

Antonio Carlos Peralta

**UM MODELO DO PROCESSO DE PROJETO DE
EDIFICAÇÕES, BASEADO NA ENGENHARIA
SIMULTÂNEA, EM EMPRESAS
CONSTRUTORAS INCORPORADORAS DE
PEQUENO PORTE.**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito parcial para obtenção do
título de Mestre em Engenharia de
Produção

Orientador: Prof. Dálvio Ferrari Tubino, Dr.

Florianópolis

2002

FICHA CATALOGRÁFICA

P246m Peralta, Antonio Carlos
Um Modelo do Processo de Projeto de Edificações, baseado na Engenharia simultânea, em Empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte. / Antonio Carlos Peralta. – Florianópolis : [s.n.], 2002.
133f. : figs., tabs.

Orientador : Prof Dr. Dálvio Ferrari Tubino.

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

1. Projeto – Edificações – Gerenciamento. 2. Engenharia simultânea. 3. Construção Enxuta. 4. Matriz de estrutura de dependência. I. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. II. Título.

CDD 21.ed. 690.068
CIP-NBR 12899

ANTONIO CARLOS PERALTA

**UM MODELO DO PROCESSO DE PROJETO DE
EDIFICAÇÕES, BASEADO NA ENGENHARIA
SIMULTÂNEA, EM EMPRESAS
CONSTRUTORAS INCORPORADORAS DE
PEQUENO PORTE**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a
obtenção do título de **Mestre em Engenharia de
Produção** no **Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção** da
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 09 de Abril de 2002.

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dálvio Ferrari Tubino, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina
Orientador

Prof. Osmar Possamai, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Eduardo Jorge Castells, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

DEDICATÓRIA

A minha esposa Patrícia, e
aos meus filhos Érica e Arthur.

AGRADECIMENTOS

A realização deste estudo não seria possível sem a colaboração de um grande número de pessoas, as quais gostaria de expressar meus agradecimentos.

A Deus, que me deu o dom da vida e que me proporcionou coragem e determinação para enfrentar mais este desafio.

Ao Professor Orientador, Dr. Dálvio Ferrari Tubino, pela orientação e esforço para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu pai Antonio, minha mãe Mariana e as minhas irmãs Rosane, Regina e Rosely que desde a infância me ajudam na minha caminhada.

Ao professor Victor Juliano De Negri pelas constantes demonstrações de amizade.

Ao professor André Ogliari e aos colegas de mestrado pelo apoio recebido.

Aos amigos do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, pelos seus ensinamentos e estímulos recebidos.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

PERALTA, Antonio Carlos. **Um modelo do processo de projeto de edificações, baseado na engenharia simultânea, em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte.** 2002. 139p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

Com o advento do conceito de Construção Enxuta (*Lean Construction*), a Engenharia Simultânea tem sido objeto de estudos que consideram sua aplicabilidade na Construção Civil, com o propósito de promover mudanças no processo de desenvolvimento de projetos de edificações contribuindo para ganhos de qualidade e diminuição de custos e prazos de entrega.

Neste contexto, este estudo apresenta um modelo para o desenvolvimento de Projetos de Edificações baseado nos princípios da Engenharia Simultânea, utilizando a *Design Structure Matrix* como ferramenta de gerenciamento de projeto para a indústria da Construção Civil em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte.

Palavras-chave: Projeto, Engenharia Simultânea, Matriz da Estrutura de Dependência.

ABSTRACT

PERALTA, Antonio Carlos. **Um modelo do processo de projeto de edificações, baseado na engenharia simultânea, em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte.** 2002. 139p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

With the advent of the concept of Lean Construction, Concurrent Engineering has been the object of studies regarding its applicability in Civil Construction, with the purpose of promoting change in project development process in order to eliminate value losses which stem mainly from flaws in considering the user's needs and interaction in the work's project.

In this context, this study presents a model for the development of Buildings Projects based on the principles of the Concurrent Engineering using to Design Structure Matrix as instrument of project management for small sized building companies.

Key-words: Design, Concurrent Engineering, Design Structure Matrix.

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	13
LISTA DE QUADROS	14
LISTA DE SIGLAS.	15
1. INTRODUÇÃO	16
1.1 Origem do Trabalho	16
1.2 Importância do Trabalho - Justificativa	18
1.3 Objetivos	20
1.3.1 Objetivo Geral	20
1.3.2 Objetivos Específicos	20
1.4 Limitações do Trabalho	21
1.5 Estrutura do Trabalho.....	21
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 Definições de Projeto	23
2.2 O Papel do Projeto – A Importância do Projeto.....	26
2.3 O Novo Paradigma da Produção.....	31
2.3.1 O Projeto como Conversão	31
2.3.2 O Projeto como Fluxo.....	33
2.3.3 O Projeto como Gerador de Valor	35
2.3.4 O Projeto nas três abordagens: Conversão, Fluxo e Gerador de Valor	36
2.4 A Engenharia Simultânea.....	38

2.4.1 A Utilização do CAD na Engenharia Simultânea.....	42
2.4.2 O Projeto para a Produção.....	46
2.4.3 O Conceito de Construtibilidade.....	47
2.4.4 O Conceito de Racionalização.....	48
2.5 Planejamento do Processo de Projeto.....	49
2.5.1 Os Agentes do Processo de Projeto.....	50
2.5.2 Gerenciamento, Coordenação e Compatibilização.....	52
2.6 As Etapas do Processo de Projeto.....	54
2.6.1 Project Management Institute.....	54
2.6.2 Programa de Gestão da Qualidade no Desenvolvimento do Projeto.....	56
2.6.3 Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura.....	57
2.6.4 Considerações sobre os modelos do processo de projeto.....	59
2.7 Estrutura do Desdobramento do Trabalho - EDT.....	60
2.7.1 Elaboração da EDT.....	62
2.8 Design Structure Matrix.....	65
2.8.1 Características Gerais dos Modelos de DSM.....	69
2.9 Considerações.....	72
3. METODOLOGIA.....	76
3.1 Metodologia Escolhida.....	76
3.2 Caracterização Geral das Empresas Envolvidas.....	79
3.3 Descrição dos Instrumentos e Procedimentos.....	80
3.4 Considerações.....	82
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	84
4.1 Introdução.....	84
4.2 Estrutura do Desdobramento do Trabalho das Fases de Projeto.....	85

4.2.1 Planejamento Estratégico.....	87
4.2.2 Planejamento e Concepção do Empreendimento	89
4.2.3 Estudo Preliminar	89
4.2.4 Anteprojeto	90
4.2.5 Projeto Legal de Prefeitura.....	91
4.2.6 Projeto Executivo	92
4.2.7 Acompanhamento da Obra	93
4.2.8 Acompanhamento de Uso	94
4.3 O Processo de Projeto nas Empresas Pesquisadas	94
4.4 Aplicação da DSM no Processo de Projeto.....	103
4.4.1 DSM Projeto Informacional.....	104
4.5 Proposição para o Plano do Processo de Projeto de Edificações.....	114
4.6 Considerações	120
5. CONCLUSÃO.....	122
5.1 Conclusões.....	122
5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros	125
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
ANEXOS	134

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício	28
Figura 2.2: Gráfico que relaciona o tempo de desenvolvimento de um empreendimento e o custo mensal das atividades, com idéia de um maior investimento na fase de projeto.....	29
Figura 2.3: O projeto como conversão	32
Figura 2.4: O projeto como fluxo	33
Figura 2.5: O projeto como gerador de valor.....	36
Figura 2.6: Diversidade dos softwares mais usados no desenvolvimento de projetos de engenharia e arquitetura.....	43
Figura 2.7: Estágios de evolução dos sistemas CAD.....	44
Figura 2.8: Estruturação da equipe multidisciplinar de projeto.....	51
Figura 2.9: Ciclo de vida de um projeto de construção	55
Figura 2.10: Convenções e representações utilizadas nas matrizes DSM.....	68
Figura 2.11: Programa de integração de processos de projeto e execução de obras.....	71
Figura 2.12: Efeito da reordenação no processo de construção	73
Figura 4.1: Fases do plano do processo de projeto adotado pelas empresas	98
Figura 4.2: Plano do processo de projeto adotado pelas empresas – fase Projeto Informacional.....	99
Figura 4.3: Plano do processo de projeto adotado pelas empresas – fase de concepção do projeto.....	100
Figura 4.4: Plano do processo de projeto adotado pelas empresas – fase de	

projeto executivo	101
Figura 4.5: Tipos de dependências na aplicação da DSM	105
Figura 4.6: Plano do processo de projeto de edificações proposto	114
Figura 4.7: Plano do processo de projeto – Projeto Informacional	115
Figura 4.8: Plano do processo de projeto – Projeto Concepção	116
Figura 4.9: Plano do processo de projeto – Fase projeto executivo.....	117
Figura 4.10: Comparação do Ciclo de Vida das fase do Plano de Processo de Projeto de Edificações	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Fases do processo de projeto de edificações	87
Tabela 4.2: Atividades da fase planejamento estratégico	88
Tabela 4.3: Atividades fase planejamento e concepção do empreendimento.....	89
Tabela 4.4: Atividades da fase estudo preliminar.....	90
Tabela 4.5: Atividades da fase anteprojeto	91
Tabela 4.6: Atividades da fase projeto legal de prefeitura.....	91
Tabela 4.7: Atividades da fase projeto executivo	92
Tabela 4.8: Atividades da fase acompanhamento da obra	93
Tabela 4.9: Atividades da fase acompanhamento de uso.....	94
Tabela 4.10: DSM - Projeto Informacional – Lista das atividades e Relação de dependências – Entrada de dados	109
Tabela 4.11: DSM - Projeto Informacional – AEAP – Início das atividades mais cedo	110
Tabela 4.12: DSM - Projeto Informacional – ALAP – Início das atividades mais tarde.....	111
Tabela 4.13: DSM - Projeto Informacional – AEAP Colapso – Início das atividades mais cedo	112
Tabela 4.14: DSM Projeto Informacional – ALAP Colapso – Início das atividades mais tarde	113

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Comparação entre o modelo de conversão, fluxo e geração de valor, adaptado de Koskela e Huovila.....	37
Quadro 2.2: Forma de apresentação da EDT como tabela.....	61
Quadro 2.3: Níveis de desdobramento do trabalho.....	62
Quadro 2.4: Tipos de dados que podem ser representados na DSM	67

LISTA DE SIGLAS

ADM – *Arrow Diagramming Method*

AEAP – *As-Early-As-Possible* – a tarefa começa o mais cedo possível

ALAP – *As-Late-As-Possible* – a tarefa começa o mais tarde possível

AON – *Activity-On-Node*, Método do Diagrama de Precedência

AOA – *Activity-On-Arrow*, Método de Diagrama de Setas;

AsBEA – Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura

CAD – *Computer Aided Design* – Projeto Assistido por Computador

CPM – *Critical Path Method*, Método do Caminho Crítico;

CTE – Centro de Tecnologia de Edificações

DSM – *Design Structure Matrix*

EDT – Estrutura do Desdobramento do Trabalho

ES – Engenharia Simultânea

GERT – *Graphical Evaluation and Review Technique*

JIT – *Just in Time*

MED – Matriz da Estrutura de Dependência

MEP – *Dependency Structure Matrix*

MIT – *Massachusetts Institute of Technology*

PDM – *Precedence Diagramming Method*

PERT – *Program Evaluation and Review Technique*

PMI – *Project Management Institute*

QFD – *Quality Function Deployment* – Desdobramento da Função Qualidade

TQM – *Total Quality Management*

WBS – *Work Breakdown Structure*

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

1.1 Origem do Trabalho

A construção civil brasileira é uma das mais importantes indústrias da economia nacional e apesar de sua relevância é considerada como um setor atrasado em relação a outros setores industriais. Este atraso se explica por suas características peculiares de organização e divisão do trabalho, processos de produção e características dos produtos que gera (CTE, 1997). Outros aspectos que permitem a constatação deste atraso são descritos por Formoso et al. (1993) como sendo o lento desenvolvimento tecnológico, a baixa eficiência produtiva, o baixo nível de qualidade do produto final, entre outros. Uma das conseqüências deste atraso na construção é o alto índice de desperdício, que resulta em custos adicionais não desejados, considerados como perdas, advindos de falhas do processo de projeto em decorrência de problemas na qualidade do mesmo (CORNICK; CAVALERA, 1991).

A distribuição das causas de falhas da construção em diversos países é muito semelhante (CAVALERA, 1991). No Brasil, algumas pesquisas informam que o desperdício na construção civil no Brasil está em torno de 35% a 40% do custo da obra. Dentre os vários fatores que contribuem para esse problema, 70% se referem à falta de projetos adequados, ocasionando erros e falhas, serviços desmanchados e refeitos, que geram entulho, desperdícios de mão-de-obra, materiais e tempo (CAMBIAGHI, 1992). Para Picchi (1993) “o projeto tem grande influência sobre os custos do edifício, através da grande possibilidade de alternativas, existentes nesta fase, onde poucas despesas foram realizadas: a medida que o empreendimento evolui, as possibilidades de influência no custo final do empreendimento diminuem sensivelmente”.

A qualidade de projeto é considerada, assim, um dos componentes mais importantes da qualidade do empreendimento, pois através desta são definidas as

características do produto que vão determinar o grau de satisfação das expectativas dos clientes (PICCHI; SOUZA, 1993, 1997). A solução de projeto tem um forte impacto com relação à eficiência no processo de produção da obra, pois define elementos que determinam a maior ou menor facilidade de construir, afetando assim os custos do empreendimento (SOUZA; MELHADO, 1997, 1994).

No setor da construção de edifícios, várias mudanças ocorreram nos últimos anos, exigindo das empresas procedimentos de gestão rigorosamente associados à qualidade e produtividade. Estas mudanças envolvem essencialmente o advento da globalização, aumento da competitividade, maior exigência dos clientes/usuários, desenvolvimentos tecnológicos, inovações por parte da indústria de materiais e componentes, mudança da cultura no setor, etc.

Na maioria das práticas de desenvolvimento de projetos na construção de edifícios ocorre a falta de sistematização e racionalização decorrentes de problemas amplamente conhecidos e comuns: falta de um projeto voltado à produção, normas e critérios desajustados da realidade, ausência de critérios de coordenação, entre outros. Como consequência, a desorganização da atividade de projeto constitui uma forma de bloqueio à inovação tecnológica e à racionalização progressiva do processo de produção como um todo.

A aplicação dos conceitos e metodologias da gestão da produção tem mostrado caminhos novos e promissores quanto a sua aplicação no setor da construção civil. Vários trabalhos acadêmicos e iniciativas de empresas comprovam que uma nova maneira de pensar a construção vem revolucionando o setor, com resultados bastante otimistas para o alcance de maior competitividade, que levam ao despertar para a cultura da qualidade, produtividade e maior preocupação com o cliente.

Dentro deste contexto e buscando a aplicação específica e inovadora surge a seguinte questão de pesquisa que norteará este trabalho: *É possível a redução de custos, prazos e a melhoria da qualidade com a aplicação dos princípios da Engenharia Simultânea no processo de desenvolvimento de projetos de edificações em empresas construtoras e incorporadoras de pequeno porte?*

A partir do levantamento desta questão, pode-se listar as suposições que servirão de base para o encaminhamento da pesquisa como:

- **Suposição Básica:** a aplicação dos princípios da Engenharia Simultânea e de metodologias e ferramentas de gestão de projetos tornam possível a redução de custos, prazos e melhoria da qualidade no processo de desenvolvimento de projetos de edificações.

- **Suposições Secundárias:**
 - A maioria das empresas construtoras e incorporadoras desconhecem metodologias e ferramentas de gestão de projetos;

 - A ênfase do trabalho no desenvolvimento do projeto nessas empresas é baseada nas atividades e não no processo do projeto.

1.2 Importância do Trabalho - Justificativa

O processo de projeto pode ser considerado como um dos “gargalos” na construção civil. É durante esta fase que as principais decisões são tomadas em relação à forma, tamanho, tipo de construção, bem como custos e tempos de construção. Além disso, Souza (1997) destaca que as soluções de projeto têm amplas repercussões em todo o processo de construção e na qualidade do produto final a ser entregue ao cliente.

Assim sendo, a qualidade do projeto, além de influenciar a eficiência da obra, é fator determinante na decisão de compra do cliente, e portanto, a concepção e desenvolvimento do produto devem ser baseados na identificação das necessidades dos clientes em termos de desempenho e custo.

O fator custo é importante. A diminuição das margens de lucro imposta pelo mercado e a dificuldade em aumentar o preço dos imóveis impõem às empresas a

diminuição dos custos de produção. E neste ponto, as decisões de projeto repercutem sobre a produtividade (associada à definição dos tipos e número de operações, condições de transporte e circulação no canteiro de obras, habilidade requerida da mão-de-obra, etc.), sobre os custos de execução e sobre os custos ao longo da vida útil do edifício. Para Souza (1997), na fase de projeto o empreendedor tem elevada capacidade de intervir sobre os custos totais do empreendimento. Qualquer ação que se pretenda desenvolver para reduzir os custos unitários de produção em que a empresa trabalha, deverá estar fundamentada em ações de desenvolvimento do projeto com este objetivo.

A reestruturação dos meios de produção de edifícios, o aparecimento de novas tecnologias e materiais, permite cada vez mais a visão da construção civil como um processo de montagem. Hoje já é tecnologicamente possível executar obras neste nível, as chamadas construções “secas”, sem falar nos diversos conceitos de gestão da produção em efetiva disseminação, como o conceito de “construção enxuta” ou *lean construction*, que agrega conhecimentos de várias teorias e técnicas gerenciais: *just in time*, *TQM*, *benchmarking*, reengenharia, manutenção produtiva total e engenharia simultânea.

A preocupação com a qualidade mostra que as novas tendências do setor apresentam potencial para a prática da gestão da qualidade baseada nas práticas adotadas pela indústria de manufatura. A utilização dos princípios desta prática e a adoção de ações visando a gestão da qualidade eliminam retrabalhos e melhoram a eficácia do processo no seu sentido mais amplo, de forma que os requisitos da competição e melhoramento contínuo da qualidade dos produtos se tornam realidade.

É claro que ressalvas devem ser feitas. As peculiaridades da construção civil são muitas, e geralmente aparecem como inibidoras de progressos tecnológicos. É preciso saber analisar e adaptar essas metodologias e ferramentas, o que abre um enorme campo de possibilidades para pesquisa.

O modelo do processo de projeto consiste de um plano geral para o seu

desenvolvimento, no qual são definidas as principais atividades que devem ser desenvolvidas, suas relações de precedência, os papéis e responsabilidades dos intervenientes do processo, o fluxo principal de informações e instrumentos de retroalimentação dentro do processo e também para futuros empreendimentos.

Não se admite minimizar a importância de uma boa metodologia. Além de melhorar o desempenho durante a execução do projeto criará condições para aumentar a confiança dos clientes e, assim aperfeiçoar o relacionamento com eles.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral:

Elaborar um modelo baseado nos princípios da engenharia simultânea do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte.

1.3.2 Objetivos Específicos:

Para poder atingir o objetivo geral, o trabalho apresenta uma série de objetivos específicos que podem ser listados como:

- Determinar os principais elementos constituintes do processo de projeto de edificações;
- Estabelecer a integração dos intervenientes do processo reduzindo a falta de visão sistêmica do processo de projeto de edificações;
- Identificar ferramentas e diretrizes para a modelagem do processo de projeto, que permitam representar os subprocessos envolvidos;

- Definir o conteúdo básico do modelo do processo de projeto, incluindo a definição das principais atividades a serem desenvolvidas.

1.4 Limitações do Trabalho

A principal delimitação deste trabalho é que os elementos básicos e diretrizes para o desenvolvimento do modelo do processo de projeto enfatizam o processo conforme ocorre nas empresas construtoras incorporadoras entrevistadas. Ainda, os modelos dos estudos são direcionados ao desenvolvimento de projetos e empreendimentos usuais, sendo edifícios residenciais e/ou comerciais.

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho é desenvolvido ao longo de cinco capítulos. O capítulo 1 é composto por esta introdução, contendo a origem do trabalho, sua justificativa, seus objetivos e limitações e a estrutura adotada.

O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica utilizada neste trabalho, descrevendo os principais conceitos acerca dos temas de definição de projeto, Engenharia Simultânea, os Princípios da Nova Filosofia da Produção, Construtibilidade, Racionalização e da *Design Structure Matrix*. Além disto, são apresentados a descrição de alguns modelos de processo de projeto identificados na bibliografia. A partir destes modelos e sistemas foram estabelecidas diretrizes para o desenvolvimento do modelo do processo.

O Capítulo 3 descreve a metodologia de pesquisa deste trabalho, sendo descritos os passos realizados durante a execução dessa pesquisa.

O Capítulo 4 apresenta e analisa os dados coletados junto às empresas pesquisadas, sob a ótica das suposições iniciais de pesquisa, apresentadas no terceiro capítulo deste trabalho, e das suposições feitas por cada autor adotado no

estudo, descritas ao longo do segundo capítulo.

Finalmente, o Capítulo 5 apresenta as conclusões deste trabalho e sugestões para futuras pesquisas.

CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Definições de Projeto

O termo projeto tem sido utilizado em um grande número de contextos e em cada um destes o processo de projeto tem sua conotação própria, havendo, porém, o objetivo comum de criação de objetos ou lugares que tenham um propósito prático e que sejam observáveis e utilizáveis. Assim sendo, o ato de projetar pode ser descrito como a produção de uma solução (ênfase no produto) e, também, como a resolução de problemas (ênfase no processo) (LAWSON, 1980). Diversos autores descrevem o termo projeto de diferentes formas em função dos vários contextos e tipos de projeto existentes. Quando se trata de projeto de edificações, os conceitos reportados na bibliografia também diferem em decorrência da forma de análise adotada por cada autor.

Gray et al. (1994) definem o projeto como uma forma de expressão pessoal e também uma forma de arte. Os autores consideram que o projeto é uma resposta aos requisitos do cliente, que requer criatividade e originalidade para seu desenvolvimento. Assim, definem o projeto como uma solução criativa e eficiente para um problema.

Para Ferreira (1988), Projeto consiste de um plano para a realização de uma intenção. Representação gráfica e escrita com relação de materiais de uma obra que se vai realizar. Projeto padronizado que deve ser seguido em diversas obras da mesma natureza.

Dinsmore (1992) define Projeto como um empreendimento com começo e fim definidos, dirigido por pessoas, para cumprir metas estabelecidas dentro de parâmetros de custo, tempo e qualidade.

Valeriano (1998) define projeto como um conjunto de ações executadas, de

forma coordenada, por uma organização transitória, à qual são alocados insumos, sob a forma de recursos (humanos, financeiros, materiais, etc.) e serviços (gerenciamento, compras, transporte, etc.) para em um dado prazo alcançar um objetivo determinado.

Para Valeriano (1998), projeto de engenharia consiste na elaboração e consolidação de informações destinadas à execução de uma obra ou à fabricação de um produto ou ainda ao fornecimento de um serviço ou execução de um processo.

A Associação Brasileira de Escritório de Arquitetura (ASBEA, 1992) define que “a palavra projeto significa, genericamente, intento, desígnio, empreendimento e, em sua acepção técnica, um conjunto de ações caracterizadas e quantificadas, necessárias a concretização de um objetivo”.

Na NBR 5670 (ABNT, 1977), a palavra projeto significa:

Definição qualitativa e quantitativa dos atributos técnicos, econômicos e financeiros de um serviço ou obra de engenharia e arquitetura, com base em dados, elementos, informações, estudos, discriminações técnicas, cálculos, desenhos, normas, projeções e disposições especiais.

A NBR 13.531 (ABNT, 1995) define a elaboração de projeto de edificação como:

Determinação e representação prévias dos atributos funcionais, formais e técnicos de elementos de edificação a construir, a pré-fabricar, a montar, a ampliar, (...), abrangendo os ambientes exteriores e interiores e projetos de elementos da edificação e das instalações prediais.

Para Leusin (1995), projeto é um conjunto de atividades não repetitivas, multidisciplinares, visando alcançar um objetivo final, com uso de recursos materiais e humanos, respeitando as condições de tempo, custo e qualidade.

Pomeranz (1988) define Projeto como “um conjunto sistemático de informações que serve de base para a tomada de decisões relativas à alocação de um certo montante de recursos”.

O termo projeto não possui um significado único, e é geralmente relacionado com o conjunto de planos, especificações e desenhos de engenharia. Esse conjunto é denominado de projeto de engenharia. É o que na linguagem inglesa chama-se *design* (CASAROTTO et al, 1999).

De acordo com os autores citados, pode-se depreender que um projeto é simplesmente um empreendimento organizado para alcançar um objetivo específico. Tecnicamente um projeto é definido como uma série de atividades ou de tarefas relacionadas que são, geralmente, direcionadas para uma saída principal e que necessitam um período de tempo significativo para a sua realização.

Embora os projetos sejam freqüentemente associados a um produto único, do tipo sob encomenda (*one-of-a-kind*), muitos deles podem ser repetidos ou transferidos para outros cenários ou produtos. O resultado será outra saída do projeto. Um construtor ou uma empresa que faz produtos de baixo volume como edificações, locomotivas ou geradores, pode considerar efetivamente tais produtos como projetos individuais.

Para Davis (2001) um projeto inicia como um escopo do projeto. A definição do escopo pode ser uma descrição escrita dos objetivos a serem alcançados, com uma breve declaração do trabalho a ser realizado e com uma programação proposta especificando datas de início e conclusão das etapas. Além disso, pode conter indicadores de desempenho em termos de orçamento e passos concluídos e os relatórios escritos a serem fornecidos.

Geralmente na construção civil o termo projeto é usado para referir-se ao projeto do produto, ou seja, os projetos arquitetônico, estrutural, de instalações, etc. As atividades de projeto também envolvem a elaboração de projetos para produção, uma etapa negligenciada do ciclo de produção de edificações.

Melhado (1994) define projeto para produção como:

... conjunto de elementos de projeto elaborados de forma simultânea ao

detalhamento do projeto executivo, para utilização no âmbito das atividades de produção da obra, contendo as definições de: disposição e seqüência das atividades de obra e frentes de serviço; uso de equipamentos; arranjo e evolução do canteiro; dentre outros itens vinculados às características e recursos próprios da empresa construtora.

Esta definição traz implícita idéia de simultaneidade entre projeto do produto e projeto da produção, mostrando que são inter-relacionados entre si, já que pequenas mudanças no projeto do produto podem acarretar transformações profundas no processo de produção e limitar as soluções técnicas dos projetistas do produto. A busca conjunta das necessidades relativas ao produto (edifício) e produção (o processo de execução) podem resultar em melhoria da qualidade e competitividade.

2.2 O Papel do Projeto – A Importância do Projeto

O projeto vem sofrendo uma evolução conceitual significativa, que não só amplia o seu escopo como reposiciona o seu papel no contexto do processo construtivo de edificações.

Nesse sentido, vários estudos e pesquisas têm sido realizados com intuito de modificar o conteúdo da atividade de projeto, introduzindo uma filosofia baseada em princípios fundamentados na produção e na nova filosofia da produção.

Segundo Leusin (1995) mudanças na metodologia de concepção do edifício podem induzir fortes ganhos de produtividade, passando o projeto a incorporar o processo de trabalho enquanto conhecimento técnico, o que exige uma estrutura organizacional.

A preocupação com o projeto tornou-se maior por ser a elaboração do projeto considerada uma das principais fontes de melhoria de desempenho do produto edificação, de diminuição de custos de produção, de diminuição de ocorrência de falhas tanto no produto quanto no processo e de otimização das atividades de

execução.

Com este enfoque, Franco (1992) considera o projeto como a fase onde as decisões tomadas “trazem maior repercussão nos custos, velocidade e qualidade dos empreendimentos”, além de ser origem da maioria dos problemas patológicos dos edifícios.

Barros & Dornelles (1991) também ressaltam a importância da tomada de decisões ainda na fase de projeto. O projeto de qualquer subsistema do edifício permite a definição adequada da produção ainda na fase de concepção do produto, facilitando e conduzindo a tomada de decisões subjetivas durante a etapa de execução por pessoas não qualificadas e não capacitadas para isso.

Os avanços concernentes ao desenvolvimento do projeto foram motivados por diversos fatores ambientais de mercado, na busca de uma maior excelência em custos, que pudessem tornar as empresas mais atrativas aos clientes, que por sua vez estão mais exigentes.

A indústria de produtos seriados percebeu mais cedo o papel fundamental do projeto e a influência deste na composição dos custos de seus produtos. Foi através destas experiências com aplicações inovadoras do projeto integrado à produção que começaram a ser implementadas as primeiras modificações na estrutura do processo de projeto, vinculando o projeto do edifício à sua execução, bem como mudanças na postura conservadora das empresas de construção civil.

Para Hammarlund & Josephson (1992) decisões para a redução de custos e de falhas na construção do edifício devem ser tomadas nas fases iniciais do empreendimento, conforme Figura 2.1.

Na observação da Figura 2.1, percebe-se a importância das fases iniciais do empreendimento, estudo de viabilidade, concepção do projeto e conclusão do projeto, em que, apesar do baixo investimento inicial de recursos há boa possibilidade de melhoria do processo e redução da incidência de falhas e

consequentemente redução de custos.

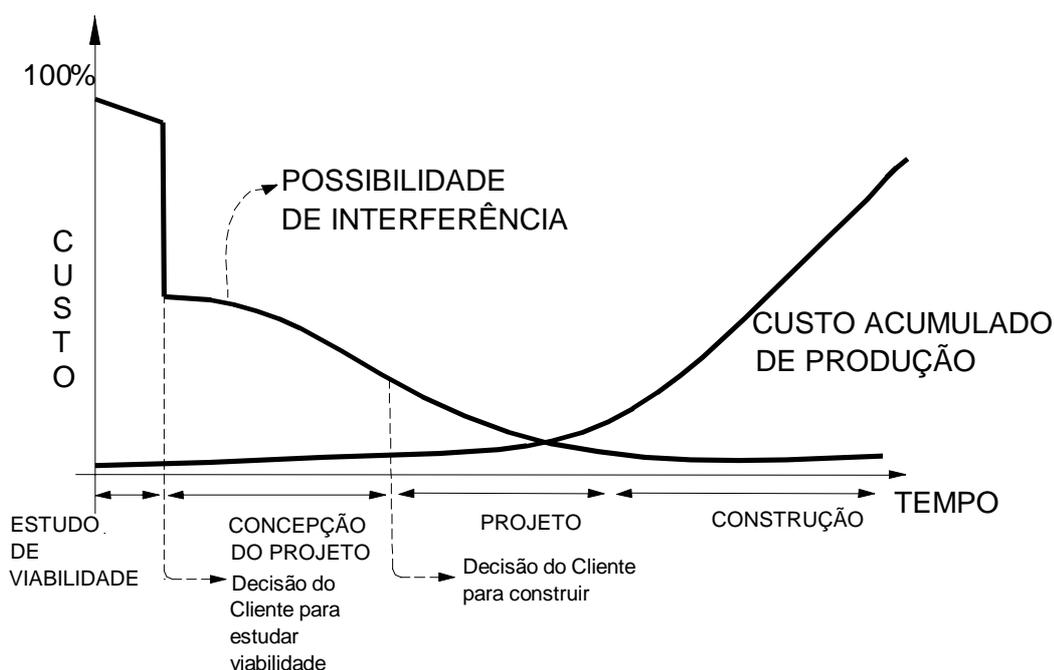


Figura 2.1 O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício.

Fonte: Hammarlund & Josephson (1992).

Barros (1996) esclarece que muitas vezes o empreendedor entende o projeto de um edifício como um ônus, encarado como uma despesa a ser minimizada o quanto for possível, já que não se tem inicialmente os recursos financeiros necessários e suficientes para executar o empreendimento, antes de aprovar o projeto junto aos órgãos competentes.

Segundo Melhado & Violani (1992):

Para obter-se sucesso em um empreendimento, o projeto não pode ser resumido à caracterização geométrica no papel da obra a ser construída. O projeto deve conceber, além do produto, o seu processo de produção; (...) deve assumir o encargo fundamental de agregar eficiência e qualidade ao produto.

Os autores citados (MELHADO & VIOLANI, 1992) acreditam que neste sentido o investimento em prazo e custo de projeto devem assumir um papel diferenciado do atual, ou seja, seria necessário um maior investimento inicial para permitir o maior

desenvolvimento do projeto, ainda que nesta fase houvesse acréscimo no custo inicial do empreendimento e, eventualmente, um tempo maior dedicado à sua elaboração. A idéia dos autores é exemplificada na Figura 2.2.

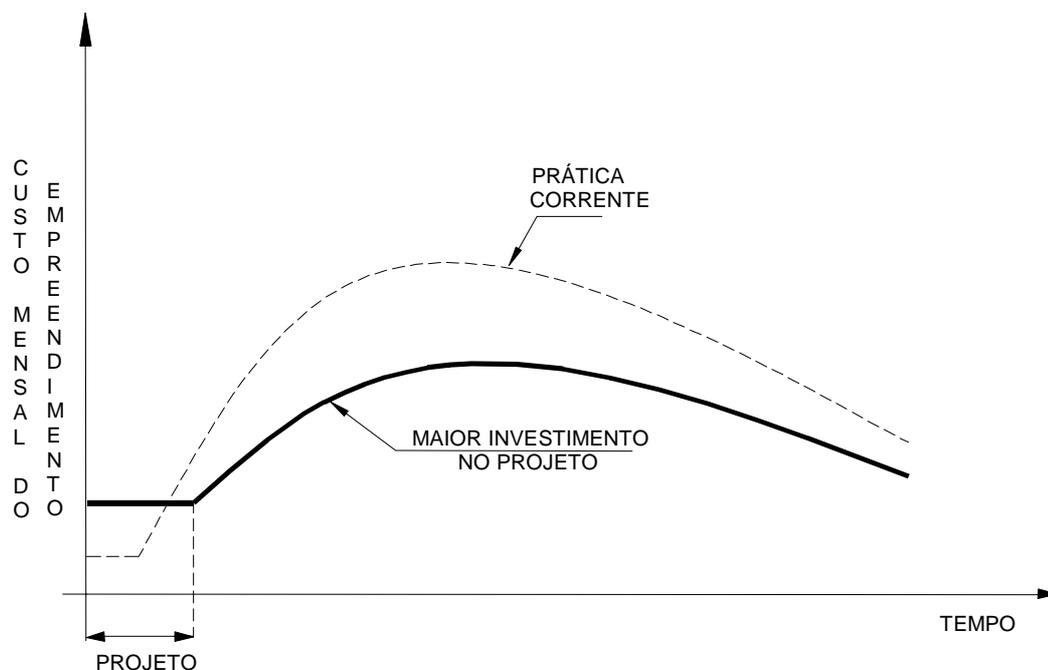


Figura 2.2 Gráfico que relaciona o tempo de desenvolvimento de um empreendimento e o custo mensal das atividades, com idéia de um maior “investimento” na fase de projeto.

Fonte: Barros & Melhado (1997).

Observando o gráfico proposto pelos autores (BARROS & MELHADO, 1997), é atribuído um tempo maior para as etapas e um acréscimo ao montante de recursos destinados às fases de projeto, o que pode ser questionado pelos empreendedores da construção civil, visto que no Brasil não existe a cultura de investimento nas fases iniciais de projeto. Entretanto, sabe-se que em países desenvolvidos o tempo destinado às fases de projeto chega a ser da mesma ordem de grandeza do tempo dedicado posteriormente à obra, procurando-se, com isto evitar as deficiências e os desperdícios comuns na fase de execução e obter um melhor desempenho do produto final.

Verifica-se entretanto, segundo Melhado & Violani (1992):

... uma freqüente dissociação entre a atividade de projeto e a de construção, sendo que o projeto geralmente é entendido como instrumento, comprimindo-se o seu prazo e o seu custo, merecendo um mínimo de aprofundamento e assumindo um conteúdo quase meramente legal, ao ponto de torná-lo simplesmente indicativo e postergando-se grande parte das decisões para a etapa da obra.

Nesse sentido, é necessária a implementação da etapa de projeto com investimentos de prazos e de recursos de modo a incorporar neste momento todas questões inerentes à fase de construção, minimizando improvisações em obra e assim parte da incerteza na execução da obra.

Neste contexto, para Melhado (1995) o projeto deve ser encarado como informação de natureza tecnológica (indicações de detalhes construtivos, locação de equipamentos, neste caso o produto projeto é evidenciado) ou de cunho gerencial (servindo como suporte ao planejamento e programação da obra, aparecendo o seu caráter processual).

Assim, a partir destas constatações, a Construção Civil passou a conhecer a filosofia de desenvolvimento de projetos utilizada nos segmentos automobilístico, eletro-eletrônico, entre outros, denominada *Concurrent Engineering*, ou Engenharia Simultânea (ES), que, segundo Koskela (1992), se insere dentro da nova filosofia da produção, a *Lean Production*, ou produção enxuta, que congrega várias ferramentas e técnicas gerenciais (*Just in Time, Total Quality Control, Benchmarking, Total Productive Maintenance*, etc.).

A incorporação ao projeto das etapas de execução é a idéia básica da filosofia da Engenharia Simultânea, e vem ganhando espaço dentro do setor da construção.

2.3 O Novo Paradigma da Produção

Os conceitos da Nova Filosofia da Produção, também chamada de Produção Enxuta, tem sua origem na síntese e na generalização de filosofias de abordagem parcial como o *Just in Time* (JIT) e o *Total Quality Management* (TQM). Estas filosofias apresentam um embasamento comum, entretanto possuem abordagens diferentes. O JIT enfatiza a eliminação de períodos de espera enquanto o TQM enfatiza a eliminação de erros e do retrabalho relacionado a estes, sendo que ambos aplicam estas diferentes ênfases a um fluxo de trabalho, materiais ou informações (KOSKELA & HUOVILA, 1997). A produção enxuta focaliza a melhoria da produtividade e a redução de custos através da diminuição de perdas, sendo estas de materiais, mão-de-obra, capital e equipamentos.

Koskela (1992) descreve que a filosofia de produção convencional baseia-se no modelo de conversão, segundo o qual os insumos (*input*) são transformados em um produto (*output*) através de um processo de conversão. Segundo este modelo, cada processo pode ser dividido em subprocessos, que também são considerados conversões. Este modelo desconsidera os fluxos físicos entre as conversões, que são as atividades de movimento, armazenamento e inspeção. Apesar de não agregarem valor ao produto final sob o ponto de vista do cliente, a consideração destas atividades de fluxo são importantes sob o ponto de vista da produção, pois consomem tempo e custo.

O modelo preconizado pela Nova Filosofia da Produção baseia-se em um conjunto de atividades de conversão e de fluxo. O processamento representa o aspecto da produção, enquanto a inspeção, o movimento e o armazenamento representam seu aspecto de fluxo (KOSKELA, 1992).

2.3.1 O Projeto como Conversão

O processo do projeto tem sido analisado e gerenciado como um conjunto de conversões, e esta abordagem de análise tem ênfase de que projetar é um processo

de converter as informações que caracterizam os requisitos de um produto em conhecimento sobre o produto. Neste sentido, projetar é a atividade de transformar necessidades e requisitos dos clientes (internos e externos) em projetos que atendam estes requisitos, conforme a Figura 2.3. O papel dos intervenientes do processo é focado na tomada de decisões e resolução de problemas que atendam os requisitos.

Huovila et al. (1997a) apontam que o principal problema com a relação do processo de projeto como conversão é a existência de atividades ao longo deste que não agregam valor ao produto, e que estas atividades não são explicitadas no modelo.



Figura 2.3 O projeto como conversão.

Fonte: Koskela & Huovila (1997).

Os mesmos autores destacam que outra deficiência do modelo de conversão é que os clientes em específicos de cada etapa do processo não são explicitamente identificados quando se têm requisitos diferenciados. Estas omissões contribuem para a manutenção do processo, apresentando problemas no processo como: a) a existência de muitos requisitos que não são definidos no início do processo; b) os erros de projetos são detectados em fases avançadas, ocasionando retrabalho; c) a existência de poucas interações entre os projetistas; d) esperas para aprovações, instruções ou informações tomam a maior parte do tempo dos projetistas; e) as atividades do processo são desenvolvidas de forma seqüencial, ocasionando longos períodos de espera no desenvolvimento de atividades subseqüentes; f) longa duração, alto custo e baixa qualidade dos projetos em geral.

2.3.2 O Projeto como Fluxo

Para Tzortzopoulos (1999) o principal insumo do processo de projeto é a informação. O processo de projeto pode ser analisado através de suas atividades, e estas atividades podem ser subdivididas em dois grupos: atividades geradoras de informação e atividades de processamento de informação. Estes grupos podem ser caracterizados como atividades de conversão do processo de projeto. Além de sofrer conversão, as informações podem ainda estar em movimento, espera ou inspeção, conforme Figura 2.4.

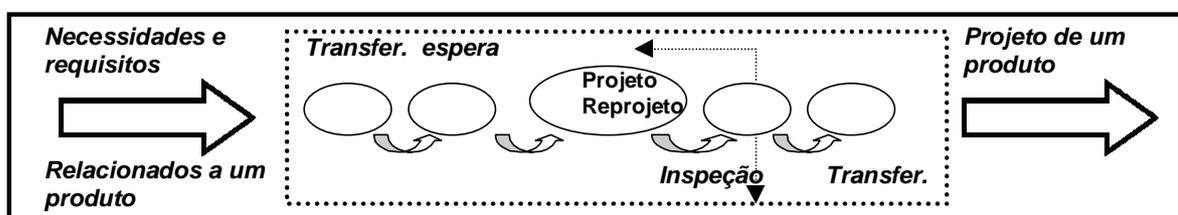


Figura 2.4 O projeto como fluxo.

Fonte: Koskela & Huovila (1997).

