD, A. **Uma Solução de Aprendizagem do LIB - Lean Institute Brasil (Notas de Aula)**. São Paulo, 2002

WILLIAMS, T. **Modelling Complex Projects**. Chichester, UK. John Wiley & Sons, 2002

YAZDANI, B.; HOLMES, C. Four models of design definition, sequential, design centered, concurrent and dynamic. In: **Journal of Engineering Design**, v. 10, n 1, pp.25-37, 1999.

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

**APÊNDICE A – Mapa de Segmentação de Projeto do edifício internação do EC3.**

MAPA DE SEGMENTAÇÃO DE PROJETO - EMPREENDIMENTO HOSPITALAR - EDIFÍCIO INTERNAÇÃO								
PERÍODO DISCIPLINA	10/6/04 a 16/6/04	17/6/04 a 23/6/04	24/6/04 a 30/6/04	1/7/04 a 7/7/04	8/7/04 a 14/7/04	15/7/04 a 21/7/04	22/7/04 a 28/7/04	
ARQUITETURA			PLANILHA DE ACABAMENTOS 24/6/04 PISO E VISTAS ELEVADORES-24/6/04 DETALHAM. SANITÁRIOS 30/6/04 DETALHES COBERTURA 28/6/04 DETALHAM. FACHADAS 30/6/04 PROJ. E DET. ESQUADRIAS P/ PAV. 30/6/04	DETALHAM. GERAL PISOS - 2/7/04 DET. CORRIMÃO E G. CORPOS 5/7/04 PROJETO FORROS - 5/7/04 CORTES DE PELE 9/7/04				LEGENDA LOTE A DESENVOLVER LOTE C/ PENDÊNCIAS
ESTRUTURA METÁLICA		DEFINIÇÃO E PROJ. CHUMBA-DORES - 21/6/04	PROJ. ESTRUT. COBERTURA 30/6/04 PROJETO DAS CALHAS 30/6/04 DETALHAMENTO 30/6/04 PASSARELA METÁLICA 30/6/04					
INSTALAÇÕES COMUNICAÇÃO					TELEFONE, SOM, ANTENA TV, CFTV, RELÓGIO TELEFONIA E LÓGICA (MONIT. LEITOS) DETEC. FUMAÇA, ALARME ILUM. EMERGÊNCIA CHAMADA ENFERM. E PARADA CARD.			
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS					LIGAÇÕES A REDES EXISTENTES ILUM. E TOM. SPUR, DISTR. E FORÇA, QUADROS			
INSTALAÇÕES FLUÍDOS					A. FRIA, QUENTE, ESG. SANIT. E PLUVIAL ALIMENTAÇÃO RESERVATÓRIO ESTEREOGRAMAS			
PPCI					PROJETO HIDRANTES PROJETO SPRINKLERS PROJETO ALARME			
INSTALAÇÕES GÁS					REDE GÁS 2ª PAVIMENTO			
INSTALAÇÕES CLIMATIZAÇÃO		VENTILAÇÃO CLIMATIZAÇÃO 21/6/04 DETALHES 21/6/04						