Para Koskela (1992) as atividades da Indústria da Construção Civil deveriam ser vistas como uma composição de processos de fluxos. Nesta visão, o projeto de construção deveria estar baseado em fluxos e na eliminação de desperdícios associados ao projeto e à construção. Os problemas de fluxos mais agudos são caracterizados pelo processo tradicional de produção e conceitos de organização, ou as peculiaridades da construção. Assim, estes assuntos necessitam de uma abordagem com ênfase em controle e melhoria contínua.

O processo de projeto é um refinamento de especificações onde são transformadas as necessidades e desejos em exigências, então, em um número variado de passos para o detalhamento do projeto. Simultaneamente, este é um processo de descoberta e de resolução de problemas.

Para Koskela (1992) os processos de fluxo podem ser caracterizados por tempo, custo e valor. Valor se refere à realização de exigências do cliente e consiste na

obtenção de dois componentes: desempenho de produto e zero de defeitos (conforme a especificação). Valor tem que ser avaliado da perspectiva do próximo cliente e o cliente final. Custo e duração dependem da eficiência de adicionar valor às atividades e não a quantidade de adicionar às atividades.

Com a análise dos fluxos do processo busca-se analisar e medir os fluxos de informação através de suas perdas internas (atividades que não agregam valor), tempo de duração e valor do produto final para o cliente (KOSKELA & HUOVILA, 1997). Neste sentido, o tempo necessário para a transferência de informações, a espera para a execução das atividades subsequentes do processo, inspeções e outras atividades que não agregam valor ao produto, devem ser consideradas como perdas que devem ser eliminadas sempre que possível (KOSKELA, 1992). Entretanto, deve-se considerar que nos processos de produção existem fluxos que não podem ser eliminados.

O retrabalho é considerado como parte da conversão, em função de erros, omissões e incerteza, e também considerado perda (HUOVILA et al., 1997a). A parte do processo de projeto que contempla o retrabalho de análise, síntese e avaliação não é considerado como perda. Segundo os mesmos autores, o retrabalho ocorre em função da falta de informações, de mudanças de escopo do projeto, e também pelo alto grau de incerteza associado (HUOVILA et al., 1997a). A melhoria do projeto, conforme a análise de seus fluxos, é baseada na eliminação deste retrabalho.

A redução de perdas e de incertezas nas fases iniciais do processo pode ser atingida pela definição ordenada do escopo do projeto e da visão sistêmica de todo o ciclo de vida útil da edificação. A da incidência de modificações de projeto em fases avançadas, segundo Koskela (1992) deve ser minimizada evitando-se perdas, e buscar a redução de erros através da gestão da qualidade.

A redução do tempo e de esforços necessários para a transferência de informações no processo do projeto pode ser obtida através da aproximação dos intervenientes do processo, por meio de troca de informações de modo informal, a

fim de evitar perdas devido a longos períodos de esperas. As trocas de informações entre as atividades do processo podem ser realizadas antes mesmo que o produto de cada subprocesso esteja concluído, evitando-se longos tempos de espera. Para Koskela & Huovila (1997) a decomposição das atividades de projeto minimizam o processo através da determinação clara das necessidades dos clientes internos e da troca de informações intensa entre os intervenientes ao longo do processo.

2.3.3 O projeto como gerador de valor

A análise do projeto como gerador de valor tem suas origens nos processos de gestão da qualidade através da obtenção da conformidade do produto em relação à satisfação das necessidades do(s) cliente(s). Em projeto, a satisfação das necessidades dos clientes é desenvolvida através de um ciclo, no qual são identificadas e convertidas em produto (projeto) que é entregue ao cliente, em diversas etapas (KOSKELA & HUOVILA, 1997). A Figura 2.5 representa o projeto como gerador de valor. O valor para o cliente é determinado por: a) com bem as exigências implícitas e explícitas foram convertidas em uma solução de projeto; b) o nível de otimização alcançado; c) o impacto de erros de projeto que são descobertos durante o desenvolvimento das atividades subseqüentes (KOSKELA, 1992).

Koskela & Huovila (1997) afirmam que a carência de informações pode interferir na geração de valor ao cliente. Alguns problemas podem ocorrer no processo como por exemplo: a) em situações em que o cliente não explicita de forma clara ao projetista seus desejos e necessidades com relação ao projeto; b) o contratante do projeto possui poucas informações ou são desenvolvidas poucas análises de mercado, o que pode gerar projetos ineficientes e de difícil inserção no mercado; c) a existência de necessidades diferenciadas de um grupo de clientes com relação a um mesmo projeto dificulta a definição de um grupo de requisitos que atenda a todos; d) o número de requisitos de um cliente pode ser grande e variado; e) ao longo da vida útil do produto podem existir diversos tipos de clientes, que devem ser considerados.

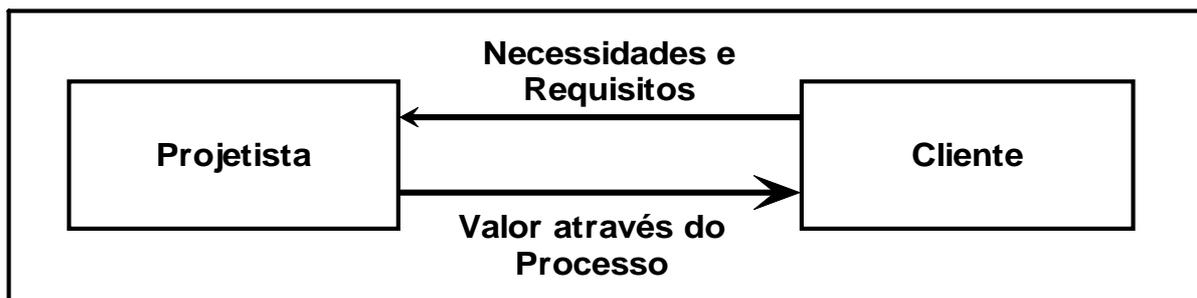


Figura 2.5 O projeto como gerador de valor.

Fonte: Koskela & Huovila (1997).

A consideração adequada das necessidades e satisfação dos clientes ao longo das diversas fases do projeto pode ser alcançada através de processos de controle, por meio de estratégias para evitar e diminuir problemas, como, por exemplo, o conceito de projeto adotado por um projetista não é repassado aos demais nas próximas etapas do processo, podendo ser corrompido por decisões posteriores (HUOVILA et al. 1997b) e assim prejudicando a qualidade do produto. Koskela & Huovila (1997) sugerem a seguinte estratégia: a) rigorosa análise dos requisitos e necessidades junto ao(s) cliente(s); b) sistematização dos requisitos dos clientes internos e externos com uso de ferramentas gerenciais, como, por exemplo, listas de verificação; c) organização de um maior número de interações entre os intervenientes, principalmente em pontos importantes do processo, objetivando a análise de todo o ciclo de vida da edificação.

2.3.4 O projeto nas três abordagens, conversão, fluxo e gerador de valor:

Para Tzortzopoulos (1999):

A abordagem do processo de projeto como conversão, fluxo e gerador de valor, estão presentes no desenvolvimento do projeto com aspectos diferentes. Cada atividade é uma conversão, e possui a ela uma parte do fluxo total do projeto, agregando parte do valor necessário ao produto. Cada atividade ainda impacta sobre o tempo total despendido no projeto e a qualidade do produto.

Huovila et al. (1997a) coloca que os aspectos de fluxo e geração de valor não têm sido usualmente modelados, gerenciados e controlados. Uma comparação entre as três abordagens é apresentada por Koskela & Huovila (1997), mostrando exemplos de ferramentas que podem ser empregadas na modelagem do problema, conforma descrito no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 Comparação entre o modelo de conversão, fluxo e geração de valor, adaptado de Koskela & Huovila (1997).

	Projeto como Conversão	Projeto como Fluxo	Projeto como Gerador de Valor
Conceitualização	Conversão de requisitos no projeto de um produto	Fluxo de informações, composto por conversão, inspeção, movimento e espera	Processo onde o valor cliente é criado através da satisfação de suas necessidades
Princípios	Decomposição hierárquica; controle e melhoria das atividades decompostas	Eliminação de perdas (atividades desnecessárias), Redução de tempo	Diminuição da diferença entre o valor atingido e o melhor valor possível
Contribuição Prática	Controlar as atividades a serem desenvolvidas	Controlar a minimização das atividades essencialmente desnecessárias	Controlar para que os requisitos dos clientes sejam atingidos da melhor maneira possível
Exemplo de Ferramenta de modelagem	Fluxogramas	Matriz de estrutura de projeto (Design Structure Matrix)	Desdobramento da função qualidade (QFD)

A partir dos conceitos da Nova Filosofia da Produção, surgiram diversos conceitos relacionados, entre eles encontram-se a Manutenção Produtiva Total, a Melhoria Contínua, o *Benchmarking*, a competição baseada no tempo, a Re-engenharia, a Engenharia Simultânea, entre outros.

Para Koskela (1992), a Engenharia Simultânea, apesar de não possuir origem direta a partir do JIT ou TQM, é baseada em idéias similares e adapta os conceitos, princípios e ferramentas da Nova Filosofia ao processo de desenvolvimento de Projeto.

Os onze princípios da Produção Enxuta apresentados por Koskela (1992) estão baseados na explicitação, no controle e na melhoria das atividades de fluxo da produção, e são aplicáveis tanto ao fluxo total do processo como a seus subprocessos.

O processo de projeto apresentado por Koskela (1992) é aplicável tanto na produção física de componentes de construção quanto na produção de informações. Com a aplicação de alguns princípios, alguns problemas nos fluxos do processo podem ser identificados, como: a complexidade, a falta de transparência, ou controle segmentado de processos.

Os princípios para a análise e melhoria dos processos apresentados por Koskela (1992) são: a) redução de atividades que não agregam valor ao produto (consideradas perdas); b) aumento do valor do produto através da consideração sistemática dos requisitos dos clientes; c) redução da variabilidade; d) redução do tempo de ciclo; e) simplificação através da redução do número de partes e passos; f) aumento da flexibilidade do produto; g) aumento da transparência do processo; h) foco no controle ao longo de todo o processo; i) melhoria contínua; j) equilíbrio entre as melhorias nos fluxos e nas conversões; k) *Benchmarking*; A aplicação de grande parte destes princípios ao processo de projeto de edificações pode ser realizada através da engenharia simultânea, que é considerada por Koskela & Huovila (1997) uma metodologia baseada na Nova Filosofia da Produção.

2.4 A Engenharia Simultânea

A Engenharia Simultânea (ES) teve sua motivação na tentativa das Indústrias Automobilística e Eletro-eletrônica norte americanas de competir com seus concorrentes, principalmente os japoneses, que apresentavam grande crescimento na exportação de produtos.

Em 1986, segundo Kruglianskas (1993), o *Institute for Defense Analysis* (IDA) apresentou um relatório *The Role of Concurrent Engineering in Weapons*

Acquisition, no qual foi proposta uma sistemática para a integração de um projeto simultâneo, relacionando processos, produção e assistência, de forma que os responsáveis pelo desenvolvimento do projeto considerem todos os elementos do ciclo de vida do produto, desde a concepção até a venda, incluindo qualidade, custo, prazo e necessidade dos usuários. Esta nova sistemática foi denominada de “*Concurrent Engineering*” ou Engenharia Simultânea.

A ES é uma metodologia de projeto que visa uma mudança cultural, integrando os diferentes recursos e especialidades internos e externos de uma organização, no sentido de reduzir o tempo de desenvolvimento, o custo e aumentar a qualidade do produto. Isto está relacionado com a disponibilidade de informação a todos os agentes envolvidos no projeto de um produto. A preocupação básica é disponibilizar toda informação relevante ao agente envolvido no processo de projeto antes que a tarefa de projeto seja iniciada. Assim, a aplicação da ES requer a maximização das informações relevantes e a habilidade em compartilhar e comunicar as informações úteis em tempo adequado (YASSINE et al., 1999).

A ES pode também ser definida como “um modo sistemático para o projeto simultâneo e integrado de produtos e de seus processos relacionados, incluindo manufatura e suporte” (WERNER, 1995), e tem como premissa a redução do ciclo de vida de um projeto de desenvolvimento do produto.

Para Moura (1998) a filosofia da ES busca integrar na fase de concepção do empreendimento todos os intervenientes necessários ao desenvolvimento do produto, de modo a gerar nesta fase inicial decisões acerca do projeto, respaldadas de todos os integrantes da equipe, considerando-se qualidade, custo, tempo e exigências dos clientes.

Os principais objetivos da ES estão centrados na redução do tempo de desenvolvimento de empreendimentos, no aumento do valor do produto para o cliente e na redução de custos. Para Laufer et al. (1996) a ES objetiva criar condições para o desenvolvimento de empreendimentos complexos, com alto grau de incerteza envolvida, que devem ser conduzidos em período de tempo reduzido,

sem aumento de custos e satisfazendo os clientes finais. Tais objetivos podem ser alcançados pela busca da redução de parcelas de atividades que não contribuam diretamente para a conversão de requisitos do(s) cliente(s) no produto final. Para Koskela & Huovila (1997) a diminuição de incertezas do processo é a característica mais importante da ES.

A ES consiste portanto na realização de várias fases de um projeto interativamente, envolvendo profissionais de diferentes especialidades desde o início até o fim do projeto com o objetivo de redução do tempo total e melhoria da qualidade do desenvolvimento. Na ES é fundamental o compartilhamento de informações entre as diversas funções envolvidas num determinado desenvolvimento. A ES promove a formação de grupos multidisciplinares e fomenta a comunicação entre os departamentos envolvidos no processo do projeto.

A ES busca introduzir no processo de projeto elementos como: a) Satisfação do cliente, com o uso de ferramentas como o desdobramento da função qualidade (QFD); b) Aproximação do grupo de projeto, através do incremento na comunicação; c) Processo simultâneo para o projeto do produto e da produção; d) Relações estratégicas com fornecedores, baseado na aplicação dos conceitos do JIT; e) Melhoria contínua (KOSKELA & HUOVILA, 1997).

Kruglianskas (1993) evidencia o enfoque estratégico observado nas práticas da ES, que considera como uma forma de manter a empresa competitiva no mercado, diminuindo o tempo entre o desenvolvimento de novos produtos e lançamento desses, estabelecendo preços aceitáveis pelo mercado.

O mesmo autor aponta alguns aspectos necessários para a implantação da ES: a) pressupõe o envolvimento e apoio da alta direção da empresa; b) requer uma estrutura empresarial mais descentralizada; c) permite que a tomada de decisão seja feita em cima de alto consenso; d) pressupõe a coordenação, a análise de projetos e, ainda, é desejável a adoção de uma equipe de projeto em tempo integral; e) requer a comunicação entre os diversos participantes do processo produtivo e o trabalho em equipe, sem que haja omissão de informações; f) requer o trabalho

conjunto dos engenheiros de processo e de produto; g) permite uma melhor avaliação de custos.

Para alcançar as propostas de ES é fundamental a formação de uma equipe multidisciplinar com pessoas de todas as áreas e especialidades envolvidas no projeto. Esta equipe é responsável pelo conceito do produto, pela redução de desperdício e pela redução do tempo de desenvolvimento do produto. A equipe deve trabalhar em sintonia, considerando todos os detalhes, para que o trabalho realizado em cada área disciplinar seja compatível com as demais e que cada uma alimente a outra com as informações corretas e no tempo certo. Esta é a principal dimensão onde se obtém ganhos na ES. A troca de informações nas fases iniciais de projeto é aumentada entre os membros da equipe.

Como na ES as atividades são executadas em paralelo, o reconhecimento e ou previsão dos problemas é facilitado, tornando as tomadas de decisão precoces e com melhor repercussão nas etapas envolvidas, o que caracteriza a simultaneidade nas atividades de desenvolvimento de um produto, de forma a reduzir o tempo de projeto e ampliar a integração entre as interfaces de projetos. Outras vantagens da ES são: a) os produtos atendem com precisão as necessidades dos clientes; b) os prazos para a colocação dos produtos no mercado são menores; c) são necessárias poucas mudanças nos estágios avançados do processo, reduzindo-se os custos de desenvolvimento; d) construção mais simples e mais barata; e) qualidade assegurada desde as séries iniciais de produção; f) menores custos associados às garantias e aos serviços durante toda a vida do produto; g) minoração de erros (HARTLEY, 1998).

São elementos vitais da ES: a) equipe multidisciplinar; b) produto definido em termos de cliente, traduzidos em termos de engenharia com um grande detalhamento; c) projeto por parâmetros para assegurar a otimização da qualidade; d) projeto orientado à fabricação e montagem; e) desenvolvimento simultâneo de produto, equipamento de fabricação e processos, controle da qualidade e marketing (HARTLEY, 1998).

A aplicação da ES na manufatura tem permitido expressivas reduções no tempo de lançamento de novos e inovadores produtos no mercado, possibilitado pelo paralelismo de atividades no desenvolvimento dos produtos e, também, tem propiciado a eliminação de problemas de produção e de uso decorrentes do projeto através da maior e precoce interação entre os vários envolvidos no ciclo de vida do produto (KOSKELA & HUOVILA, 1997).

Como identifica Tahon (1997), os fatores de evolução da Indústria Manufatureira e da Construção Civil são os mesmos: aumento de produtividade, diminuição dos prazos de concepção e disposição dos produtos, ampliação da qualidade e redução dos custos. Desta forma, a busca incessante de padrões de qualidade de serviços e de produtos e a variabilidade de preços, vêm contribuindo para a implantação dos princípios da ES nas empresas do setor da Construção Civil, devido ao aumento de competição no mercado.

No paradigma anterior da produção, os principais fatores competitivos eram a competição em custo (alcançada pela diminuição do custo por atividade do processo seqüencial de produção), ou a competição em qualidade (o produto fornecido obedece às especificações propostas) (HUOVILA et al., 1997b). Para os mesmos autores estes fatores competitivos não incentivam a inovação do processo produtivo, e possibilitam pouco espaço para o desenvolvimento de produtos diferenciados ou inovadores. O principal fator competitivo entre as empresas passa a ser a introdução de novos produtos que tenham características que satisfaçam as necessidades dos usuários, em constante modificação (o novo paradigma da produção).

A engenharia simultânea busca, desta forma, promover a melhoria do processo de projeto através da análise de seus aspectos de conversão, fluxo e geração de valor, conforme a Nova Filosofia de Produção.

2.4.1 A utilização do CAD na Engenharia Simultânea

Os benefícios da ES são maximizados pela tendência atual de aumento do uso

de ferramentas computacionais no desenvolvimento de projetos e fabricação e ou construção assistido por computador.

Com o auxílio de ferramentas CAD (*Computer Aided Design* ou Projeto Assistido por Computador) o projeto de produto e planos de processo são desenvolvidos simultaneamente. Com isto é melhor e mais seguro os projetistas trabalharem em modos industriais, o que traz liberdade para adicionar características ao projeto ou manipular o próprio plano do processo. Uma das metodologias mais promissoras para resolver problemas é o projeto simultâneo de produto e processo, que são parte da ES.

No universo da Construção Civil, o uso da informática tem ficado restrito a desenhos ou tarefas específicas, sem inter-relacionamento eficiente e automático, e o uso descoordenado da informática tem subutilizado o seu potencial, restringindo os sistemas CADs a meras ferramentas de desenho.

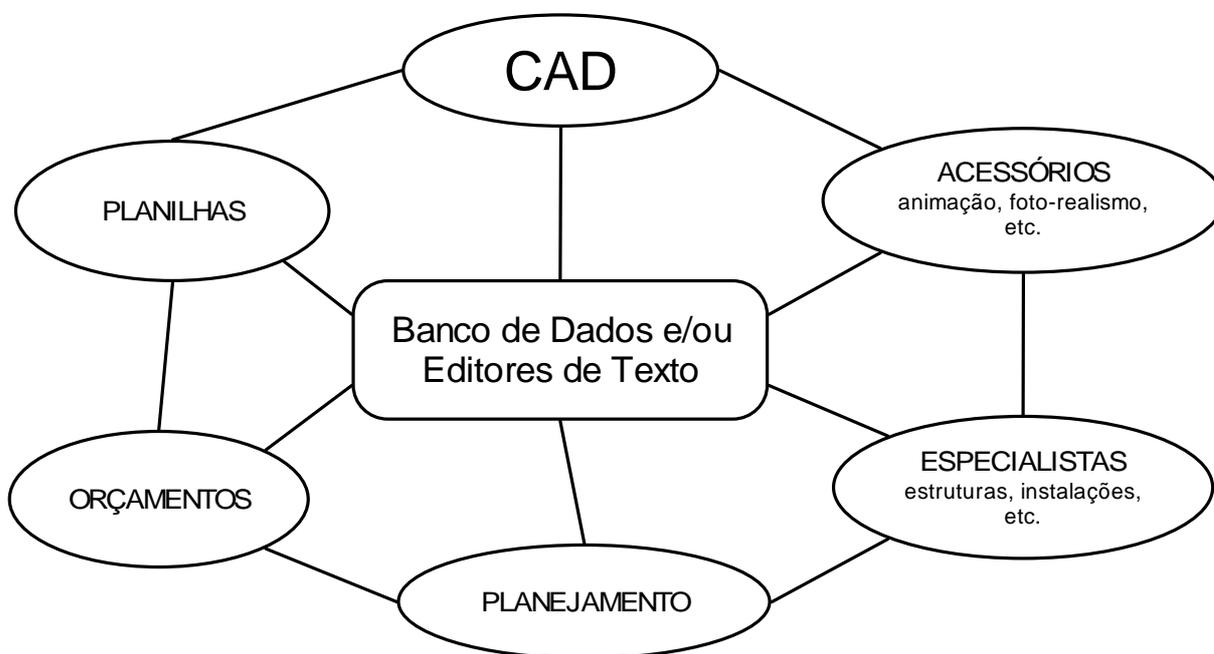


Figura 2.6 Diversidade dos softwares mais usados no desenvolvimento de projetos de engenharia e arquitetura.

Fonte: Soares & Qualharini (1998).

É necessário extrair mais benefícios dos CADs e fazê-los interagir com outros softwares, já que a otimização da produção de projetos depende de diversos sistemas informatizados para o pleno atendimento das necessidades do escritório. Pode-se ter uma idéia do universo destas necessidades na Figura 2.6.

As empresas do setor da Construção Civil, apesar dos investimentos em sistemas e pessoal, não têm conseguido extrair o retorno desejado com a aplicação das ferramentas CAD, principalmente pela falta de uma cultura implantada e pela ausência de pessoal habilitado. Tem-se observado que os sistemas CADs encontram-se restritos às áreas técnicas e ou isolados em outros sistemas. A maioria das empresas adquire sistemas CAD para desenho, quando o correto seria investir nestes sistemas como parte de uma solução global de engenharia. É preciso pensar no CAD como um meio e não como um fim.

A Figura 2.7 mostra os estágios de evolução dos sistemas CAD, suas funções predominantes e as alterações metodológicas no processo de projetar, ocorridas a cada etapa.

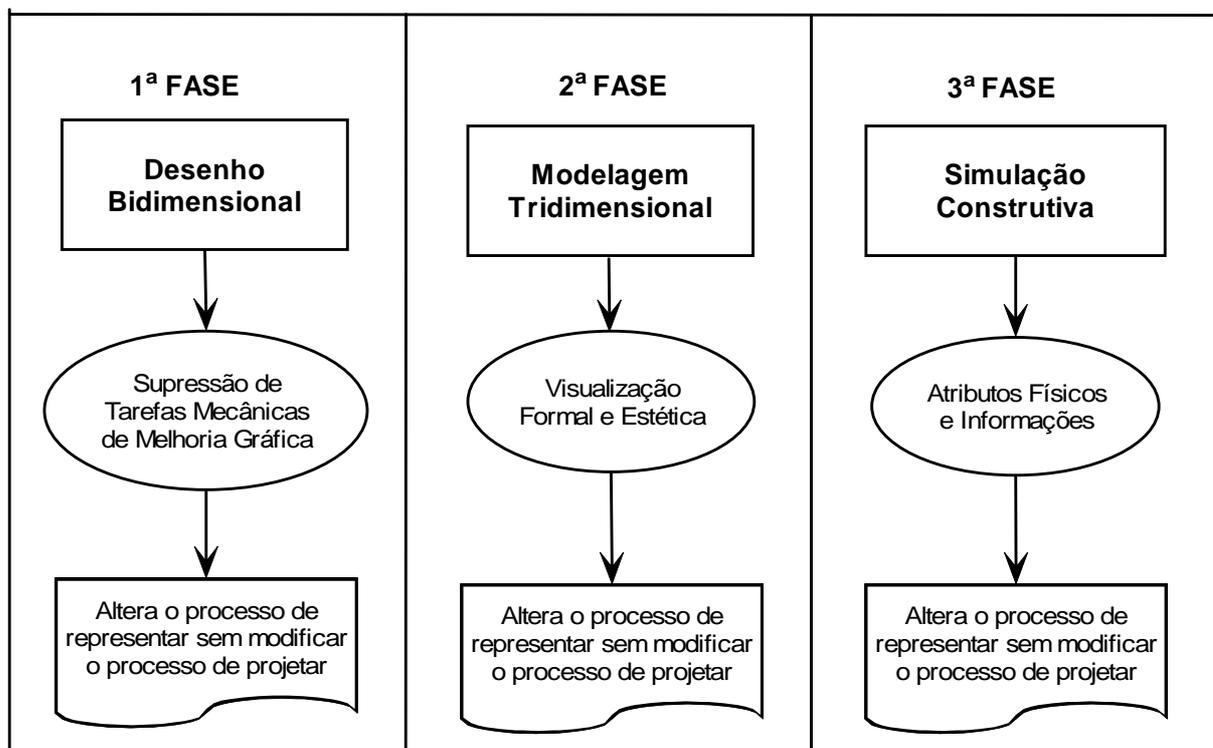


Figura 2.7 Estágios de Evolução dos Sistemas CAD.

Fonte: Soares & Qualharini (1998).

Na primeira fase, os CADs são usados apenas como ferramenta nova e moderna de desenho em substituição ao papel e às canetas de nanquim. Na segunda fase, caracterizada pelo uso intenso da modelagem tridimensional em detrimento do desenho plano, esta se dá essencialmente com interesse formal ou estético, produzindo perspectivas ou maquetes eletrônicas, exclusivamente com interesse de vender idéias. A terceira e mais importante fase, que começa agora a ser explorada, pretende usar a modelagem para simular o processo construtivo.

O uso do CAD permite aos engenheiros de produção e aos projetistas verem o produto real, tanto na fase de conceito como após o projeto concluído, minimizando a margem de erros. Com um enfoque correto de manipulação de dados, outros engenheiros podem começar seu trabalho antes aprovação final do projeto, uma vez que o princípio básico da ES é que toda a parte de desenvolvimento que seja possível deve ser transferida da fase de protótipo para as fases de pré-concepção e de conceitos.

O CAD é utilizado desde a fase de conceito, permitindo a consideração de diferentes situações e soluções. Uma vez que se tenha esboçado o projeto básico, realizam-se análises estruturais utilizando os softwares especialistas de arquitetura, estruturas e de instalações prediais.

Depois da aprovação do projeto, os mesmos dados do modelo são utilizados como base para construir os protótipos. Nesta fase ocorrem as simulações para que muitas dificuldades possam ser eliminadas antes que se inicie a construção.

Os dados obtidos pelo CAD podem ser utilizados para alimentar de informações as etapas consecutivas e paralelas do processo de projeto, para produzir os padrões do modelo.

A ES integra-se à tendência atual de passar de múltiplas fontes de fornecimento para uma única, em um novo mundo cheio de oportunidades e, de uma vez por todas, deixar de lado as relações de interesses tão freqüente no passado.

Com o uso do CAD e da ES cada departamento poderá dispor de dados atualizados e trabalhar sobre eles desde o conceito até o projeto final e estar prevenido em relação a quaisquer dificuldades.

Segundo Barros & Melhado (1997), a criação do Banco de Dados de Tecnologia, tem como objetivo subsidiar a orientação aos projetistas quanto ao sistema produtivo utilizado pela empresa.

O projeto deve ir para a obra suficientemente planejado, pensado e elaborado mas não estanque, isto é, deve passar por um contínuo desenvolvimento a fim de atender à produção, ou seja, o projeto passa a ser encarado como um serviço que acompanha toda a realização do edifício.

2.4.2 O Projeto para a Produção

Outra evidência destacada pela ES é a participação dos projetistas na etapa de execução visando o atendimento das necessidades requeridas com soluções efetivas.

Esta exigência revela que o projeto deve ser tratado como um processo, necessitando de planejamento e controle, ou seja, requer o gerenciamento adequado de suas etapas. No projeto para a produção com o uso de ferramentas CAD são definidas técnicas construtivas a serem empregadas no processo construtivo e projetados os detalhes de execução. O objetivo deste projeto é minimizar as incertezas na obra, pela antecipação das atividades de execução em projeto, aplicada aos diversos subsistemas do edifício, proporcionando uma visão local detalhada em termos de soluções pré-estudadas e uma visão geral de todo o seqüenciamento da execução de suas partes.

Assim, a função básica do projeto para a produção é a transmissão de todos os condicionantes que envolvem a tecnologia escolhida, de modo a subsidiar a etapa de execução da obra da forma mais completa possível, evitado com isso

improvisações, paralisações, retrabalho e a implantação de uma solução não planejada, durante a execução.

O projeto para a produção deve ser amplo, contendo as informações necessárias para a execução, e não ser complexo, permitindo sua compreensão pela mão de obra que a executa. Neste contexto, Barros & Dornelles (1991) destacam que é importante a incorporação ao projeto para a produção os princípios da construtibilidade e da racionalização construtiva, gerando nas fases de projeto alternativas de especificações que otimizem a construção da edificação.

2.4.3 O conceito de Construtibilidade

O conceito de construtibilidade nasceu no Reino Unido e Estados Unidos nos primeiros anos da década de 80. No Reino Unido é conhecido como *Buildability* e nos Estados Unidos como *Constructability*.

Para o *Construction Industry Institute*, o termo construtibilidade é definido como “o uso otimizado do conhecimento das técnicas construtivas e da exigência nas áreas de planejamento, projeto, contratação e operação em campo para se atingir os objetivos globais do empreendimento” (CII, 1987 apud MELHADO, 1994).

Para a CIRIA (*Construction Industry Research and Information Association*) o termo construtibilidade é definido como “o grau em que o projeto do edifício ajuda a facilitar a execução, atendendo a todas as exigências de desempenho e qualidade para o edifício concluído”.

Pelas definições, a construtibilidade significa a busca pela otimização da construção pela eficiência do processo ao projeto, servindo como condutor da evolução tecnológica.

A construtibilidade pode ser entendida como a habilidade ou facilidade deste em ser construído, com a integração do conhecimento e experiência construtiva durante

as fases de concepção, planejamento e execução da obra, com o objetivo de simplificar as operações construtivas (OLIVEIRA, 1995).

Observa-se, porém, que a maioria dos profissionais de projeto e especialistas dos produtos (o edifício e suas partes) pouco aproveitam a experiência na execução de seus projetos, dando pouca importância aos aspectos da construtibilidade. A falta de retroalimentação de informações entre os engenheiros de produção e projetistas levam a repetição continuada das falhas detectadas durante a execução do edifício.

Para Franco & Agopyan (1993) a construtibilidade se constitui em um dos princípios empregados para o desenvolvimento dos projetos que fundamenta grande parte das medidas de racionalização do processo construtivo.

2.4.4 O conceito de Racionalização

A racionalização significa a implantação de medidas de padronização de componentes, simplificação de operações e aumento de produtividade que podem fazer grandes reduções de custo (MELHADO, 1994).

O principal objetivo da racionalização é o de se obter maior produtividade, eficiência no trabalho e qualidade do produto com o melhor aproveitamento de recursos considerando-se os procedimentos de execução durante as fases de projeto. Os princípios dessa racionalização são: a) construção segundo uma determinada seqüência; b) redução do número de operações; c) simplificação dos elementos de projeto; d) padronização de componentes; e) coordenação dimensional de componentes (GRIFFITH, 1987).

Todas as fases da execução da obra, os números de operações do processo de execução, os tipos de serviços, as dependências entre as atividades, o movimento, transporte e circulação de materiais no canteiro de obras, a quantidade e habilidade necessária de mão-de-obra devem ser pensadas nas fases de projeto quanto ao seu grau de repetição de tarefas, formas e dimensões, disposição de máquinas e

equipamentos e grau de complexidade, objetivando a continuidade da execução (SOUZA et al., 1995).

A racionalização construtiva implica no desenvolvimento de um projeto analisado sob a ótica da economicidade, eficiência e otimização, aspectos estes também defendidos na teoria da construtibilidade. Observa-se, portanto, a importância da incorporação tanto da filosofia da construtibilidade como da racionalização construtiva no desenvolvimento do processo de projeto, para a alavancagem da construção de edificações.

2.5 Planejamento do Processo do Projeto

Uma análise das práticas das empresas quanto ao desenvolvimento de projeto permite a identificação de problemas relativos à qualidade do processo ligados às características de capacitação de profissionais bem como a inexistência de sistemas formais de gestão do projeto. Muitas dificuldades do processo de produção do projeto estão relacionadas à estrutura de atividades e a rede de relacionamentos entre elas que se estabelecem ao longo do tempo. Portanto, é necessário o estabelecimento de um modelo que permita a definição da forma como estas atividades devem ocorrer, permitindo o planejamento adequado do processo.

Para Valeriano (1998), o planejamento das atividades de projeto é um processo iterativo que parte de concepções abstratas e tem o objetivo de elaborar proposições em detalhamentos sucessivos com retornos para corrigir e refazer etapas anteriores, determinando todos os passos a executar, possibilitando o estabelecimento de um plano, considerado como um roteiro seguro para ser implementado, controlado e corrigido quando necessário.

O estabelecimento de um modelo do processo de projeto busca fornecer um plano geral para o desenvolvimento do mesmo, possibilitando sua gestão. Através do modelo, pode ser estabelecido o planejamento do processo para cada projeto específico, em termos de custos, prazos, pessoal envolvido, entre outros. No

andamento do projeto, situações não previstas podem emergir, merecendo elas o mesmo tratamento dado ao planejamento de solução, o que poderá dar origem a vários replanejamentos. A melhoria contínua, a retroalimentação do sistema e a avaliação de cada empreendimento desenvolvido na empresa são propiciados através do estabelecimento destas ações gerenciais.

O processo de planejamento de projeto envolve cinco passos: a) identificar as atividades; b) estimar tempos e recursos; c) identificar as relações e dependências; d) identificar as limitações da programação; e) preparar a programação.

2.5.1 Os agentes do Processo de Projeto

Os agentes do processo de projeto englobam todos aqueles que desempenham alguma responsabilidade, exercem tarefa ou têm contribuição a dar no sentido de alcançar um resultado que seja fruto da cooperação dos componentes da equipe. Assim, além do gerente do projeto, nela tomam parte todos aqueles que foram convidados ou designados para integrá-la, seja em tempo parcial ou integral, os gerentes funcionais e seus auxiliares com incumbência de desempenhar um trabalho para o projeto. A estes membros da equipe devem juntar-se outros, não menos importantes como o cliente, os contratados e fornecedores (vendedores, prestadores de serviços, etc.), os consultores e todos aqueles outros que tomam parte no processo.

Dentre o conjunto de agentes que intervém no processo do projeto de edificações como um todo, alguns interagem mais intensamente como: profissionais de projeto, das diversas especialidades; profissionais das empresas construtoras (engenheiros, pessoal do planejamento ou suprimentos, etc.); agentes da promoção do empreendimento; órgãos públicos ou empresas incorporadoras; consultores, entre outros. A quantidade de profissionais de projeto existentes varia de construtora para construtora, mas em geral, os projetos se resumem aos de arquitetura, estrutura, fundações e instalações prediais.

Quando se adota o conceito de equipes multidisciplinares, o arranjo do grupo de projeto passa a ter um enfoque diferenciado. Busca-se a ênfase com relação à interação entre os intervenientes do grupo, sendo que todos têm como restrição para o desenvolvimento de seu trabalho as necessidades do empreendedor e dos usuários, os clientes do processo, assim como restrições legais e normativas. Atividades especializadas relacionadas ao empreendimento deixam de ser desenvolvidas de forma seqüencial, organizando-se em trabalhos simultâneos e interrelacionados (MELHADO, 1994), conforme demonstrado na Figura 2.8.

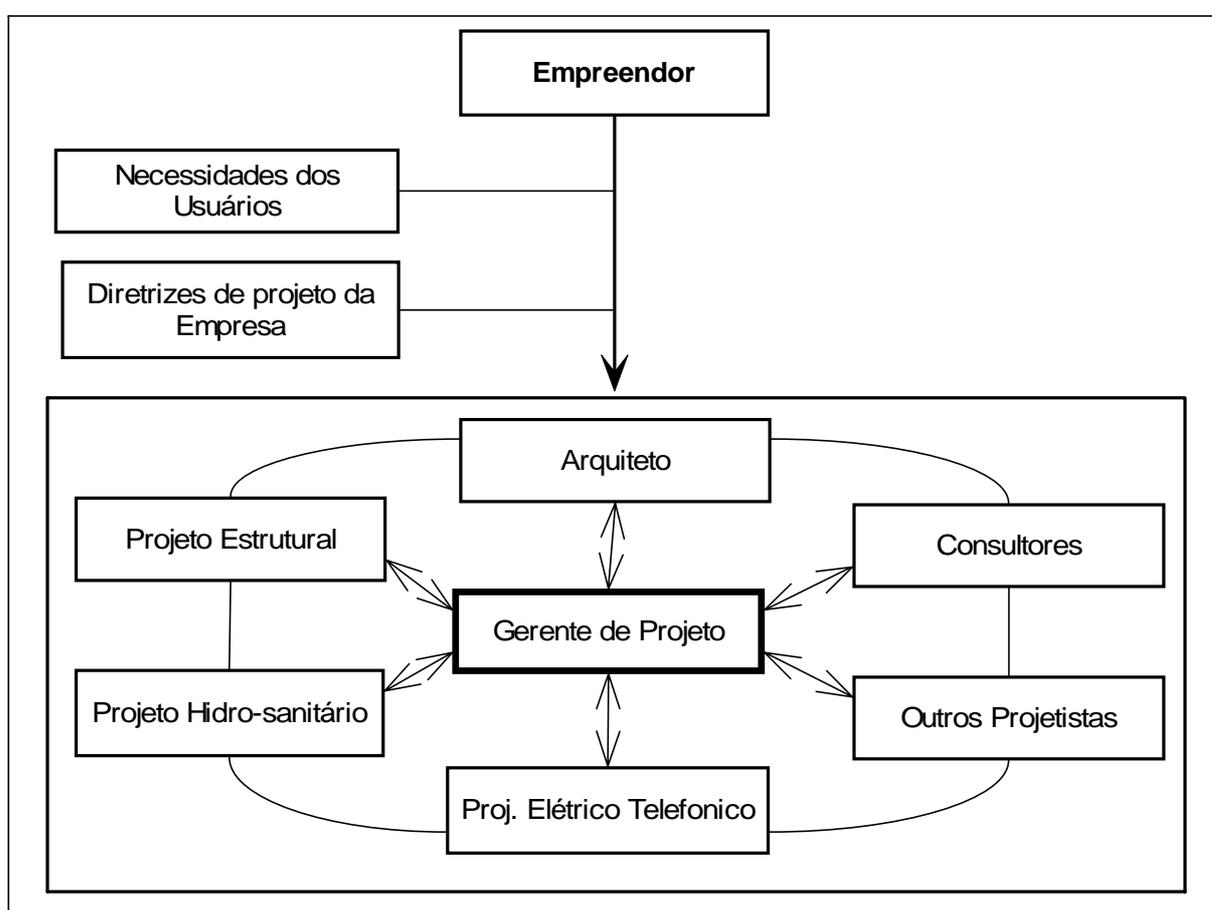


Figura 2.8 Estruturação da equipe multidisciplinar de projeto.

Fonte: Melhado (1994).

Neste tipo de organização, a coordenação de projetos tem grande importância em função das alterações propostas no processo, segundo as quais, as atividades dissociadas, desenvolvidas pelos diversos participantes, são substituídas por atividades realizadas pela equipe multidisciplinar de forma integrada. A importância da coordenação do projeto é enfatizada em função da complexidade do universo de

dados, informações, projetos e profissionais envolvidos (NOVAES, 1996).

2.5.2 Gerenciamento, Coordenação de Projeto e Compatibilização

O gerenciamento de projeto consiste no planejamento e controle das atividades de projeto, visando assegurar os aspectos relativos à distribuição do tempo, o desenvolvimento e equacionamento do fluxo de informações e trocas de produtos intermediários, incluindo as ações corretivas necessárias. Também envolve a tomada de decisões de caráter gerencial como aprovação de produtos intermediários, a liberação para o início das etapas de projeto e o encaminhamento de providências operacionais para o desenvolvimento do projeto (CTE, 1997). Desta forma, o gerente de projeto assume a liderança do projeto tanto interna quanto externamente à empresa, atuando como o ponto focal das comunicações, e coordenando os esforços do grupo de projeto, conforme mostrado na Figura 2.8.

A coordenação de projeto é uma função gerencial a ser desempenhada com a finalidade de assegurar a qualidade do projeto como um todo durante o processo, tratando de garantir que as soluções adotadas pela equipe tenham sido suficientemente abrangentes, integradas e detalhadas que, após terminado o projeto, a execução ocorra de forma contínua, sem interrupções e improvisos (SOUZA, 1997).

Souza (1997) descreve alguns objetivos para a serem alcançados na coordenação de projetos:

- a) garantir a eficaz comunicação entre os participantes do projeto através da definição de objetivos e parâmetros, propiciando a integração entre os participantes do empreendimento em suas várias fases;
- b) buscar soluções para as interferências entre as partes elaboradas por projetistas distintos;

- c) manter coerência entre o produto projetado e o processo de execução da empresa;
- d) gerenciar as decisões envolvidas na elevação da produtividade e o controle e garantia da qualidade do projeto, através da padronização de procedimentos gerenciais e de projeto, da integração projeto e execução, e de definições de avaliações e retroalimentação do projeto.