**APÊNDICE B – Planilha de acompanhamento de alterações de projeto.**

PROJETO DE ARQUITETURA CONTEUDO											
LOTE DE PROJETO/ARQUIVO	CONTEUDO PROJETO	DATA LIMITE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ARO-02-PL BAIXA TERRECO-R09		14/4/2004	23/04	4/3/04-ECA3	8/3/04-EFF3	10/3/04-HID4	18/3/04-HID4	28/3/04-ARO	30/4/04-HID4	8/4/04-HID4	14/5/04
ARO-05-PL BAIXA 2º PAVTO-R08		14/4/2004	23/04	4/3/04-ECA3	8/3/04-EFF3	10/3/04-HID4	18/3/04-HID4	28/3/04-ARO	30/4/04-HID4	8/4/04-HID4	14/5/04
ARO-04-CORTE EE-R03		14/4/2004	18/3/04	25/3/04-ECA4	31/3/04-ECA7						
ARO-05-CORTE AA-R05		14/4/2004	8/3/04	18/3/04-ECA7	25/3/04-ECA7	31/3/04-ECA7					
ARO-08-ESQUADRIAS DE ALUMINIO-R05		21/4/2004	30/3/04	8/4/04	30/4/04	8/5/04	14/5/04				
ARO-07-CORTE OO-R02		14/4/2004	17/3/04	28/3/04-ECA4							
ARO-08-CORTE DO-R04		14/4/2004	17/3/04	18/3/04-HID1	28/3/04-ECA4	8/4/04-ARO2					
ARO-09-FACHADA NORTE-R03		14/4/2004	23/04	28/3/04-ARO2	31/3/04-ARO2						
ARO-10-FACHADA OESTE-R04		14/4/2004	23/04	28/3/04-ARO2	31/3/04-ARO2	8/4/04					
ARO-11-FACHADA SUL-R03		14/4/2004	23/04	28/3/04-ARO2	31/3/04-ARO2						
ARO-12-FACHADA LESTE-R03		14/4/2004	23/04	28/3/04-ARO2	31/3/04-ARO2						
ARO-13-DETALHES CONSTRUTIVOS-R04		14/4/2004	11/3/04-HID4	18/3/04-EMT2	28/3/04-HID4	8/4/04-ECA5	28/4/04	30/4/04			
ARO-14-ESQUEMA POSIÇÃO TESSOURAS-R01		14/4/2004	12/3/04			8/4/04-HID5		30/4/04			
ARO-15-LAY-OUT TERRECO-R04		14/4/2004	17/3/04	18/3/04	8/4/04-ARO2	19/5/04-ARO2					
ARO-16-LAY-OUT 2º PAVTO-R04		14/4/2004	17/3/04	18/3/04	8/4/04-ARO2	19/5/04-ARO2					
ARO-17-DETALHES ESCADA-R04		14/4/2004	19/3/04	25/3/04	28/3/04-ECA4	8/4/04-ARO4	30/4/04				
ARO-18-PL FORROS TERRECO-R01		10/4/2004	13/4/04*								
ARO-19-ESQUADRIAS INTERNAS-R02		20/4/2004	19/4/04	28/4/2004**							
ARO-20-PL FORROS 2º PAVTO-R01		10/4/2004	20/4/04*								
* EMISSÃO INICIAL											
** ENVIADO VIA FAX DIRETO P/ OBRA											
<b>CAUSAS DOS CICLOS DE ALTERAÇÃO DE PROJETO</b>	<b>LEGENDA</b>	<b>ARQ</b>	<b>EMT</b>	<b>EPF</b>	<b>FND</b>	<b>ECA</b>	<b>HID</b>	<b>ELE</b>	<b>ACV</b>	<b>TOTAL</b>	<b>%</b>
REFLEXO DE ALTERAÇÃO EM OUTRO LOTE DE PROJETO		21				10			2	33	26,83%
NOVO REQUISITO DO CLIENTE		4		1			5			10	8,13%
MUDANÇA NOS REQUISITOS DO CLIENTE		4				1				5	4,07%
REQUISITO DO CLIENTE NÃO CAPTADO ANTERIORMENTE		2			1			1		4	3,25%
ALTERAÇÃO POR DEMANDA DA PRODUÇÃO						1				1	0,81%
EMISSÃO INICIAL										0	0
NECESSIDADE ADEQUAÇÃO AOS PADRÕES DE SEL. NOMENCLATURA E REP. GRÁFICA			6							6	4,88%
SIMPLEX INFORM. AMADURECIMENTO DO PROJETO OU LOTES DE OUTRAS DISCIPLINAS		30	2	5		6		3	3	49	39,84%
CORREÇÃO DA INFORMAÇÃO DE PROJETO		3				3			2	8	6,50%
ALTERAÇÃO POR PROPOSIÇÃO DE ALTERNATIVA PELA CONSTRUTORA		4							3	7	5,54%
ALTERAÇÃO POR SUBEST. DO PROJETISTA		4							4	8	6,50%
SEMI-R: 4/3/04-ECA3 DATA REVISÃO - 06/04/2004 DE PROJETO - LOTE CONFORME MAPA		71	8	6	1	21	5	4	7	123	######

**APÊNDICE C – Planilha para registro do processo de tomada de decisão em projeto e produção.**

<b>Projeto:</b>	<b>Empresa: CP</b>	<b>Estudo de Caso - Grupo de Gerenciamento -NORIE</b>	<b>SEMANA 00</b>
<b>Data / Responsável</b>	<b>Principais decisões tomadas</b>		<b>Gargalos, Ruídos e Desdobramentos.</b>
<b>Obra / Assunto / Participantes</b>			