Em todos os projetos podem ocorrer problemas e estes falham por diferentes razões. Para Slack (1997) há alguns pontos em comum nos sucessos e nas falhas que nos permitem identificar alguns pontos que podem minimizar as chances de falhas de um projeto em atingir seus objetivos. O mesmo autor aponta os seguintes fatores que contribuem positivamente no gerenciamento de projetos: metas claramente definidas; gerente de projeto competente; apoio da administração superior; membros do grupo de projeto competentes; suficiente alocação de recursos; canais de comunicação adequados; mecanismos de controle; capacidades de retroalimentação; respostas a clientes (todos os usuários potenciais do projeto participam e são mantidos atualizados sobre o status do projeto); aplicação de mecanismos de ataque de problemas; continuidade do pessoal de projeto.

A compatibilização de projeto tem como objetivo a redução de incompatibilidades entre os projetos (arquitetônico, estrutural, instalações, etc.) resultantes da falta de coordenação de projeto. A tarefa de compatibilização deve ser desenvolvida em diferentes momentos da elaboração dos projetos, sempre que ocorrerem interferências nas interfaces entre os projetos. Pode-se considerar que esta é uma atividade intrínseca do projeto e que seu desenvolvimento e responsabilidade é incumbência de cada projetista envolvido.

O papel do gerente de projeto é atingir os objetivos do projeto através de um planejamento e controle do projeto desde o início até a sua conclusão, tentando trazer ordem à complexidade e reduzindo o nível de incerteza. Uma das funções do gerente do projeto é promover a coordenação do grupo de projeto, de tal forma que o gerenciamento seja extensivo a todos os intervenientes. Os gerentes de projeto

assumem a responsabilidade pela comunicação eficaz estimulando a troca rápida das informações relevantes com as partes interessadas do projeto, tanto dentro como fora da organização.

2.6 As Etapas do Processo do Projeto

Visando a busca por subsídios para a definição dos elementos e diretrizes para o estabelecimento de um modelo do processo de projeto foram analisados três modelos do processo de projeto identificados na bibliografia que se apresentam a seguir.

2.6.1 Project Management Institute

O *Project Management Institute* – PMI (PMBOK, 1996), em seu capítulo 2, descreve que as organizações que desenvolvem projetos usualmente dividem-nos em várias fases buscando um melhor controle gerencial e uma ligação mais adequada entre as diversas atividades operacionais do projeto. Para o PMI o conjunto das fases (etapas) de um projeto é conhecido como ciclo de vida do projeto. Cada fase do projeto é marcada pela conclusão de um ou mais produtos da fase. No final de cada fase é realizada a revisão dos principais subprodutos e uma avaliação de desempenho do projeto tendo em vista a continuidade do projeto, e detectar e corrigir erros a um custo aceitável. Em cada fase é buscado um conjunto de resultados de trabalhos específicos, sendo que estas fases adotam nomes que caracterizam estes itens, como: levantamento de necessidades, desenho ou especificação, implementação ou construção, documentação, implantação, manutenção, e outros.

Os ciclos de vida dos projetos geralmente definem: que atividade deve ser realizada em cada fase; quem deve estar envolvido em cada fase. As descrições muito detalhadas podem conter uma série de formulários, diagramas e *checklists* para prover estrutura e consistência, definindo a metodologia de gerência do projeto.

No capítulo 2, Morris apud PMBOK (1996) descreve o ciclo de vida de um Projeto de Construção, como ilustrado na Figura 2.9, que abrange as seguintes fases:

- a) Viabilidade: desenvolvimento do plano de formulação do projeto, estudos de viabilidade, formulação e aprovação da estratégia (uma decisão de continuidade do projeto faz parte da finalização desta fase);
- b) Planejamento e Projeto: projeto básico, custo e cronograma, termos e condições contratuais, e planejamento detalhado (a maioria dos contratos para a execução da obra é fechada ao final desta fase);
- c) Produção: fabricação, entrega, obras civis, instalação e teste;
- d) Adaptação e Lançamento: teste final e manutenção.

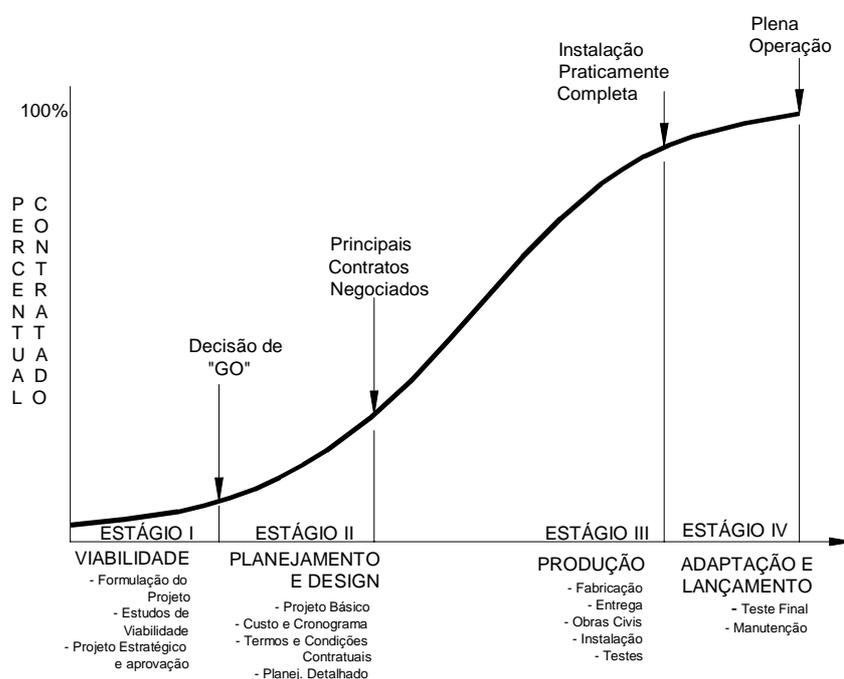


Figura 2.9 Ciclo de vida de um projeto de construção.

Fonte: PMBOK (1996).

2.6.2 Programa de Gestão da Qualidade no Desenvolvimento de Projeto

O Programa de Gestão da Qualidade no Desenvolvimento de Projeto na Construção Civil, iniciado em 1997 pelo CTE – Centro de Tecnologia de Edificações, busca incrementar uma metodologia de gestão da qualidade para as empresas de projeto e o equacionamento do fluxo de atividades deste processo, caracterizando responsáveis por cada atividade e as relações de precedência entre estas.

Neste modelo é apresentado o fluxo de desenvolvimento das atividades das equipes e mostra claramente a preocupação com a interatividade no desenvolvimento do projeto e com a necessidade de transformar o processo tradicional (conflituoso e fragmentado) em um processo simultâneo.

O fluxo de atividades de desenvolvimento técnico é apresentado em sete grandes etapas. A primeira fase do fluxo (fase I) consiste no planejamento estratégico de empreendimentos, e visa, entre outras coisas, constatar a viabilidade de um produto definido a partir das necessidades de mercado. A fase II, denominada de concepção do produto, se destina à caracterização inicial do produto quanto a: ambientes, processos construtivos, formas e geometria. Na fase III, ocorre uma concentração de atividades do desenvolvimento do produto com a participação de todas as especialidades de projeto e com cinco estágios (níveis de amadurecimento) de desenvolvimento: anteprojeto; projeto legal; projeto pré-executivo; projeto executivo; e projeto para produção. A etapa IV denota a entrega do projeto. Na fase V são desenvolvidos os projetos “as built”, e a fase VI engloba o acompanhamento do projeto na obra e, finalmente, na fase VII é realizada uma avaliação da satisfação do cliente final.

A grande preocupação desta metodologia é a de organizar as etapas do processo de projeto com ênfase para a caracterização dos conteúdos de cada etapa e dos marcos de entregas parciais e final dos projetos, além de definir os serviços que podem ser associados ao projeto, de forma a facilitar a negociação preço x serviços oferecidos.

2.6.3 Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura

A Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura - AsBEA apresenta um roteiro que caracteriza as atividades para o desenvolvimento de projetos de arquitetura, com o objetivo geral de estabelecer informações, subsídios, procedimentos e produtos finais para cada fase ou etapa de trabalho. É apresentado um modelo amplo e genérico que deve ser ajustado a cada caso, conforme conveniências contratuais e tipologia do empreendimento.

O modelo proposto pela AsBEA tem como objetivos principais configurar parâmetro base para a fixação de honorários profissionais; normalizar os procedimentos para a elaboração coordenada do projeto de arquitetura de edificações; discriminar os serviços incluídos e excluídos nos contratos que tenham por objetivo o projeto de arquitetura de edificações; e definir e caracterizar os principais elementos técnicos relacionados ao projeto, em especial as fases e etapas que o compõem, as informações necessárias ao seu desenvolvimento, os produtos finais e serviços que o caracterizam.

O roteiro que caracteriza as atividades para o desenvolvimento de projetos de arquitetura da AsBEA é subdividido em três grandes etapas: concepção, execução e coordenação. Estas etapas são subdivididas em outras nove etapas/fases, onde são descritas as atividades e informações complementares quanto aos conteúdos técnicos das mesmas. As etapas/fases proposta pelo modelo são:

- a) Levantamento Preliminar: fase preliminar de definições, verificações e análises, onde são buscadas as informações básicas para a realização de estudos de viabilidade técnica, legal e econômica, antes de iniciar-se o projeto;
- b) Estudo Preliminar: trata da configuração inicial da solução arquitetônica proposta para a edificação, a qual recebe aprovação preliminar do cliente;

- c) Anteprojeto: resultado final da solução arquitetônica proposta para a obra, após a consideração das exigências anteriores e o estudo preliminar aprovado;
- d) Projeto Legal: constitui a configuração técnico-jurídica da solução arquitetônica proposta para a obra, é uma sub-fase do anteprojeto, desenvolvida concomitante ou posteriormente a ele;
- e) Projeto Executivo: pode ser desenvolvido em até 4 sub-fases: Pré-executivo, Projeto Básico, Projeto de Execução e Detalhes de Execução;
- f) Caderno de Especificações: informações complementares a especificação técnica e detalhada dos materiais (dimensões, cores, texturas, modelos);
- g) Coordenação/gerenciamento geral dos projetos: considera-se que os projetos estrutural e de instalações prediais são desenvolvidos em etapas e fases análogas, as interfaces entre todos os projetos e sistemas exigem uma coordenação para compatibilizar as necessidades de cada área;
- h) Assistência à Execução da obra: é a fase complementar do projeto que se desenvolve concomitantemente a execução da obra, diferente da fiscalização e gerenciamento;
- i) Serviços Adicionais: outras atividades que podem ser desenvolvidas, como análise e seleção do local, desenvolvimento de necessidades, estudos de viabilidade, vistoria, etc..

Uma característica deste modelo está relacionada à descrição dos serviços de projetos de arquitetura e urbanismo, que apresenta uma abordagem global do processo, considerando o início do trabalho do arquiteto na fase de concepção do

produto, como interpretação do programa de necessidades, e sendo desenvolvida até a assistência a execução da obra. Outra característica é que o modelo considera a necessidade de aprovação das etapas por parte do contratante dos serviços, enfatizando a importância destas aprovações em função da consideração dos objetivos gerais, do escopo de trabalho definido, das condições técnicas, legais e compatibilização dos projetos.

O modelo também sugere que a aceitação dos produtos das etapas/fases de cada especialidade é condição básica para que seja iniciada a próxima fase do projeto e após a avaliação das etapas as empresas responsáveis pelos projetos devem receber relatórios de aprovação, o que demonstra a preocupação quanto à adequação dos projetos aos padrões estabelecidos pelo contratante.

2.6.4 Considerações sobre os modelos do processo de projeto:

Nos três modelos do processo de projeto apresentados são previstas aprovações das atividades e fases o que propicia o controle do processo de projeto, estes consideram a necessidade da aceitação da atividade anterior para se iniciar a próxima etapa do processo. O modelo do Project Management Institute enfatiza a melhoria do processo em sua forma gerencial, buscando a melhoria no desempenho na execução das atividades operacionais. O modelo proposto pela AsBEA tem ênfase na visão técnica na prestação de serviços dos intervenientes do processo focalizando a concepção do produto, enquanto o CTE sugere um modelo baseado no fluxo das atividades do processo de projeto.

No paradigma de projetos vigente as interfaces são medidas por contratos e organizadas de forma seqüencial, gerando resultados pobres de coordenação e quanto a qualidade técnica do projeto (FABRICIO & MELHADO, 2000).

Uma série de desenvolvimentos teóricos e experimentais realizados por Melhado (1994), Novaes (1996), Moura (1998), Tzortzopoulos (1999), etc., propuseram metodologias envolvendo a coordenação de projetos de edificações ampliando a

discussão da integração do projeto voltado para a produção. Contribuindo para o estabelecimento de um modelo do processo de projetos de edificações, Tzortzopoulus (1999) descreve em seu trabalho um conjunto de fases e atividades identificadas e baseada nos modelos do CTE e da AsBEA.

2.7 Estrutura de Desdobramento do Trabalho - EDT

Neste trabalho se tem o interesse de mostrar os processos de fluxo das atividades de desenvolvimento de projetos voltados para a construção de edifícios visando a redução do tempo no processo, esta intenção está baseada nos princípios de conversão, fluxos e geração de valor, apresentados anteriormente no item 2.3.

No desenvolvimento do processo de projeto há a necessidade de se gerenciar uma equipe multidisciplinar que atuará em atividades que visam a busca por informações que serão transformadas em especificações que têm por objetivo a satisfação das necessidades (requisitos) do cliente. Desta forma a elaboração da maioria dos projetos é muito complexa e há a necessidade de uma abordagem gerencial com ênfase no controle e melhoria contínua do processo de projeto. As atividades podem ser planejadas e controladas efetivamente com o detalhamento das etapas do processo de projeto com a aplicação da ferramenta de gerenciamento Estrutura de Desdobramento do Trabalho – EDT.

A Estrutura de Desdobramento do Trabalho – EDT, também conhecida com *Work Breakdown Structure* – WBS, promove uma estrutura para as atividades de planejamento, programação, estimativas de tempos e custos, orçamentação, autorização de trabalhos do projeto, etc.

A EDT é uma ferramenta básica para o planejamento e controle do processo de projeto a qual organiza, define e explicita as etapas do processo tanto do produto a ser obtido como do trabalho a ser realizado através de uma descrição gráfica (diagrama organizacional), com grau de detalhamento necessário, utilizando-se de softwares computacionais (CASAROTTO et al., 1999).

A aplicação da EDT em processos visa compreender e indicar todas as atividades necessárias para a realização dos objetivos do projeto (técnicos, gerenciais e administrativos) e não deve refletir a estrutura da organização nem decompor o produto por disciplinas (OGLIARI, 2000).

A forma estruturada e hierárquica da EDT permite uma visualização sistêmica do projeto, sendo que a decomposição do trabalho traz benefícios ao processo entre eles: uniformidade de tratamento em qualquer nível do projeto (cada responsável por uma tarefa é um gerente); possibilidade de terceirizar tarefas ou desenvolvê-las em outros locais; explícita, clara e desejável conexão ou relacionamento técnico das equipes das diversas tarefas por meio das interfaces respectivas partes físicas do produto; racionalização da documentação para cada parte do projeto; atribuição de grau de sigilo conveniente apenas nas tarefas necessárias (VALERIANO 1998).

Quadro 2.2 Forma de apresentação da EDT como tabela.

MODELO DE TABELA DE TAREFAS					
TAREFAS	Responsabilidade	Tempo Duração	Tarefa Precedente	Recursos	Interfaces
Tarefa A					
Sub-tarefa A					
Sub-tarefa A					
Tarefa B					
Sub-tarefa B					
Sub-tarefa B					

Fonte: Ogliari (2000).

A EDT pode ser representada de duas maneiras: em forma de organograma, também conhecida como árvore de decomposição do projeto, e como uma relação ou tabela, conforme Quadro 2.2. As duas formas são equivalentes e podem ser

usadas simultaneamente em um mesmo projeto. Neste trabalho, devido a seus objetivos será abordada somente a EDT em forma de tabela.

Com o uso da EDT o projeto é dividido em atividades e subatividades discriminadas em diversos níveis de decomposição como mostrado no Quadro 2.3. Os primeiros níveis são especificados pelos, ou em conjunto com os clientes com os propósitos de compromissos contratuais, relatórios, prazos, orçamentos, etc., sendo geralmente parte integrante da proposta do projeto. Os desdobramentos dos níveis de 4 a 6 são utilizados para efeito de controle interno (OGLIARI, 2000).

2.7.1 Elaboração da EDT

A EDT decorre da harmonização e da consolidação dos resultados de estudos de quatro áreas interativas: Decomposição do produto sucessivamente em suas partes constitutivas, EDP; determinação dos blocos de segundo nível: administrativos, gerenciais, outros; elaboração das declarações de trabalho; consolidações: estrutura de decomposição do trabalho, Orçamento-Mestre, Cronograma-Mestre e Escopo/Declaração de Trabalho (VALERIANO, 1998).

Quadro 2.3 Níveis de desdobramento do trabalho.

Tipos	Nível	Descrição
Gerencial	1	Programa total
	2	Projeto
	3	Tarefa
Técnico	4	Sub-tarefa
	5	Pacote de trabalho
	6	Unidade de esforço

Fonte: Ogliari (2000).

Com as informações do escopo, o gerente do projeto e a equipe iniciam o desdobramento do projeto em tarefas de níveis mais detalhadas. O detalhamento continua ao nível em que tarefas ou pacotes de trabalho sejam identificados e que cada tarefa possa ser planejada, orçada, programada, monitorada e controlada. Em cada pacote de trabalho identifica-se os dados relevantes, como a duração da tarefa, as tecnologias ou conhecimentos a serem utilizados; o pessoal e organizações responsáveis; os equipamentos e materiais; fornecedores, etc. (OGLIARI, 2000).

Em cada tarefa devem ser determinados os compromissos contratuais; as interfaces e as seqüências das tarefas; os marcos dos principais eventos; e os relatórios de avaliação devido a atrasos de projeto. Estes dados permitem a montagem do cronograma-mestre (OGLIARI, 2000).

A equipe multidisciplinar ou organizações envolvidas devem verificar e revisar as informações dos pacotes de trabalho explicitados pela EDT analisando requisitos de recursos, cronogramas, orçamentos, relações ou interfaces entre tarefas de mesmo nível, com o nível superior e nível inferior.

Na proposição de cada tarefa devem ser determinados os custos diretos de cada tarefa, os custos indiretos (administrativos, marketing, multas potenciais), a avaliação do risco (reservas para contingências) e lucros pretendidos, visando o estabelecimento do preço total da proposta de projeto.

Efetuada a EDT deve-se consolidar o cronograma-mestre, sendo necessário determinar as durações das tarefas e o seu seqüenciamento de execução temporal de maneira racional e dispô-las na melhor ordem para a execução do projeto. Desta forma, procura-se o relacionamento entre as tarefas e consideradas as precedências e condicionantes existentes para se obter a rede de precedência.

A rede de precedência do projeto mostra o encadeamento das tarefas na forma exeqüível, considerado os tempos de duração das tarefas, respeitadas as precedências e depois depuradas as incompatibilidades ou impossibilidades de

ações simultâneas, etc. Neste sentido, procura-se a conclusão da programação do projeto.

A programação do projeto (*Project scheduling*) é a ação de arranjar sistematicamente as tarefas para realizar um objetivo que é representado pelo plano, sendo este plano a referência para verificações de progressos do projeto e caso haja desvios, a necessidade de correções.

Na prática corrente de planejamento de projetos, segundo OGLIARI (2000), tem-se várias formas de programação, entre elas:

- a) PDM – *Precedence Diagramming Methode* ou AON – *Activity-On-Node*, Método do Diagrama de Precedência;
- b) ADM – *Arrow Diagramming Method* ou AOA – *Activity-On-Arrow*, Método de Diagrama de Setas;
- c) CPM – *Critical Path Method*, Método do Caminho Crítico;
- d) PERT – *Program Evaluation and Review Technique*;
- e) GERT – *Graphical Evaluation and Review Technique*;
- f) Diagramas de barras ou de Gantt;
- g) Diagramas de Marcos;
- h) DSM – *Design Structure Matrix* ou também chamada de MEP – *Dependency Structure Matrix*; ou ainda MED – Matriz da Estrutura de Dependências.

PERT, GANT e CPM permitem o gerenciamento de tarefas seqüenciais e

paralelas, mas não permitem o gerenciamento de tarefas mutuamente dependentes.

O trabalho de programação não é uma tarefa simples, exige alto grau de detalhamento. Este trabalho pode ser realizado de forma automática, com rapidez e segurança com o uso de softwares computacionais que tratam do planejamento e controle de projetos. Estes softwares registram as tarefas segundo a EDT, os insumos, prazos, restrições, resolvem conflitos entre estes dados e geram os diagramas de precedência em forma de algum método pré-escolhido, emitem relatórios necessários, em várias formas de apresentação.