**APÊNDICE D – Entrevistas semi-estruturadas realizadas com projetistas.**

## PROJETISTAS:

- 1) Identificação do conteúdo de projeto de cada lote maior de informação apresentado nos mapas de segmentação de projeto.
- 2) Identificação das principais informações necessárias (dados de entrada) para os lotes de projeto apresentados nos mapas de segmentação de projeto.
- 3) Como e quando ocorrem considerações ao processo de produção das soluções projetadas ?
- 4) Há métodos e/ou ferramenta estruturados para a captação e registro de informações necessárias ao desenvolvimento dos projetos ?
- 5) É feito planejamento e controle de projeto ? Qual a abrangência e quais os envolvidos ?
- 6) Como são controladas as cobranças feitas à coordenação de projeto ?
- 7) Quais as considerações à proposta de desenvolvimento dos projetos em lotes menores e com ciclos de planejamento e controle curtos ?
- 8) Quais as facilidades e dificuldades de desenvolvimento de projetos de forma segmentada? Quais as vantagens e desvantagens desta forma de desenvolvimento ?
- 9) Quais as dificuldades de desenvolvimento de projeto de forma simultânea à produção ?

### APÊNDICE E – Planilha de dados de entrada ao desenvolvimento dos projetos.

PROJETO DE ARQUITETURA		
Item de projeto	Conteúdo	Dados de entrada
Projeto de compartimentação (divisões internas)	Plantas baixas por pavimento	Necessidades de uso do cliente (programa), expectativas de usos futuros (expansões)
Projeto de lay out (mobiliário)	Planta representando ordenação espacial de mobiliário.	Definição linha de mobiliário adotada
Projeto de implantação	Situação e localização / Planilha de áreas	Levantamento do entorno, levantamento topográfico, implantação do entorno, implantação edifícios pré-existentes, perspectivas de ampliação.
Projeto de cobertura	Planta de cobertura	Informações sobre escolha tecnológica da cobertura, definições projeto estrutura da cobertura.
Projeto de esquadrias	Elevações (bonecos) de esquadrias / detalhes, planilha (quantitativos, materiais, ferragens, vidros)	Definições de funcionamento (caixilhos fixos, batentes, pivotantes), definições de matérias-primas.
Projeto de forros	Detalhamento e definição de forros	Projetos de climatização, iluminação, PPCI (sprinklers), redes aéreas, definição e especificação forro.
Projeto luminotécnico	Planta representando posicionamento luminárias	Projeto layout mobiliário, definição nível de iluminamento.
Projeto de alvenaria (paginação)	Detalhes encontros entre paredes	Definição solução de alvenaria adotada (blocos, tijolos)
Projeto de revestimentos (pisos e paredes)	Detalhes indicando início de cada paginação.	Definição linhas cerâmicas ou pisos adotados
Projetos de corte e aterros (níveis)	Seções do terreno com níveis, cálculo dos volumes de terreno alterados	Projeto topográfico e planialtimétrico, definições de implantação a partir da viabilidade urbana ou projeto arquitetura
Projeto de fachada	Especificação de materiais e acabamentos.	Plantas baixas com definições de compartimentação e cortes, definição de revestimentos (modulações) e esquadrias
Projeto de paisagismo	Indicação e localização das espécies, especificação dos portes e quantitativos de mudas	Levantamento do entorno com pré- existências, projeto de implantação da arquitetura, requisitos para determinação da vegetação adotada
Detalhamento de sanitários	Elevações, cortes, detalhes de tampos, compatibilização com instalações	Projeto de arquitetura maduro, projeto de instalações, definições de acabamentos,
Projeto de escadas	Plantas, cortes, elevações, detalhes de degraus e corrimãos	Projeto de arquitetura e estrutura, definição de revestimentos e observação à normas de incêndio
Memorial descritivo	Especificações complementares aos desenhos.	Especificações técnicas do cliente

PROJETO DE ESTRUTURA DE CONCRETO		
Item de projeto	Conteúdo	Dados de entrada
Informação de cargas (p/ fundações)	Locação e especificação de cargas	Anteprojeto de arquitetura com usos e equipamentos.
Locação de pilares (p/ fundações)	Denominação e locação dos pilares	Anteprojeto de arquitetura, cargas na estrutura

Projeto de vigas (por pav.)	Formas e armaduras	Projeto de arquitetura, localização (influência ventos), definições necessidades passagens dos projetos de instalações (HID, ELE, ACV, etc).
Projeto de pilares (por pav.)	Formas e armaduras	Projeto de arquitetura, localização (influência ventos), definições necessidades passagens dos projetos de instalações (HID, ELE, ACV, etc).
Projeto de lajes	Pré-moldada, maciça, protendida e pré-fabricada - armaduras	Projeto de arquitetura, localização (influência ventos), definições necessidades passagens dos projetos de instalações (HID, ELE, ACV, etc).
Projeto de cortinas de contenção	Formas e armaduras	Dados do solo, ângulo de atrito, identificação existência de água subterrânea.
Projeto de escadas	Formas e armaduras	Projeto de arquitetura (plantas e cortes do setor).
Projeto de reservatórios	água fria para consumo e hidrantes	Projeto de arquitetura (localização) e projeto instalações hidrosanitárias (volume).
Projeto de muros de arrimo	Formas e armaduras	Dados do solo, ângulo de atrito, identificação existência de água subterrânea.
Especificações aço	Quantitativo em Kgf, quant. aço / vol. concreto, quant. total de aço discriminada por bitola	Elementos projetados no projeto de estrutura
Especificações do concreto	Volume em m <sup>3</sup>	Elementos projetados no projeto de estrutura

<b>PROJETO ESTRUTURA METÁLICA</b>		
<b>Item de projeto</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Dados de entrada</b>
Projeto de vinculações	Chumbadores, inserts e gabaritos	Projeto de arquitetura (cobertura), projeto de estrutura de concreto (vigas e pilares).
Projeto de pilares	Planta de conjunto (representando eixos), níveis, planta de locação de chumbadores, cortes, elevações, detalhes, contraventamentos	Projeto de arquitetura (cobertura, cortes, plantas), projeto de estrutura de concreto (fundações), projeto de pluviais, dados da região e equipamentos. <i>As built</i> de pré-existências.
Projeto de vigas	Elevações, especificações das peças, sobrecargas de utilização, sobrecargas máximas. <b>Contraventamentos</b>	Projeto de arquitetura (cobertura, cortes, plantas), sobrecargas, projeto de pluviais, dados da região e equipamentos
Projeto de contraventamento	Bitolas, dimensões, locações representadas por plantas e cortes	Dados de equipamentos utilizados na estrutura, dados da região, dados do próprio projeto. <i>As built</i> de pré-existências.
Projeto de estruturas de cobertura	Tesouras, vigas de travamento, terçamento, contraventamento.	Tipo de telha, sobrecargas, definição tipo de forro e sobrecargas
Projeto de seqüência de montagem	Planta representando a seqüência de montagem	Informações de acesso, plano de ataque geral da obra, cronograma da obra.
Vista superior	Todos os elementos que compõem a estrutura	Dados resultantes do projeto
Cronograma de montagem	Cronograma de montagem da EM, datas marco, horários	Cronograma geral da obra, efetivo necessário

Tabela de reações	Locações e reações (cargas)	Sobrecargas, dados do local, definição tipo de telha, carregamentos (forro, instalações) <i>OBS: este é o primeiro dado a ser fornecido</i>
Memorial descritivo	Compilação e complementação de dados constantes nos desenhos	Dados resultantes do projeto

PROJETO DE ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA		
Item de projeto	Conteúdo	Dados de entrada
Detalhamento das peças pré-fabricadas	Inserts, chumbadores em pilares, esperas para alvenaria.	Definição da posição de inserts, posições de chumbadores conf. projeto estrutura cobertura, esperas conforme paginação
Projeto de blocos de fundações	Formas e armaduras e níveis	Definição de níveis vigas fundação e interfaces com projetos de instalações (drenagem).
Projeto de vigas de fundações	Formas e armaduras	Projeto de fundações profundas. Se for fundação direta é preciso tensão admissível do solo e cota assentamento.
Projeto de lajes	identificação das peças, seqüência de montagem	Projeto de arquitetura, localização (influência ventos), definições necessidades passagens dos projetos de instalações (HD, EL, CL, etc), dados de acessibilidade ao canteiro
Projeto de pilares (por pav.)	identificação das peças, seqüência de montagem	Projeto de arquitetura, localização (influência ventos), definições necessidades passagens dos projetos de instalações (HD, EL, CL, etc).
Projeto de vigas	identificação das peças, seqüência de montagem	Projeto de arquitetura, localização (influência ventos), definições necessidades passagens dos projetos de instalações (HD, EL, CL, etc), dados de acessibilidade ao canteiro
Projeto de cortinas	Formas e armaduras	Sondagens e informação de cargas que serão transmitidas pelo terreno
Projeto de escadas	Formas e armaduras	Definições a partir dos projetos de arquitetura e saídas de emergência.
Projeto de reservatórios	Formas e armaduras	Dimensões.
Especificação do quantitativo e tipologias das peças pré-fabricadas	Nomenclatura, vãos, eixos, sobrecargas admissíveis.	Dados finais do projeto