Conforme referido anteriormente, este trabalho tem como meta a resolução de problemas relacionados ao fluxo de projetos. Neste sentido, um dos métodos que se apresenta adequado para a resolução destes é a DSM, como referendado no trabalho de Koskela & Huovila (1997) que apresenta o uso da DSM nas atividades da Construção Civil.

2.8 Design Structure Matrix – DSM

Segundo Browning (1998) a ferramenta de análise *Design Structure Matrix* teve origem entre os anos 1950 e 1960, nos conceitos e esforços de resolução de sistemas de equações. A definição formal e a aplicação dos conceitos a processos de projetos foi em 1981, quando Donald V. Steward descreveu a *Design Structure Matrix*. Em 1989, Rogers desenvolveu um software para análise das matrizes. O uso atual na indústria iniciou-se aproximadamente em 1990, introduzido por alguns professores e estudantes do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Nos últimos anos seu uso tem se expandido além do MIT para a indústria e outras universidades, sendo que a necessidade de um termo mais geral conduziu ao termo *Dependency Structure Matrix*, mas conservando os conceitos introduzidos por Steward em 1981.

A *Design Structure Matrix* (DSM) também é chamada de Matriz da Estrutura de Projeto (MEP) ou Matriz da Estrutura de Dependências (MED). Na literatura a DSM

também é chamada pelos nomes de *Dependency Structure Matrix*, *Problem Solving Matrix* (PSM) e *Design Precedence Matrix*.

Segundo Austin et al. (1999) a DSM é uma ferramenta de análise de produção (engenharia de sistemas), promove uma clara representação de sistemas complexos é um método de captura das interações, interdependências e interfaces entre os elementos do sistema (subsistemas de produção ou módulos, etc.).

A DSM permite a representação de um projeto com tarefas com dependências do tipo retroalimentação (*feedback*) e cíclicas. É apropriada para gerenciar equipes em um ambiente de engenharia simultânea.

Huovila et al. (1995b) e Austin et al. (1999) demonstraram a aplicação da DSM como meio de planificação e gerenciamento das fases de projeto de construção de edifícios, e apresentaram como conclusão que a técnica pode ser usada efetivamente no processo de projetos de edificações. Segundo Huovila et al. (1995b) a DSM é um método para analisar e melhorar o processo de projeto, usado eficientemente em projetos de desenvolvimento de produtos. Huovila et al. (1995b) fez uma aplicação da DSM demonstrando que é possível a aplicação da DSM no gerenciamento do processo de projeto de edificações, procurando-se sucessões de dependências melhores e confiáveis.

Tommelein (1997) apresentou uma simulação utilizando a DSM para representar o processo de construção. Seu trabalho está centrado no processo de fabricação e no fluxo de materiais, mostra que o processo depende diretamente do fluxo da informação entre a equipe de projeto e a equipe de construção. Através do fluxo do processo de projeto pode-se descrever um modelo associado aos fatores críticos de fluxo de informações técnicas dentro de um ambiente de desenvolvimento de produto.

Huovila et al. (1995b) identificou como uma fraqueza fundamental na indústria da construção a separação do projeto do restante do processo de construção. Um rebalanceamento significativo é necessário para integrar o projeto e a construção para

assegurar melhoria de desempenho, flexibilidade e sustentabilidade das operações e da manutenção.

A noção de um fluxo de projeto é construída com os resultados. O enfoque está no gerenciamento do fluxo de informação do projeto entre os elementos da equipe multidisciplinar (o cliente, o time de projeto (arquiteto, engenheiro estrutural, etc.) e o contratante (gerente do projeto).

O Quadro 2.4 mostra que tipos de dados podem ser representados na DSM, que são: a base de componentes, a base de equipes de projeto, a base de atividades de projeto, e a base de parâmetros.

Quadro 2.4 Tipos de dados que podem ser representados na DSM.

Tipos de dados da DSM	Dados representados	Tipos de aplicações de DSM
Base de componentes	Relações de multi-componentes	Arquitetura e layout de sistemas de produção
Base de equipes de projeto	Características de interfaces de multi-equipes	Organização da atividade de desenvolvimento, interfaces de gerenciamento e integração de equipes
Base de atividades de projeto	Relações de entrada e saída de atividades	Programação do projeto, seqüenciamento de atividades e redução dos tempos de ciclos iterativos
Base de parâmetros	Pontos de tomada de decisão sobre parâmetros e precedências	Seqüenciamento de atividades no baixo nível de planejamento da construção ou fabricação do produto

FONTE: Ogliari (2000).

A DSM modela as tarefas que deveriam ou não ser realizadas (executadas)

concomitantemente dentro de cada fase de um projeto. Alternativamente pode-se traçar as comunicações pessoais entre as pessoas do projeto.

A DSM é uma ferramenta para representar e analisar dependências de tarefas. É uma matriz quadrada com uma linha e coluna por atividade. Em uma DSM uma tarefa do projeto é anotada (nomeada) em uma linha e uma coluna correspondente. Os elementos indicados na diagonal representam as atividades das tarefas e os elementos fora da diagonal indicam interfaces de atividade.

Uma linha corresponde a uma tarefa e são anotadas “marcas” que indicam as outras tarefas das quais esta depende. A leitura de uma linha revela todas as tarefas cuja produção é necessária. Lendo uma coluna se revela quais tarefas recebem a informação que corresponde a coluna. A DSM mostra quais tarefas são seqüenciais, quais são em paralelo e quais são agrupadas resultando em quais tarefas são simultâneas.

Três tipos de configurações que caracterizam atividades																														
Relacionamento	Paralelo	Seqüencial	Acoplado																											
Representação gráfica																														
Representação DSM X, X e o	<table border="1"> <tr><td style="background-color: #cccccc;"></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>A</td><td>o</td></tr> <tr><td>B</td><td>o</td><td>A</td></tr> </table>		A	B	A	A	o	B	o	A	<table border="1"> <tr><td style="background-color: #cccccc;"></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>A</td><td>o</td></tr> <tr><td>B</td><td>X</td><td>A</td></tr> </table>		A	B	A	A	o	B	X	A	<table border="1"> <tr><td style="background-color: #cccccc;"></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>A</td><td>X</td></tr> <tr><td>B</td><td>X</td><td>A</td></tr> </table>		A	B	A	A	X	B	X	A
	A	B																												
A	A	o																												
B	o	A																												
	A	B																												
A	A	o																												
B	X	A																												
	A	B																												
A	A	X																												
B	X	A																												
Representação DSM 1 e 0	<table border="1"> <tr><td style="background-color: #cccccc;"></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>A</td><td>0</td></tr> <tr><td>B</td><td>0</td><td>A</td></tr> </table>		A	B	A	A	0	B	0	A	<table border="1"> <tr><td style="background-color: #cccccc;"></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>A</td><td>0</td></tr> <tr><td>B</td><td>1</td><td>A</td></tr> </table>		A	B	A	A	0	B	1	A	<table border="1"> <tr><td style="background-color: #cccccc;"></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>A</td><td>1</td></tr> <tr><td>B</td><td>1</td><td>A</td></tr> </table>		A	B	A	A	1	B	1	A
	A	B																												
A	A	0																												
B	0	A																												
	A	B																												
A	A	0																												
B	1	A																												
	A	B																												
A	A	1																												
B	1	A																												

Figura 2.10 Convenções e representações utilizadas nas matrizes DSM.

Fonte: Ogliari (2000).

Uma marca na matriz abaixo da diagonal principal representa a dependência da

tarefa da linha em relação a tarefa da coluna (de tarefas anteriores da matriz), enquanto que uma marca acima da diagonal principal representa a dependência da tarefa da coluna (de tarefas posteriores da matriz).

A Figura 2.10 mostra as convenções e representações usadas nas matrizes DSM. No relacionamento paralelo as atividades A e B são independentes e podem ser efetuadas simultaneamente. No caso seqüencial, B depende dos parâmetros ou dados de A, logo A deve ser concluída para se iniciar B. As atividades acopladas devem ser efetuadas iterativamente.

Como já foi visto, a “marca” abaixo da diagonal significa a atividade depende de atividades anteriores e acima da diagonal depende de atividades posteriores. Se possível as atividades devem ser recolocadas de modo que todas as “marcas” fiquem abaixo da diagonal. Se não é possível, como no caso de atividades acopladas, procura-se então recolocar de tal forma que a “marca” fique próxima da diagonal, o que reduz ciclos iterativos.

2.8.1 Características gerais dos modelos de DSM

Os elementos fora da diagonal necessariamente não precisam ser binários. Podem assumir valores de 0 e 1 ou 0 a 9, de modo a transmitir informações considerando as interfaces, tais como probabilidades de ocorrer interações, percentagem de re-trabalhos, tipo de fluxo de dados, quantidade de fluxo de dados (OGLIARI, 2000).

As atividades não precisam limitar-se ao tipo de relacionamento fim-para-início, as atividades podem apresentar sobreposições em certos casos, sendo que estas superposições devem estar baseadas na natureza da produção das informações e seu uso em atividades posteriores ou anteriores.

A duração das atividades pode estar colocada sobre a posição da diagonal principal, e isto, junto com as informações de serem paralelas, seqüenciais ou

acopladas, pode levar a uma avaliação do caminho crítico do projeto.

Atividades que podem ser executadas em paralelo, sob o ponto de vista das informações, podem ainda ser suspensas temporariamente devido às restrições de recursos.

Algumas vantagens e capacidades da DSM, segundo Ogliari (2000), na redução do ciclo do projeto são:

- representação concisa de processos complexos com uma visão sistemática;
- clara interpretação de potenciais interações nestes processos;
- a descrição de um processo pode ser analisada e modificada para prover uma descrição do projeto, com risco programado e tempo de ciclo reduzido;
- um meio mais preciso para gerenciar o cronograma e de antecipar o risco programado;
- proporciona visão sistêmica das atividades do projeto e de suas relações que reduzem o tempo de ciclo do projeto;
- modelo demonstra apropriadamente as atividades simultâneas;
- é um meio rápido de examinar atividades potenciais para mudanças de seqüência e seus efeitos sobre o cronograma;
- uma visão que permite a organização de recursos para redução de ciclos e iterações.

Na elaboração da DSM primeiro é construída a definição e a determinação das variáveis estratégicas de projeto. A primeira tarefa é então decidir as prioridades iniciais pelo fluxo de projeto do produto a ser analisado. A segunda etapa é construir a lista de variáveis críticas, importante para a realização prática de desenvolvimento do projeto. As variáveis são: conceito de produto, qualidade de produto, disponibilidade de competência, componentes compartilhados, ciclos de testes, especificações de produto, aprendizagem tecnológica e exigência de testes.

A Figura 2.11 mostra a metodologia a ser aplicada neste trabalho para o desenvolvimento do modelo do processo de projeto: a) desenvolver um modelo do processo através do detalhamento das tarefas de projeto; b) efetuar o desdobramento das atividades e criar um banco de dados; c) Utilizar a DSM para aperfeiçoar a ordem de tarefas identificando as atividades que podem ser realizadas iterativamente (em paralelo); d) desenvolver um cronograma para o controle do processo de projeto utilizando a ferramenta MS-Project.

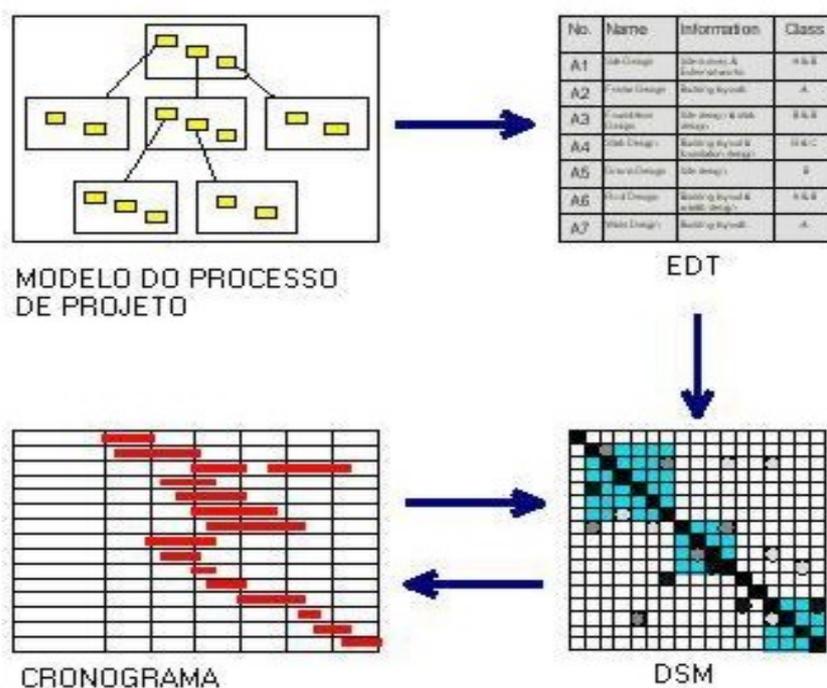


Figura 2.11 Programa de integração de processos de projeto e execução de obras.
FONTE: Austin et. al. (1999).

Austin et al. (1999) recomenda identificar os problemas comuns relativo ao

processo de projeto e seu gerenciamento; determinar as diferentes fases do processo de projeto, suas características e a relação entre elas; e identificar métodos de processo comuns de planejamento e áreas para melhoria.

2.9 Considerações

Historicamente o projeto e a construção são vistos como dois sistemas separados, com recursos, programas e orçamentos diferentes. Isto conduziu ao desenvolvimento de duas entidades culturais completamente diferentes: o time de projeto e o time de execução. É necessário integrar os dois times, buscando o entendimento dos processos pelos quais os times operam, e como eles se relacionam e dependem um do outro.

Tradicionalmente o processo de projeto de Edifícios tem sido pobremente planejado e gerenciado, e tem sido tratado como completamente separado do processo de construção. Para integrar os processos de projeto e execução é importante desenvolver um programa que represente um projeto aperfeiçoado para o período de execução. Uma maior compreensão conduzirá à eliminação de perdas causadas pelos problemas de coordenação e gerenciamento do processo.

A programação do processo de projeto identifica a sucessão de tarefas para satisfazer o desenvolvimento de uma solução ótima de projeto. Um conhecimento da ótima sucessão de projeto, quando combinados com uma visão de sucessão de construção ideal (que é relativamente fácil de determinar prontamente com o uso de um projeto planejado) provê um bom ponto de partida para a integração do projeto no processo de execução.

Por exemplo, fundações (tarefa M, figura 2.12) são os últimos componentes do edifício para serem projetados (idealmente), mas eles são um dos primeiros a ser requerido na obra, que significa normalmente que há necessidade de projetar fora de ordem, isto é, o processo de construção impõe um constrangimento em projeto.

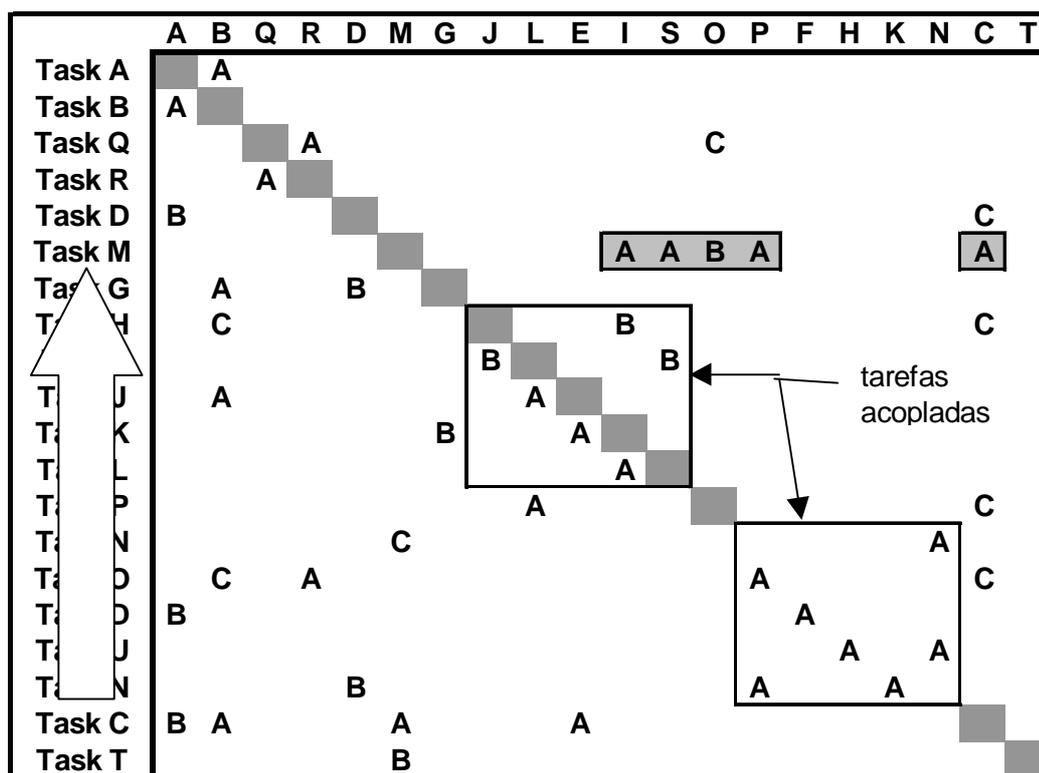


Figura 2.12 Efeito da reordenação no processo de construção.

Fonte: Austin et al. (1999).

Na Figura 2.12 a tarefa M foi deslocada. As tarefas críticas foram agrupadas na diagonal. As tarefas são reordenadas de forma de serem independentes. Para que não se criem interdependências no processo de projeto, a informação deve ser tratada de certo modo que assegure que não precise ser revisitada depois de um ponto no processo.

A Figura 2.11 descreve a filosofia de integrar os processos de projeto e de construção com os programas. Indica o resultado de integrar os processos de projeto e de execução (com programas correspondentes), a definição de uma estratégia mutuamente de acordo com definições objetivas entre a equipe de projeto e de execução, e a análise dos riscos do programa.

A integração ao processo de projeto permite aos participantes da equipe se ocupar de uma maneira ordenada e oportuna. Tendo-se estabelecido a integração ao projeto da equipe através de uma estratégia, o processo pode ser examinado

para determinar se é melhor ser empreendido por consultores, contratados e subcontratados, selecionando e integrando os indivíduos envolvidos no processo. Em algumas situações pode parecer lógico que o contratado não seja envolvido nas fases iniciais do processo de projeto, porém poderia ser benéfico introduzi-los nas fases iniciais em casos onde o processo dos sistemas pertinentes requer coordenação e gerenciamento com outros contratos (no próprio projeto e na execução).

Pode parecer sensato apresentar os contratados nas fases iniciais do processo (quando for possível), embora isto resulte em uma carga de trabalho maior de projeto enquanto eles esperam os consultores ou outros contratados para desenvolverem o próprio projeto. Isto pode parecer gasto enquanto nenhum trabalho tenha sido concluído, mas terá retorno durante a sua execução. Esta aproximação será adotada neste trabalho, buscando-se como consequência alívio na compilação do modelo.

Com a DSM é possível avaliar o impacto que cada tarefa influencia em cada pacote de trabalho (nas outras tarefas) e a necessidade de coordenação entre eles. A chave para a integração da equipe é que os participantes devem ser apresentados nas fases iniciais do projeto para permitir uma coordenação com outras partes do projeto e, em fases posteriores tal que o projeto não seja atrapalhado por decisões feitas ao longo do processo de projeto, evitando-se o re-trabalho.

A identificação e melhoria dos processos de projeto e execução podem eliminar o tempo desperdiçado e o esforço da equipe se esses processos forem controlados e integrados. A integração entre o processo de projeto e execução esta na tradução efetiva da comunicação da informação do projeto com a informação da execução e, resumidamente ao fluxo dos processos.

Existem problemas entre o projeto e a execução devido a falta de qualidade da informação de projeto passada ao executor; as definições ambíguas de âmbito de serviço e de responsabilidades; e as condições contratuais e condições aplicadas pelo contratante aos projetistas e aos fornecedores.

Discussões entre os contratantes, contratados e fornecedores dentro da indústria conduzem para ao desperdício e para processos ineficientes, em decorrência de falta de entendimento e de habilidades dos fornecedores, de procedimentos administrativos ineficientes que inibem o desenvolvimento de um procedimento mais íntimo entre a equipe e de um engano nas operações empresariais.

O fluxo da informação é a chave ao sucesso da integração dos dois processos. Na maioria dos casos a transição de projeto para construção envolve uma troca de responsabilidades dentro da organização. Neste sentido, no próximo capítulo se irá buscar a elaboração de uma metodologia baseada nos princípios da engenharia simultânea e da DSM no processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte que vise priorizar estas questões.

CAPÍTULO 3 METODOLOGIA

3.1 A metodologia escolhida

O presente capítulo apresenta o método de pesquisa cuja concepção teve por base as diretrizes apresentadas ao final do Capítulo 2. Este trabalho tem o caráter de pesquisa-ação conforme Gil (1991), concebida e realizada em estreita associação com diversas formas de ação coletivas que são orientadas para a resolução de problemas ou de objetivos de transformação de um problema coletivo. A pesquisa-ação é uma metodologia de pesquisa que pertence à tradição interpretativista ou qualitativa de investigação. Conforme aponta Gil (1991), ao termo pesquisa-ação entende-se o conceito de que na atividade de pesquisa os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. Esta pesquisa é caracterizada como um método de investigação de natureza qualitativa que procura resolver problemas específicos, dentro de um grupo ou organização.