PROJETO INSTALAÇÕES ELÉTRICAS		
Item de projeto	Conteúdo	Dados de entrada
Projeto de iluminação e tomadas	Distribuição da tubulação, layout de tomadas e iluminação, distribuição em circuitos, caminhos de eletrocalhas (quando instalações externas) e centros de distribuição.	Projeto de forros, layout mobiliário, níveis de iluminamento e relação de cargas.
Projeto de lógica (antenas e rede)	Distribuição da tubulação, layout de tomadas, distribuição de eletrocalhas.	Layout mobiliário, quantidade de pontos.
Projeto de telefonia ou dados e voz	Tubulação e pontos, distribuição de eletrocalhas.	Layout mobiliário, quantidade de pontos.

Projeto de coluna montante	Corte apresentando as derivações.	Projetos de arquitetura e estrutura.
Projeto de alimentadores de força ou distribuição e força (industrial)	Condutores por setores com encaminhamentos, tubulações e fiações com definição de circuitos.	Posições e potências de máquinas.
Projeto do QDF(Quadro de Distribuição de Força)	Diagrama unifilar de comando (tensão 220V/127V, 380V/220V)	Projeto elaborado - necessita circuitos projetados.
Projeto do QGBT (Quadro Geral de Baixa Tensão)	Proteções gerais	Projeto elaborado
Projeto de subestação de energia	Diagrama unifilar, planta baixa e legenda, cortes, planta baixa situação, localização	Carga necessária (obtida ao final do projeto)
Detalhe shaft vertical instalações elétricas	Representação do ponto de baixada das colunas	Projetos de arquitetura e estrutura.
Memorial técnico descritivo geral	Descrição do processo de instalação desde a subestação: características e técnicas de execução, especificações técnicas de quadros gerais e centros de distribuição.	Projeto elaborado
Memorial técnico descritivo subestação energia	Descrição do processo de instalação e dados complementares do projeto para aprovação junto à concessionária.	Projeto elaborado
Projeto de sistema de proteção atmosférica (SPDA)	Dependente da escolha do sistema em função do nível de proteção desejado (conforme norma).	Definição do nível de proteção desejado, conforme normalização.

PROJETO DE FLUÍDOS		
Item de projeto	Conteúdo	Dados de entrada
Rede de água fria	Projeto de reservatórios	Anteprojeto de arquitetura, finalidade de abastecimento (consumo)
	Projeto de tubulações	Layout de pontos (arquitetura), projeto de estrutura, pressão disponível e vazões de funcionamento
	Projeto de pontos de consumo	Layout de pontos (arquitetura), projeto de estrutura
	Projeto de recalque	Definições do projeto de reservatório (volume de abastecimento)
	Projeto de furações em pilares e vigas	Projetos de arquitetura, estrutura, instalações hidrosanitárias, elétricas e climatização ou definições de estrutura e passagens de instalações.
Esgoto Sanitário	Projeto de pontos de captação	Projetos de arquitetura e rede de drenagem existente
	Projeto de estação de tratamento	Projeto de arquitetura (definição volume esgoto), atendimento à legislação ambiental
Rede de água quente	Projeto de tubulações	Layout de pontos (arquitetura), projeto de estrutura, pressão disponível e vazões de funcionamento, definição da demanda
	Projeto de pontos de consumo	Layout de pontos (arquitetura), projeto de estrutura

	Projeto de recalque	Definições do projeto de reservatório (volume de abastecimento)
	Projeto de furações em pilares e vigas	Projetos de arquitetura, estrutura, instalações hidrosanitárias, elétricas e climatização ou definições de estrutura e passagens de instalações.
Rede Pluvial	Projeto de captação de águas da cobertura	Área de contribuição,
	Projeto de tubulação de queda	Área da cobertura, dimensionamento das seções de descida, especificação tipos de tubos, projetos de arquitetura, estrutura e cobertura
	Projeto de drenagem superficial	Definição de tipos de piso (projeto de arquitetura), projeto de climatização (drenagem).
	Projeto de drenagem de águas de infiltração	Definição de tipos de piso (projeto de arquitetura), projeto as built (para redes existentes)
Atendimento a Ar Condicionado	Projeto de reservatórios	Considerados no projeto de instalações de água fria
	Projeto de bombas	Demanda do projeto de climatização
	Projeto de tubulação	Demanda e anteprojeto do projeto de climatização para compatibilizações
Gases	Projeto de Central de gás (compartimentada, estacionária ou encanada)	GN: pressão existente, pontos de consumo
	Projeto de tubulações até pontos de consumo	Projeto as built (pré-existência) ou definição caminho