Outras características da pesquisa-ação são que os canais de comunicação e coleta da pesquisa são informais, as pessoas estão freqüentemente comprometidas na coleta e estudo das informações e os resultados são utilizados para resolver problemas específicos. Assim sendo, esta pesquisa estimula e encoraja as pessoas envolvidas a estudar seus próprios problemas e resolvê-los. Considera-se, ainda, a importância atribuída ao papel do pesquisador na pesquisa-ação, que é de orientar os participantes na definição e busca de soluções aos problemas organizacionais. Assim, este trabalho teve grande participação dos envolvidos e alto grau de envolvimento entre pesquisador e pesquisados através da realização de trabalhos conjuntos, com ênfase na coleta de informações e resolução de problemas. Além disto, o trabalho de questões de interesse compartilhado possibilitou a criação de soluções consensuais.

Segundo Thiollent (1994) a pesquisa-ação é uma investigação cooperativa entre

um cliente e um consultor, consistindo em um diagnóstico preliminar, coleta de dados sobre o cliente, realimentação dos dados para o cliente, análise dos dados e planejamento da ação pelo cliente e implementação da ação.

A idéia básica da pesquisa-ação é que nos sistemas sociais não é possível separar a obtenção de conhecimentos da ação sobre o sistema. Para atuar sobre um sistema social é preciso ter a colaboração das pessoas. As pessoas tendem a acreditar naquilo que elas tiveram oportunidade de experimentar e apoiar as mudanças de cujo planejamento participaram.

A pesquisa-ação tem sido concebida principalmente como metodologia de articulação do conhecer e do agir. Quando o objetivo da pesquisa-ação consiste em resolver um problema prático e formular um plano de ação, a forma de raciocínio utilizada consiste na particularização e não na generalização. Nesta concepção, a pesquisa não é limitada aos aspectos práticos. A mediação teórico-conceitual permanece operando em todas as fases de desenvolvimento do projeto.

Conforme Thiollent (1994), na pesquisa-ação os pesquisadores desempenham um papel ativo no equacionamento dos problemas encontrados, no acompanhamento e na avaliação das ações desencadeadas em função dos problemas.

No trabalho com a pesquisa-ação, segundo Thiollent (1994), há três aspectos a serem atingidos: resolução de problemas, tomada de consciência e a produção de conhecimento. O autor afirma que na pesquisa-ação existe "realmente uma ação por parte das pessoas ou grupos implicados nos problemas sob observação" e o tipo de ação é, de fato, uma ação problemática, merecendo investigação para ser elaborada e conduzida.

Nunan (1989), em seu livro sobre esse método de pesquisa, diz que a pesquisa-ação é uma forma de investigação auto-reflexiva empreendida por participantes de contextos sociais com o propósito de melhorar a adequação e a equidade de suas próprias práticas, e as situações nas quais essas práticas são conduzidas.

Contudo, ressalta também que toda pesquisa-ação é do tipo participativa, mas uma pesquisa participante não é pesquisa-ação, visto que esta última, além da participação, supõe uma forma de ação planejada de caráter social, educacional, técnico ou outro, que nem sempre se encontra em propostas participantes.

Porém, a participação do pesquisador não qualifica a especificidade da pesquisa-ação, que consiste em organizar a investigação em torno da concepção do desenrolar e da avaliação de uma ação planejada (THIOLLENT, 1994).

Como um método de investigação interpretativista, a pesquisa-ação: a) concentra o seu foco nos fluxos dos processos e não nos produtos finais e resultados; b) tem como objetivo principal o de revelar os elementos que definem as atividades do processo de produção e não o de julgar o mérito das atividades do processo; c) preocupa-se com a documentação e análise do que realmente acontece no processo de produção, em vez de simplesmente medir a produtividade e desempenho.

Gil (1991) cita quatro fases para a pesquisa-ação, a saber: Fase I - Desenvolver um plano de ação para melhorar o que já está acontecendo; Fase II - Agir para implementar o plano; Fase III - Observar os efeitos da ação no contexto em que ocorre; Fase IV- Refletir sobre esses efeitos.

As estratégias do gerenciamento do processo de projeto variam de organização para organização e a trajetória de aquisição também. Contudo, ressalta-se que não há variações nesse processo de pesquisa, o que tornaria impraticável a investigação, e há o que também se chama de elementos universais ou comuns.

No presente trabalho, a pesquisa bibliográfica apresentada no capítulo 2 contendo o levantamento das atividades de processo de projeto foi apresentada de forma estruturada aos entrevistados. A pesquisa teve como principal fundamentação empírica a realização de duas entrevistas.

3.2 Caracterização geral das empresas envolvidas

As duas empresas construtoras incorporadoras envolvidas nesta pesquisa são de pequeno porte, sediadas na cidade de Maringá, Estado do Paraná. Estas desenvolvem incorporações a preço fechado e, por isto, os elementos do modelo do processo de projeto desenvolvido foram adaptados a este tipo de incorporação.

A empresa A foi fundada em 1980 pelos três diretores atuais, sendo dois deles engenheiros civis e o outro administrador de empresas. Desde a sua fundação, a empresa já construiu mais de 100.000 metros quadrados de obras, a maioria delas edificações residenciais para a classe média. No período de realização deste estudo a empresa construía dois empreendimentos. Os três diretores dividem as responsabilidades pelo gerenciamento da empresa e também pela condução de obras. Um destes diretores é responsável pelas atividades de execução de obras, tendo como formação em engenharia civil.

Todos os projetos são desenvolvidos com a contratação de profissionais externos à empresa, tendo outro diretor com formação em engenharia civil, como responsável pelo gerenciamento do processo de projeto.

Na empresa A, a discussão esteve centrada na definição dos passos do desenvolvimento do projeto, tendo sido a mesma realizada em um período de três horas.

A empresa B foi fundada em 1979 em Maringá, possuindo três diretores, sendo um responsável pela gestão de todos os empreendimentos da empresa e que assume também o papel de gerente de projeto. Os outros dois diretores têm as funções de gerente administrativo e de gerente financeiro. A empresa conta com mais um engenheiro contratado sendo responsável pela condução de obras, atividades numéricas, e gerente da produção de edificações. A empresa já construiu mais de 150.000 metros quadrados de obras residenciais e comerciais direcionadas as classes média, alta e baixa. No período de realização deste estudo a empresa

possuía três obras em andamento. Conforme se observa, a empresa B possui uma estrutura organizacional parecida com a empresa A.

A forma de contratação de projetos da empresa B ocorre de forma semelhante à da empresa A. Os profissionais que prestam serviços às empresas são selecionados em função do tipo de projeto a ser desenvolvido e da especialidade de cada profissional, havendo em média dois arquitetos, dois engenheiros de estruturas, dois engenheiros de instalações prediais, além de outros profissionais de nível médio como orçamentistas, técnicos em edificações e cadistas.

Nesta pesquisa houve a participação de uma equipe de projetistas parceiros das empresas construtoras incorporadoras envolvidas, que colaboraram na elaboração do método do processo de projeto. Sua participação é de extrema importância, à medida que o projeto é desenvolvido por diferentes intervenientes que possuem visões diferenciadas a serem consideradas. Também, ao longo dos trabalhos junto às empresas foi recebida regularmente realimentação destes parceiros, o que beneficiou o trabalho por propiciar que os modelos desenvolvidos fossem consensuais.

3.3 Descrição dos instrumentos e procedimentos

Os instrumentos utilizados para este trabalho de investigação e ação foram a observação e coleta de dados. A questão principal pesquisada esteve relacionada a identificação das etapas e atividades do processo de projeto e seus responsáveis. Após aplicação dos instrumentos, as informações obtidas foram avaliadas e em seguida analisadas para as conclusões finais.

O plano de trabalho junto às empresas foi desenvolvido com base nas diretrizes estabelecidas a partir da bibliografia, objetivando estabelecer a seqüência do trabalho para o desenvolvimento da metodologia do processo de projeto. Os objetivos e atividades principais das fases, etapas e atividades, definidas no processo de projeto e os prazos para a sua execução, foram discutidos e avaliados

junto às empresas.

Neste trabalho, baseando-se nos modelos apresentados no Capítulo 2, item 2.6, foram definidas as seguintes etapas do processo do empreendimento: a) planejamento estratégico; b) planejamento e concepção do empreendimento; c) estudo preliminar; d) anteprojeto; e) projeto legal de prefeitura; f) projeto executivo; g) acompanhamento da obra; h) acompanhamento de uso. O fluxo do processo do empreendimento inicia com a busca por oportunidade de negócios e, termina com a manutenção do banco de dados das atividades do processo de projeto, das características físicas e construtivas do empreendimento, avaliação do desempenho da equipe multidisciplinar, etc.

A metodologia de pesquisa tem cinco componentes principais: a) a definição de um modelo de processo representando as atividades e informações que fluem no processo de projeto; b) a confecção da EDT – estrutura do desdobramento do trabalho, representando o modelo em um formato de banco de dados para o qual uma informação adicional pode ser incluída; c) entrevistas e discussões com empresas construtoras incorporadoras; d) análise do modelo de processo utilizando a DSM – *Design Structure Matriz*, esta aperfeiçoa a ordem de tarefas e identifica as atividades que devem ser empreendidas de modo iterativo; e) cronograma de controle do processo de projeto, construído com base no resultado da análise da DSM.

As principais informações coletadas ao longo das pesquisas contemplam os seguintes aspectos: a) dados gerais da empresa; b) descrição das principais etapas e atividades do processo de projeto; c) marcos de início e fim das etapas; d) definição dos papéis e responsabilidades do gerente de projetos e da equipe multidisciplinar; e) estrutura e tipo de documentação utilizada; f) itens de controle e verificação utilizados; g) ações desenvolvidas para melhorar o desempenho do processo de projeto.

Esta pesquisa, também teve por objetivo a coleta de informações referentes aos procedimentos adotados pelas empresas pesquisadas quanto à:

- a) Existe um procedimento formal de gerenciamento do processo de projeto implantado na empresa?
- b) Quem desempenha a função de gerente de projeto na organização do processo do projeto do empreendimento?
- c) Os projetos e serviços de projeto são realizados por funcionários da própria empresa ou são contratados profissionais externos e independentes?
- d) Como são identificadas as etapas (fases) críticas do processo de projeto?
- e) Como são disponibilizadas as informações e documentos necessários para o desenvolvimento das atividades do projeto?
- f) Após a conclusão do projeto do empreendimento, como são avaliados os resultados e o desempenho da equipe multidisciplinar e o produto gerado?

3.4 Considerações

O foco desta pesquisa é de desenvolver uma metodologia do processo de projeto, detalhar e estabelecer sua viabilidade como a base de uma ferramenta de gerenciamento de projeto para a indústria da construção civil.

Neste capítulo definiu-se a metodologia para obter o propósito deste trabalho que consiste em:

- a) identificar modelos de processo de projeto existentes (como visto no Capítulo 2);
- b) criar um modelo do processo de projeto de edificações;

- c) identificar as atividades do processo de projeto e a relação de dependências entre elas, as atividades seqüenciais, paralelas e simultâneas e a hierarquia da estrutura do processo;
- d) desenvolver um modelo genérico do fluxo de informações durante a construção do projeto detalhado.

Outro objetivo deste trabalho é a utilização da DSM como ferramenta de gerenciamento de projetos de edificações, analisando a relação de precedências e interdependências das atividades do modelo, e após a análise dos resultados agrupa-las e ordena-las de maneira conveniente, que facilite o fluxo de informações e libere as atividades em processo. A análise da DSM resulta na programação e controle do projeto.

No capítulo seguinte serão apresentados e analisados os dados da pesquisa que servirá de base para a produção de um modelo de processo de projeto de edificações, onde será testada a ferramenta DSM e serão elaborados programas de controle de projeto visando a comparação com resultados práticos e a análise de vantagens e desvantagens da utilização deste modelo proposto. A análise da aplicação do modelo do ponto de vista cultural, gerencial e organizacional também será apresentada.

CAPÍTULO 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

4.1 Introdução

O objetivo deste capítulo é apresentar e analisar os dados obtidos pela pesquisa-ação conduzida através do trabalho de investigação e ação, incluindo as informações obtidas através das entrevistas realizadas junto a duas empresas construtoras incorporadoras descritas no Capítulo 3. O foco desta pesquisa foi desenvolver e testar uma metodologia para o planejamento do processo de projeto e, conseqüentemente, estabelecer sua viabilidade como base de uma ferramenta de gerenciamento de projeto para a indústria da construção civil, em especial ao sub-setor de edificações.

Será apresentado neste capítulo o processo de projeto das empresas construtoras incorporadoras, segundo a percepção de seus dirigentes e projetistas por ele contratados.

A estratégia utilizada neste estudo teve quatro componentes principais:

1. Escolha do modelo do processo de projeto, obtido através da revisão bibliográfica, conforme mostrado no Capítulo 2, e pelas observações nas empresas A e B, o que possibilitou a identificação das atividades executadas no processo de projeto, seus responsáveis e o tempo de duração, as precedências entre as atividades e suas interfaces. As atividades foram estabelecidas através da aplicação da Estrutura do Desdobramento do Trabalho representando o modelo.
2. Aplicação da DSM na análise do modelo, aperfeiçoando a ordem das tarefas e identificando a seqüência de atividades a serem desenvolvidas de uma maneira simultânea e interativa. Nesta etapa foram realizadas observações e coleta de dados para a definição das precedências entre as

atividades e suas interfaces.

3. Apresentação de um Cronograma para o Controle do Processo de Projeto, construído através dos resultados obtidos pela aplicação da DSM.
4. Análise das vantagens e desvantagens da utilização do método proposto e, finalmente, a análise da aplicação do modelo do ponto de vista cultural, gerencial e organizacional.

O enfoque principal deste trabalho é o gerenciamento do fluxo de informações do processo de projeto entre os elementos da equipe multidisciplinar, inserido em um ambiente de engenharia simultânea e com o projeto voltado para a construtibilidade e racionalização, dentro dos princípios da produção enxuta (nova filosofia da produção).

4.2 Estrutura do Desdobramento do Trabalho – EDT

A primeira etapa executada envolveu a determinação das fases do fluxo de projeto de edificações. Esta foi realizada pelas observações e coleta de informações junto às empresas A e B e através da revisão da literatura. Assim sendo, determinaram-se as fases e atividades do processo de projeto, os responsáveis pelo desenvolvimento da atividade e o tempo de duração para a execução da atividade, resultando em um modelo de estratégia de projeto que combina os elementos do processo de projeto de forma seqüencial.

As fases e atividades do fluxo de projeto foram construídas através da cooperação entre as empresas construtoras observadas e seus parceiros, onde foram discutidas a ordenação e a seqüência das tarefas, bem como as atividades do processo de projeto.

Foram definidos os intervenientes do processo de projeto e o grau de participação de cada um na execução das fases ou atividades definidas. O grau de

participação de cada interveniente foi estabelecido conforme o seu envolvimento na execução das atividades e classificado em dois níveis: a) Responsável pela atividade e b) Consultor, co-responsável pela atividade. O responsável pela atividade é o que decide em caráter final, enquanto o Consultor participa da atividade fornecendo informações ao Responsável.

Os intervenientes do processo definidos foram: Diretor da Empresa, Gerente de Projetos, Corretores de Vendas, Projetista de Arquitetura, Gerente de Produção (Engenheiro Residente da Obra), Engenheiro de Estruturas, Projetista de Instalações Elétricas e Telefônicas, Projetista de Instalações Hidro-Sanitárias, Projetistas de Fundações e Outros Projetistas como os Projetistas do Sistema de Ar Condicionado, Paisagismo, Decoração de Interiores, Instalações de gás, entre outros. Os intervenientes do processo atuam na tomada de decisões e na resolução de problemas que atendam os requisitos especificados pelos clientes do processo.

Conforme citado no Capítulo 3 e mostrado na Tabela 4.1, foram definidas as seguintes fases do processo do empreendimento:

1. planejamento estratégico;
2. planejamento e concepção do empreendimento;
3. estudo preliminar;
4. anteprojeto;
5. projeto legal de prefeitura;
6. projeto executivo;
7. acompanhamento da obra;

8. acompanhamento de uso.

As oito fases definidas para o processo de projeto nas empresas A e B são apresentadas na Tabela 4.1, sendo a legenda de intervenientes e a representação do grau de atuação dos mesmos na execução de cada atividade válida para ambas as empresas.

Tabela 4.1 Fases do Processo de Projeto de Edificações.

EDT	Processo de Projeto de Edificações FASES	Responsável										Tempo de duração
		DE	GP	VE	AR	GO	ES	IE	HS	FU	OU	
1	Planejamento Estratégico	X	X	C							C	112
2	Planejamento e Concepção do Empreendimento	X	X	X		C						113
3	Estudo Preliminar	X	X	C	C	C	C	C	C	C	C	97
4	Anteprojeto	X	X	C	X	C	X	X	X	X	X	67
5	Projeto Legal de Prefeitura	X	X	X	X							100
6	Projeto Executivo	X	X		X	C	X	X	X	X	X	195
7	Acompanhamento da obra	C	X		X	X	X	X	X	X	X	
8	Acompanhamento de uso	X	X			C						

Legenda de Intervenientes	
Diretoria da Empresa	DE
Gerente de Projetos	GP
Corretores de Vendas	VE
Projetista de Arquitetura	AR
Gerente de Produção-Engenheiro de obra	GO
Engenheiro de Estruturas	ES
Projetista instalações elétricas e telefônicas	IE
Projetista de Instalações Hidrossanitárias	HS
Projetista de Fundações	FU
Outros Projetistas	OU

A segunda etapa na elaboração da EDT foi a construção da lista de atividades que os entrevistados identificaram como importantes para a realização prática de cada fase do processo de projeto, conforme mostrado a seguir.

4.2.1 Planejamento Estratégico

A fase Planejamento Estratégico foi a primeira a ser desdobrada. O produto das atividades desta fase é o estabelecimento das metas estratégicas da empresa, visando à redução dos custos e dos prazos de execução e a melhoria da qualidade

do produto através da incorporação das necessidades dos clientes, fatores estes que influenciam a imagem da empresa no mercado. Nesta fase são estabelecidas metas do empreendedor quanto às suas necessidades em termos de volume de produção desejado, receitas e lucratividade, objetivos de crescimento e análise de mercado. As atividades desta fase, seus tempos de duração e os respectivos responsáveis por cada uma delas estão listados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 Atividades da Fase Planejamento Estratégico.

EDT	Planejamento Estratégico	Responsável										Tempo de Duração
		DE	GP	VE	AR	GO	ES	IE	HS	FU	OU	
1	Atividades											
1,1	Busca por oportunidade de negócios	X		C								30
1,2	Definição de prazos de colocação de produtos no mercado	X										5
1,3	Relações estratégicas com fornecedores	X	C			C					C	14
1,4	Definição do volume de produção desejado	X	C			C						5
1,5	Avaliação de receitas e lucratividade	X										5
1,6	Objetivos de crescimento e análise de mercado	X	C									14
1,7	Busca de definições de requisitos do cliente	X	C	C							C	5
1,8	Dados de avaliação da satisfação de clientes	X	C	C								5
1,9	Definição dos clientes do processo	X		C								14
1,10	Definição do segmento de mercado	X										14
1,11	Aprovação da etapa	X										1

Na atividade Aprovação da Etapa busca-se a aprovação simultânea das atividades da fase, são analisadas as informações produzidas e as atividades executadas, o que possibilita o controle sistemático e documentado do processo. A Aprovação da Etapa considera questões como: todos os requisitos foram definidos? todas as definições foram realizadas? todos os intervenientes foram consultados? o desenvolvimento do projeto está de acordo com o cronograma? os requisitos dos clientes foram incorporados ao projeto? o produto está de acordo com as tendências de mercado? as informações de projeto foram documentadas e posteriormente checadas? São estabelecidos os requisitos mínimos para a aprovação da etapa (TZORTZOPOULUS, 1999).

Durante o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa-ação foi enfatizada a importância da melhoria contínua, conforme preconizado pelos princípios da Produção Enxuta (KOSKELA, 1992). As atividades desenvolvidas nesta fase necessitam de informações de experiências anteriores para a melhoria e refinamento da Estratégia Competitiva e Estratégia de Produção dos novos projetos

da empresa.

4.2.2 Planejamento e Concepção do Empreendimento

As atividades desta fase do processo de projeto são destinadas à concepção, definição, análise e avaliação do conjunto de informações técnicas e econômicas iniciais e estratégicas do empreendimento (ABNT, 1995), conforme apresentado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 Atividades da Fase Planejamento e Concepção do Empreendimento.