PROJETO DE INSTALAÇÕES DE CLIMATIZAÇÃO E VENTILAÇÃO		
Item de projeto	Conteúdo	Dados de entrada
Locação de máquinas externas	Posicionamento, dimensões, peso, vazões de ar e água, ponto de força	Projeto de arquitetura, projeto iluminação, projeto estrutura (vigas)
Locação de máquinas internas	Posicionamento, dimensões, peso, vazões de ar e água, ponto de força	Projeto de arquitetura, projeto iluminação, projeto estrutura (vigas)
Projeto de tubulações (dutos)	Traçado de dutos, forma e tipo de isolamento de dutos, vazão de ar, furação de vigas,	Projeto de arquitetura, projeto iluminação, projeto estrutura (vigas), requisitos de estética
Projeto de tubulações entre máquinas (gás refrigerante e/ou água gelada)	Informação de bitolas, vazão de água	Projeto de arquitetura, projeto iluminação, projeto estrutura (vigas), requisitos de estética
Definição de pontos externos de força	Informação de necessidades de força	Tensão de trabalho,
Definição de pontos internos de força	Informação de necessidades de força	Tensão de trabalho,
Projeto de drenos	Lançamento dos pontos de drenagem necessários	Projeto de arquitetura
Projeto de carga térmica	Informado através dos aparelhos especificados	Requisitos de climatização
Definição de furações em pilares e vigas	Informação em planta lançada sobre projeto de estrutura	Projeto de tubulações

<b>PROJETO DE PROTEÇÃO E PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIOS - PPCI</b>		
<b>Item de projeto</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Dados de entrada</b>
Projeto de alarme de incêndio	Planta representando instalação do alarme de incêndio.	Projeto de arquitetura
Projeto de extintores	Planta representando localizações e especificações de extintores.	Projeto de arquitetura
Projeto de iluminação de emergência	Planta representando localizações e especificações de iluminação de emergência.	Projeto de arquitetura
Projeto de hidrantes de combate a incêndios	Volume do reservatório, pontos de hidrante, casa de bombas	Projeto de arquitetura, tipo de edificação (uso, risco).
Projeto de saídas de emergência	Planta representando dimensões das saídas de emergência, conforme uso e população e risco	Projeto de arquitetura
Memorial técnico descritivo	Informações não constantes em desenho, memoriais para os sistemas adotados	Dados finais do projeto



ANEXO B – Planilha eletrônica – plano de curto prazo de projeto.

Projeto: <b>FM 101-05</b> 26/6/2003		Período 1		Datas =		FM 101-05	
Gerente de contratos:		30/10/2003 à 26/11/2003		26/11/2003		26/6/2003	
Engenheiro chefe:		PPC %		Início		1ª Semana	
Coordenação de projetos:		Semana 1		Semana 2		Semana 3	
		Semana 4		Semana 5		Semana 6	
		Semana 7		Semana 8		Semana 9	
		Semana 10		Semana 11		Semana 12	
		Semana 13		Semana 14		Semana 15	
		Semana 16		Semana 17		Semana 18	
		Semana 19		Semana 20		Semana 21	
		Semana 22		Semana 23		Semana 24	
		Semana 25		Semana 26		Semana 27	
		Semana 28		Semana 29		Semana 30	
		Semana 31		Semana 32		Semana 33	
		Semana 34		Semana 35		Semana 36	
		Semana 37		Semana 38		Semana 39	
		Semana 40		Semana 41		Semana 42	
		Semana 43		Semana 44		Semana 45	
		Semana 46		Semana 47		Semana 48	
		Semana 49		Semana 50		Semana 51	
		Semana 52		Semana 53		Semana 54	
		Semana 55		Semana 56		Semana 57	
		Semana 58		Semana 59		Semana 60	
		Semana 61		Semana 62		Semana 63	
		Semana 64		Semana 65		Semana 66	
		Semana 67		Semana 68		Semana 69	
		Semana 70		Semana 71		Semana 72	
		Semana 73		Semana 74		Semana 75	
		Semana 76		Semana 77		Semana 78	
		Semana 79		Semana 80		Semana 81	
		Semana 82		Semana 83		Semana 84	
		Semana 85		Semana 86		Semana 87	
		Semana 88		Semana 89		Semana 90	
		Semana 91		Semana 92		Semana 93	
		Semana 94		Semana 95		Semana 96	
		Semana 97		Semana 98		Semana 99	
		Semana 100		Semana 101		Semana 102	
		Semana 103		Semana 104		Semana 105	
		Semana 106		Semana 107		Semana 108	
		Semana 109		Semana 110		Semana 111	
		Semana 112		Semana 113		Semana 114	
		Semana 115		Semana 116		Semana 117	
		Semana 118		Semana 119		Semana 120	
		Semana 121		Semana 122		Semana 123	
		Semana 124		Semana 125		Semana 126	
		Semana 127		Semana 128		Semana 129	
		Semana 130		Semana 131		Semana 132	
		Semana 133		Semana 134		Semana 135	
		Semana 136		Semana 137		Semana 138	
		Semana 139		Semana 140		Semana 141	
		Semana 142		Semana 143		Semana 144	
		Semana 145		Semana 146		Semana 147	
		Semana 148		Semana 149		Semana 150	
		Semana 151		Semana 152		Semana 153	
		Semana 154		Semana 155		Semana 156	
		Semana 157		Semana 158		Semana 159	
		Semana 160		Semana 161		Semana 162	
		Semana 163		Semana 164		Semana 165	
		Semana 166		Semana 167		Semana 168	
		Semana 169		Semana 170		Semana 171	
		Semana 172		Semana 173		Semana 174	
		Semana 175		Semana 176		Semana 177	
		Semana 178		Semana 179		Semana 180	
		Semana 181		Semana 182		Semana 183	
		Semana 184		Semana 185		Semana 186	
		Semana 187		Semana 188		Semana 189	
		Semana 190		Semana 191		Semana 192	
		Semana 193		Semana 194		Semana 195	
		Semana 196		Semana 197		Semana 198	
		Semana 199		Semana 200		Semana 201	
		Semana 202		Semana 203		Semana 204	
		Semana 205		Semana 206		Semana 207	
		Semana 208		Semana 209		Semana 210	
		Semana 211		Semana 212		Semana 213	
		Semana 214		Semana 215		Semana 216	
		Semana 217		Semana 218		Semana 219	
		Semana 220		Semana 221		Semana 222	
		Semana 223		Semana 224		Semana 225	
		Semana 226		Semana 227		Semana 228	
		Semana 229		Semana 230		Semana 231	
		Semana 232		Semana 233		Semana 234	
		Semana 235		Semana 236		Semana 237	
		Semana 238		Semana 239		Semana 240	
		Semana 241		Semana 242		Semana 243	
		Semana 244		Semana 245		Semana 246	
		Semana 247		Semana 248		Semana 249	
		Semana 250		Semana 251		Semana 252	
		Semana 253		Semana 254		Semana 255	
		Semana 256		Semana 257		Semana 258	
		Semana 259		Semana 260		Semana 261	
		Semana 262		Semana 263		Semana 264	
		Semana 265		Semana 266		Semana 267	
		Semana 268		Semana 269		Semana 270	
		Semana 271		Semana 272		Semana 273	
		Semana 274		Semana 275		Semana 276	
		Semana 277		Semana 278		Semana 279	
		Semana 280		Semana 281		Semana 282	
		Semana 283		Semana 284		Semana 285	
		Semana 286		Semana 287		Semana 288	
		Semana 289		Semana 290		Semana 291	
		Semana 292		Semana 293		Semana 294	
		Semana 295		Semana 296		Semana 297	
		Semana 298		Semana 299		Semana 300	
		Semana 301		Semana 302		Semana 303	
		Semana 304		Semana 305		Semana 306	
		Semana 307		Semana 308		Semana 309	
		Semana 310		Semana 311		Semana 312	
		Semana 313		Semana 314		Semana 315	
		Semana 316		Semana 317		Semana 318	
		Semana 319		Semana 320		Semana 321	
		Semana 322		Semana 323		Semana 324	
		Semana 325		Semana 326		Semana 327	
		Semana 328		Semana 329		Semana 330	
		Semana 331		Semana 332		Semana 333	
		Semana 334		Semana 335		Semana 336	
		Semana 337		Semana 338		Semana 339	
		Semana 340		Semana 341		Semana 342	
		Semana 343		Semana 344		Semana 345	
		Semana 346		Semana 347		Semana 348	
		Semana 349		Semana 350		Semana 351	
		Semana 352		Semana 353		Semana 354	
		Semana 355		Semana 356		Semana 357	
		Semana 358		Semana 359		Semana 360	
		Semana 361		Semana 362		Semana 363	
		Semana 364		Semana 365		Semana 366	
		Semana 367		Semana 368		Semana 369	
		Semana 370		Semana 371		Semana 372	
		Semana 373		Semana 374		Semana 375	
		Semana 376		Semana 377		Semana 378	
		Semana 379		Semana 380		Semana 381	
		Semana 382		Semana 383		Semana 384	
		Semana 385		Semana 386		Semana 387	
		Semana 388		Semana 389		Semana 390	
		Semana 391		Semana 392		Semana 393	
		Semana 394		Semana 395		Semana 396	
		Semana 397		Semana 398		Semana 399	
		Semana 400		Semana 401		Semana 402	
		Semana 403		Semana 404		Semana 405	
		Semana 406		Semana 407		Semana 408	
		Semana 409		Semana 410		Semana 411	
		Semana 412		Semana 413		Semana 414	
		Semana 415		Semana 416		Semana 417	
		Semana 418		Semana 419		Semana 420	
		Semana 421		Semana 422		Semana 423	
		Semana 424		Semana 425		Semana 426	
		Semana 427		Semana 428		Semana 429	
		Semana 430		Semana 431		Semana 432	
		Semana 433		Semana 434		Semana 435	
		Semana 436		Semana 437		Semana 438	
		Semana 439		Semana 440		Semana 441	
		Semana 442		Semana 443		Semana 444	
		Semana 445		Semana 446		Semana 447	
		Semana 448		Semana 449		Semana 450	
		Semana 451		Semana 452		Semana 453	
		Semana 454		Semana 455		Semana 456	
		Semana 457		Semana 458		Semana 459	
		Semana 460		Semana 461		Semana 462	
		Semana 463		Semana 464		Semana 465	
		Semana 466		Semana 467		Semana 468	
		Semana 469		Semana 470		Semana 471	
		Semana 472		Semana 473		Semana 474	
		Semana 475		Semana 476		Semana 477	
		Semana 478		Semana 479		Semana 480	
		Semana 481		Semana 482		Semana 483	
		Semana 484		Semana 485		Semana 486	
		Semana 487		Semana 488		Semana 489	
		Semana 490		Semana 491		Semana 492	
		Semana 493		Semana 494		Semana 495	
		Semana 496		Semana 497		Semana 498	
		Semana 499		Semana 500		Semana 501	
		Semana 502		Semana 503		Semana 504	
		Semana 505		Semana 506		Semana 507	
		Semana 508		Semana 509		Semana 510	
		Semana 511		Semana 512		Semana 513	
		Semana 514		Semana 515		Semana 516	
		Semana 517		Semana 518		Semana 519	
		Semana 520		Semana 521		Semana 522	
		Semana 523		Semana 524		Semana 525	
		Semana 526		Semana 527		Semana 528	
		Semana 529		Semana 530		Semana 531	
		Semana 532		Semana 533		Semana 534	
		Semana 535		Semana 536		Semana 537	
		Semana 538		Semana 539		Semana 540	
		Semana 541		Semana 542		Semana 543	
		Semana 544		Semana 545		Semana 546	
		Semana 547		Semana 548		Semana 549	
		Semana 550		Semana 551		Semana 552	
		Semana 553		Semana 554		Semana 555	
		Semana 556		Semana 557		Semana 558	
		Semana 559		Semana 560		Semana 561	
		Semana 562		Semana 563		Semana 564	
		Semana 565		Semana 566		Semana 567	
		Semana 568		Semana 569		Semana 570	
		Semana 571		Semana 572		Semana 573	
		Semana 574		Semana 575		Semana 576	
		Semana 577		Semana 578		Semana 579	
		Semana 580		Semana 581		Semana 582	
		Semana 583		Semana 584		Semana 585	
		Semana 586		Semana 587		Semana 588	
		Semana 589		Semana 590		Semana 591	
		Semana 592		Semana 593		Semana 594	
		Semana 595		Semana 596		Semana 597	
		Semana 598		Semana 599		Semana 600	
		Semana 601		Semana 602		Semana 603	
		Semana 604		Semana 605		Semana 606	