EDT	Planejamento e Concepção do Empreendimento	Responsável										Tempo duração
		DE	GP	VE	AR	GO	ES	IE	HS	FU	OU	
2	Atividades											
2,1	Definição do produto	X	C	C								14
2,2	Busca por oportunidade de negócios com terrenos	X	C	C								14
2,3	Levantamento de dados e documentação legal	X	X	C	C							14
2,4	Análise numérica do terreno (o que se pode construir)	X	X	C	C							7
2,5	Definição da tipologia do empreendimento	X	C	C								14
2,6	Avaliação da viabilidade econômica e legal	X	C									7
2,7	Avaliação da viabilidade do empreendimento	X	C	C								7
2,8	Análise da viabilidade técnica do empreendimento	X	X									7
2,9	Avaliação das necessidades do empreendedor	X	C									7
2,10	Avaliação das necessidades (requisitos) do cliente	X	X	C	C							7
2,11	Definição do agente de vendas - corretor de imóveis	X										7
2,12	Concepção do Projeto - Definição do Arquiteto	X	C		C							7
2,13	Aprovação da etapa concepção do empreendimento	X										1

4.2.3 Estudo Preliminar

Esta fase destina-se à geração do conjunto de informações técnicas iniciais necessárias à caracterização geral da edificação, contemplando a representação gráfica da concepção dos projetos integrantes do empreendimento, em escala adequada e de forma simplificada (ABNT, 1995). Ocorre a definição inicial do projeto, considerando-se as necessidades dos clientes potenciais do empreendimento, as características tecnológicas construtivas do empreendimento e a negociação do terreno. As principais atividades estão descritas na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 Atividades da Fase Estudo Preliminar.

EDT 3	Estudo Preliminar Atividades	Responsável										Tempo de duração
		DE	GP	VE	AR	GO	ES	IE	HS	FU	OU	
3,1	Programa de necessidades-partido arquitetônico	X	C	C	X							7
3,2	Levantamento de indicadores	X	X		C	C	C	C	C	C	C	5
3,3	Definições tecnológicas do empreendimento	X	X		C	C	C	C	C	C	C	7
3,4	Lançamento de alternativas arquitetônicas											7
3,5	Avaliação de alternativas preliminares	X	X		C							3
3,6	Definição do sistema estrutural		C				X					3
3,7	Definição dos sistemas prediais		C					X	X			3
3,8	Complementação do estudo preliminar	X	X		C							5
3,9	Negociação do terreno	X	X									20
3,10	Fechamento negocial do terreno	X		C								15
3,11	Definição dos projetistas ES-IE-HS-OU	X	C									14
3,12	Reformulações (é necessário reformular?)	X	C									7
3,13	Aprovação da etapa estudo preliminar	X										1

4.2.4 Anteprojeto

Nesta fase são desenvolvidas as atividades que visam a definição da solução geral que possibilita a compreensão do empreendimento. A fase é destinada à concepção e à representação das informações técnicas e legais da edificação, de seus elementos, sistemas e componentes, necessários aos inter-relacionamentos das atividades técnicas de projeto e suficientes à elaboração de estimativas de custos, análise financeira e mercadológica, avaliação técnica e dos prazos de execução pelos projetistas e os engenheiros da obra. Estes objetivos são cumpridos através das atividades mostradas na Tabela 4.5.

Nas empresas observadas, ferramentas computacionais CAD e planilhas eletrônicas são utilizadas desde as fases iniciais do projeto, permitindo aos intervenientes a visualização do produto real, desde a fase de conceito até o projeto concluído. Os projetistas informaram que o uso de ferramentas computacionais possibilita uma melhor troca de informações e permite a análise de diversas situações e soluções. Uma vez esboçado o projeto básico, realizam-se análises estruturais utilizando os softwares específicos de arquitetura, estruturas e de instalações prediais. Observa-se o uso dos princípios da ES desde as fases iniciais do processo de projeto.

Tabela 4.5 Atividades da Fase Anteprojeto.

EDT	Anteprojeto	Responsável										Tempo de duração
		DE	GP	VE	AR	GO	ES	IE	HS	FU	OU	
4	Atividades											
4,1	Primeiro anteprojeto arquitetônico	C	C	C	X							7
4,2	Anteprojeto layout do canteiro		C	C	C	X	C	C	C	C	C	2
4,3	Análise técnica com projetistas e setor produção		X		C	C	C	C	C	C	C	2
4,4	Reformulação e diretrizes técnicas-padrões construtivos	X	X									3
4,5	Primeiro lançamento do projeto estrutural				C	C	X			C		3
4,6	Primeiro lançamento projeto elétrico				C	C		X				3
4,7	Primeiro lançamento projeto hidro-sanitário				C	C			X			3
4,8	Compatibilização entre projetos		X		C	C	C	C	C	C	C	7
4,9	Análise Legal (Prefeitura)		X		X							15
4,10	Análise Financeira e Mercadológica	X	C									7
4,11	Reformulação do lançamento projeto estrutural		C				X					3
4,12	Reformulação do lançamento projeto elétrico		C					X				3
4,13	Reformulação do lançamento projeto hidro-sanitário		C						X			3
4,14	Ajustes ao projeto arquitetônico		X		X							5
4,15	Aprovação da etapa anteprojeto	X	C									1

Após a aprovação do projeto, os dados do modelo são utilizados como base para futuras análises, atividades e simulações para se eliminar dificuldades no processo de construção do empreendimento. Observa-se a incorporação ao processo de projeto dos princípios da Construtibilidade e da Racionalização Construtiva.

4.2.5 Projeto Legal de Prefeitura

Tabela 4.6 Atividades da Fase Projeto Legal de Prefeitura.

EDT	Projeto Legal de Prefeitura	Responsável										Tempo de duração
		DE	GP	VE	AR	GO	ES	IE	HS	FU	OU	
5	Atividades											
5,1	Montagem do projeto para aprovação				X							14
5,2	Entrada e Acompanhamento da tramitação na prefeitura	C	C		X							30
5,3	Material de Lançamento	X	C	C	C						C	20
5,4	Montagem do registro de Incorporação	X	C								C	7
5,5	Comercialização do Empreendimento	X		X								7
5,6	Exposição do produto e levantamento de clientes	C	C	X		C						14
5,7	Informações de clientes potenciais	X		X								7
5,8	Aprovação da etapa	X	C									1

São desenvolvidas nesta fase as atividades destinadas à representação gráfica da solução definitiva e documentação das informações técnicas necessárias para análise e aprovação, pelos órgãos públicos, da concepção do empreendimento, seus elementos e sistemas. Estas atividades visam atender as exigências legais para a obtenção do Alvará de Construção, das Licenças necessárias, do Registro de

Incorporação e dos demais documentos legais para o início das atividades de construção. Tem-se também o início da atividade de comercialização do empreendimento, exposição do produto e busca por clientes potenciais. Estas atividades podem ser vista na Tabela 4.6.

4.2.6 Projeto Executivo

Tabela 4.7 Atividades da Fase Projeto Executivo.

EDT	Projeto Executivo	Responsável										Tempo de duração
		DE	GP	VE	AR	GO	ES	IE	HS	FU	OU	
6	Atividades											
6,1	Contratação dos projetistas ES-IE-HS-OU	X	C									5
6,2	Desenvolvimento do Projeto Estrutural		C		C		X					30
6,3	Laudo de Vistoria do Terreno		C			X						2
6,4	Contratação da sondagem do terreno	X	C				C					1
6,5	Sondagem					C	C			X		4
6,6	Projeto Layout do Canteiro		C	C	C	X	C	C	C	C		2
6,7	Detalhamento das Instalações do Canteiro		C			X						2
6,8	Projeto de Fundações						C			X		7
6,9	Contratação das Fundações	X					C			C		1
6,10	Projeto de Formas					X	C	C	C		C	14
6,11	Projeto de Alvenaria de Blocos - Paginação		C		C	X	C	C	C		C	14
6,12	Lançamento Projeto Elétrico - Telefônico		C		C		C	X	C		C	3
6,13	Lançamento Projeto Hidrossanitário		C		C		C	C	X		C	3
6,14	Lançamento dos demais projetos		C		C	C	C	C	C		X	3
6,15	Compatibilização dos lançamentos	X	X			C						7
6,16	Revisão Projeto Layout do Canteiro		X			X						3
6,17	Aprovação Legal Projetos Sistemas Prediais						X	X				7
6,18	Primeira Etapa Modificação dos Condomínios		X		C	C	C	C	C		C	5
6,19	Detalhamento do Projeto Estrutural		C			C	X					20
6,20	Detalhamento do Projeto Elétrico telefonico		C			C		X				20
6,21	Detalhamento do Projeto Hidrosanitário		C			C			X			20
6,22	Detalhamento do Projeto Arquitetônico		C		X	C						20
6,23	Aprovação da Etapa	X	X									1
6,24	Início da Obra	X										1

Na fase Projeto Executivo as atividades desenvolvidas, apresentadas na Tabela 4.7, têm por objetivo o detalhamento do projeto do produto para a produção, a representação final das informações técnicas da edificação, seus elementos, sistemas e componentes para o início da produção da edificação, bem como a definição do processo de produção da obra. São indicados todos os materiais utilizados, as quantidades, os detalhes construtivos, cortes e desenhos que representem o que deve ser executado. Estes projetos objetivam diminuir o número

de decisões tomadas em obra, orientam a execução dos serviços, compra e fluxo dos materiais a serem utilizados, bem como a disponibilidade de mão de obra necessária para a produção da edificação.

Os projetos desenvolvidos nesta fase são produzidos como subsídio para o desenvolvimento dos projetos de produção e dos outros enviados diretamente a obra. Alguns projetos são desenvolvidos por funcionários das empresas, outros são contratados junto a consultores, projetistas externos ou ainda fornecedores incorporando os intervenientes do processo.

Esta fase é caracterizada por intensa troca de informações onde todos os intervenientes participam ativamente, caracterizando a aplicação do conceito de equipe multidisciplinar, definida por Melhado (1994).

4.2.7 Acompanhamento da Obra

Tabela 4.8 Atividades da Fase Acompanhamento da Obra.

EDT	Acompanhamento da Obra	Responsável									
		DE	GP	VE	AR	GO	ES	IE	HS	FU	OU
7	Atividades										
7,1	Visitas a obra	C	C	C	C	X	C	C	C	C	
7,2	Registro das alterações de Projeto				C	X	C	C	C	C	
7,3	Pedido de informações		C		C	X	C	C	C	C	
7,4	Registro de retrabalho		X			C					
7,5	Modificações de Projeto		C		X	C	X	X	X	X	
7,6	Projeto "As Built"				X	C	X	X	X	X	
7,7	Reaprovação de projetos em órgãos públicos				X			X	X		
7,8	Montagem do Manual de uso e manutenção do imóvel		X		C	C	C	C	C		
7,9	Análise e registro em banco de dados feedback		X			C					
7,10	Entrega da obra	X	C			X					

Esta fase objetiva o acompanhamento técnico da execução da obra por parte dos profissionais da área de projeto, a avaliação do projeto pelos engenheiros de produção, nos manuais de uso do proprietário e manutenção do imóvel, a produção dos projetos "As built", os registros de modificações de projeto e de desempenho dos projetos em banco de dados. As respectivas atividades estão descritas na Tabela 4.8.

Nesta fase são registradas informações provenientes das atividades em banco de dados, registrando as modificações de projeto solicitadas pelos clientes, pelo setor de produção e os erros de projeto detectados pela equipe de produção da edificação, possibilitando a retroalimentação das informações que podem ser utilizadas em outras fases do projeto e também em outros projetos da empresa.

4.2.8 Acompanhamento de Uso

A fase Acompanhamento de Uso tem o objetivo de avaliar o desempenho da edificação quanto à satisfação do cliente final, a avaliação do resultado financeiro da obra, considerando os problemas de manutenção e reparos de defeitos encontrados.

As empresas entrevistadas esclareceram que estas atividades, listadas na Tabela 4.9, são desenvolvidas em um período de tempo mínimo de 5 anos, prazo este estabelecido pela legislação e firmado em contrato, no qual a empresa é responsável pela manutenção e reparos ocorridos devido à defeitos de construção.

Tabela 4.9 Atividades da Fase Acompanhamento de Uso.

EDT	Acompanhamento de uso	Responsável									
		DE	GP	VE	AR	GO	ES	IE	HS	FU	OU
8	Atividades										
8,1	Primeira avaliação da satisfação do cliente	C	X			C					
8,2	Atendimento Pós-obra					X					
8,3	Análise Financeira: obra e manutenção	X									
8,4	Segunda avaliação da satisfação do cliente	C	X			C					
8,5	Banco de Dados - retroalimentação		X								

4.3 O processo de projeto nas empresas pesquisadas

Quando da coleta de informações referentes aos procedimentos adotados pelas empresas pesquisadas nas perguntas definidas no Capítulo 3 quanto a se existe um procedimento formal de gerenciamento do processo de projeto implantado na empresa, constatou-se que as empresas não possuem um procedimento formal,

mas adotam procedimentos internos adquiridos em experiências anteriores.

Quando mostradas aos entrevistados as metodologias de processo de projeto descritas no Capítulo 2 e no item 4.2, todos concordaram com as fases do processo de projeto, relatando que adotam informalmente os procedimentos apresentados, porém não aplicam todas as fases ou atividades, e também não possuem procedimentos de controle do processo de projeto.

O processo de projeto nas empresas inicia-se com uma avaliação das necessidades de mercado através de pesquisa de oferta e procura. A partir desta pesquisa, os diretores da empresa, sendo um deles o gerente de projeto, auxiliados pelo corretor de imóveis, tomam as decisões preliminares sobre o projeto do produto a ser desenvolvido visando atender as necessidades e objetivos da empresa. Pode-se observar que as empresas não possuem um banco de dados de retroalimentação dos requisitos de clientes e também que não há participação dos clientes, fornecedores, consultores técnicos, projetistas e outros profissionais nas etapas iniciais do processo de projeto.

Os estudos de planejamento e concepção do empreendimento, as análises e decisões quanto à forma geométrica e arquitetônica, análise numérica, tipologia, viabilidade econômica e legal do empreendimento são desenvolvidas por funcionários da própria empresa, sendo o responsável pelas atividades um diretor desta empresa. A partir da fase de Estudo Preliminar a empresa contrata profissionais especializados para o desenvolvimento do projeto legal de arquitetura, projeto estrutural, projeto de fundações, instalações elétricas, instalação hidrosanitárias, instalações contra incêndios, formas e gás. Os projetistas especializados, parceiros das empresas, atuam em seus escritórios particulares, externos às empresas e desenvolvem suas atividades para várias empresas incorporadoras.

A seleção dos projetistas especializados, segundo os dirigentes das empresas, é feita com base no conhecimento e experiência de cada um, através de indicação ou conhecimento pessoal.

Os entrevistados foram questionados de como são identificadas as fases críticas do processo de projeto. Os dirigentes, que assumem a gerencia do projeto, informaram que a fase crítica é a do Projeto Executivo, em que os projetistas não cumprem as tarefas nos prazos programados, o que atrasa o início da obra e dificulta a programação e planejamento das fases de produção da obra. Como os projetos são feitos fora da empresa, o controle é realizado através de reuniões periódicas, estabelecidas de acordo com as atividades desenvolvidas. Basicamente são realizadas três reuniões conjuntas: A primeira reunião é realizada na contratação dos projetistas com a finalidade de apresentação do projeto e dos elementos que formarão a equipe. A segunda reunião tem a finalidade de apresentação dos estudos preliminares, avaliação de alternativas técnicas e análise de viabilidade para a tomada de decisão a fim de evitar incompatibilizações. Na terceira reunião, os projetistas apresentam o resultado das atividades para a avaliação final do dirigente/gerente de projeto para a conclusão final do projeto.

Segundo a percepção dos dirigentes, após a entrega do projeto para a produção é muito difícil que haja erros de projeto pois os projetistas contratados são experientes e durante as reuniões técnicas são avaliadas as decisões que envolvem os serviços para a produção, havendo a preocupação quanto a construtibilidade e racionalização das etapas de produção. Caso haja interferências, o setor de produção solicita que o projetista visite a obra para a solução do problema, quando não é resolvido pelo mestre de obras.

Os projetistas, parceiros entrevistados, mostraram-se razoavelmente informados sobre o fluxo das atividades respondendo sobre quais informações eles precisam receber antes de iniciarem seus trabalhos e onde e como adquirir estas informações. Porém, foram menos precisos quando solicitados sobre para onde as informações geradas por eles iriam e para que serviam.

Quando questionados a respeito das fases críticas do processo de projeto, os Projetistas Contratados informaram que a fase crítica é a de início do projeto. As informações iniciais como o projeto topográfico e plani-altimétrico do terreno, o laudo de sondagem e o laudo de vistoria do terreno, são disponibilizadas após

insistente consulta junto aos dirigentes da empresas, que estão preocupados em reduzir os custos das etapas iniciais do processo de projeto. Alguns projetistas contratados não dominam as ferramentas CAD, sendo alguns projetos elaborados de forma convencional e antiquada. Os projetistas também informaram que as reuniões de trabalho para análise e avaliação do projeto não são formalizadas, e que o dirigente da empresa exercendo a função de gerente de projeto, entre várias funções que exerce, dificulta a comunicação entre os intervenientes do processo.

Outro ponto abordado na entrevista com os dirigentes das empresas e projetistas foi de como são disponibilizadas as informações e documentos necessários para o desenvolvimento das atividades do projeto. Os dirigentes das empresas informaram que estimulam a troca de informações entre os projetistas da equipe, evitando a centralização das informações, e que cada projetista deve procurar a informação que necessita. Por outro lado, os projetistas manifestaram que ocorre gargalo nesta fase pois, quando necessitam da informação ela ainda não está disponibilizada, provocando um atraso no início das atividades. Este ambiente caracteriza o alto grau de indefinições das atividades do processo, incrementando o risco de retrabalho devido à falta de definição dos requisitos do cliente nas fases iniciais do processo de projeto.

Quanto à autonomia para a tomada de decisão, os especialistas da equipe de projeto concluíram que é relativa, pois a tomada de decisão final recai na figura do dirigente, o que caracteriza a centralização. Por outro lado, os dirigentes das empresas admitiram que interferem no projeto tomando decisões que reduzam custos e padronizem a construção da edificação.

Finalmente, o último questionamento foi com relação a como são avaliados os resultados e o desempenho da equipe de projeto e o produto gerado após a conclusão do projeto do empreendimento. Os dirigentes informaram que guardam na memória os erros de projetos cometidos pelos projetistas e que no próximo projeto irão lembrá-los dos problemas gerados. Observa-se que as empresas não se preocupam com formalização de um banco de dados para a retroalimentação de informações em projetos futuros. Os projetistas informaram que nunca são

informados sobre os erros e deficiências de seus projetos.

O dirigente da empresa B reconhece a falta do banco de dados, e recentemente designou um engenheiro experiente como seu auxiliar de gerente de projeto, pretendendo estimular a prática do modelo preconizado pela Nova Filosofia da Produção que se baseia em um conjunto de atividades de conversão e de fluxo.

Após as entrevistas e observações, com a cooperação e participação dos dirigentes das empresas A e B, diagnosticou-se o Plano do Processo de Projeto adotado informalmente pelas empresas pesquisadas, conforme mostrado nas Figuras 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4.

As fases e atividades identificadas no Plano do Processo de Projeto adotado pelas empresas foram adaptadas das metodologias descritas no capítulo 2 e no item 4.2, e a duração das atividades foram informadas pelos dirigentes das empresas baseando-se em suas experiências em projetos desenvolvidos anteriormente.

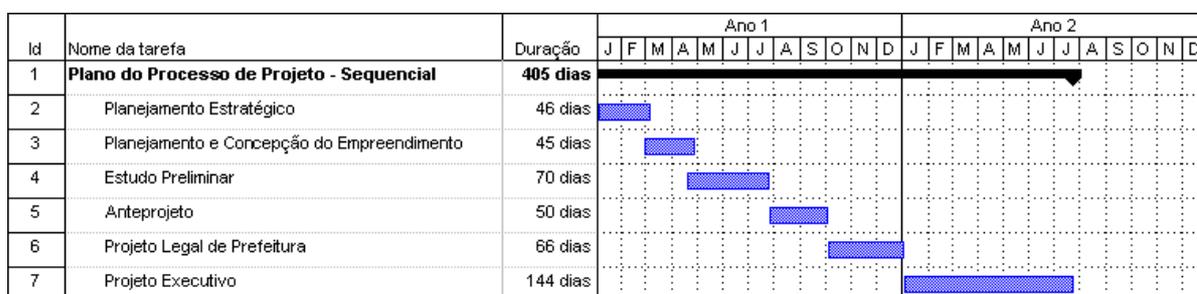


Figura 4.1 Fases do Plano do Processo de Projeto adotado pelas empresas.

O Plano do Processo de Projeto adotado pelas empresas tem um ciclo de vida de 405 dias (Figura 4.1), as fases são executadas de forma seqüencial, onde uma fase somente se inicia após a conclusão da fase anterior e um novo projeto somente se inicia após a finalização do projeto em processo. Pelas características deste processo seqüencial, informações que poderiam auxiliar os intervenientes no início do desenvolvimento das atividades podem ainda não estar disponibilizadas, e algumas atividades posteriores poderiam iniciar-se antes da conclusão de atividades

anteriores pois não necessitam de informações iniciais completas anteriores ao processo.

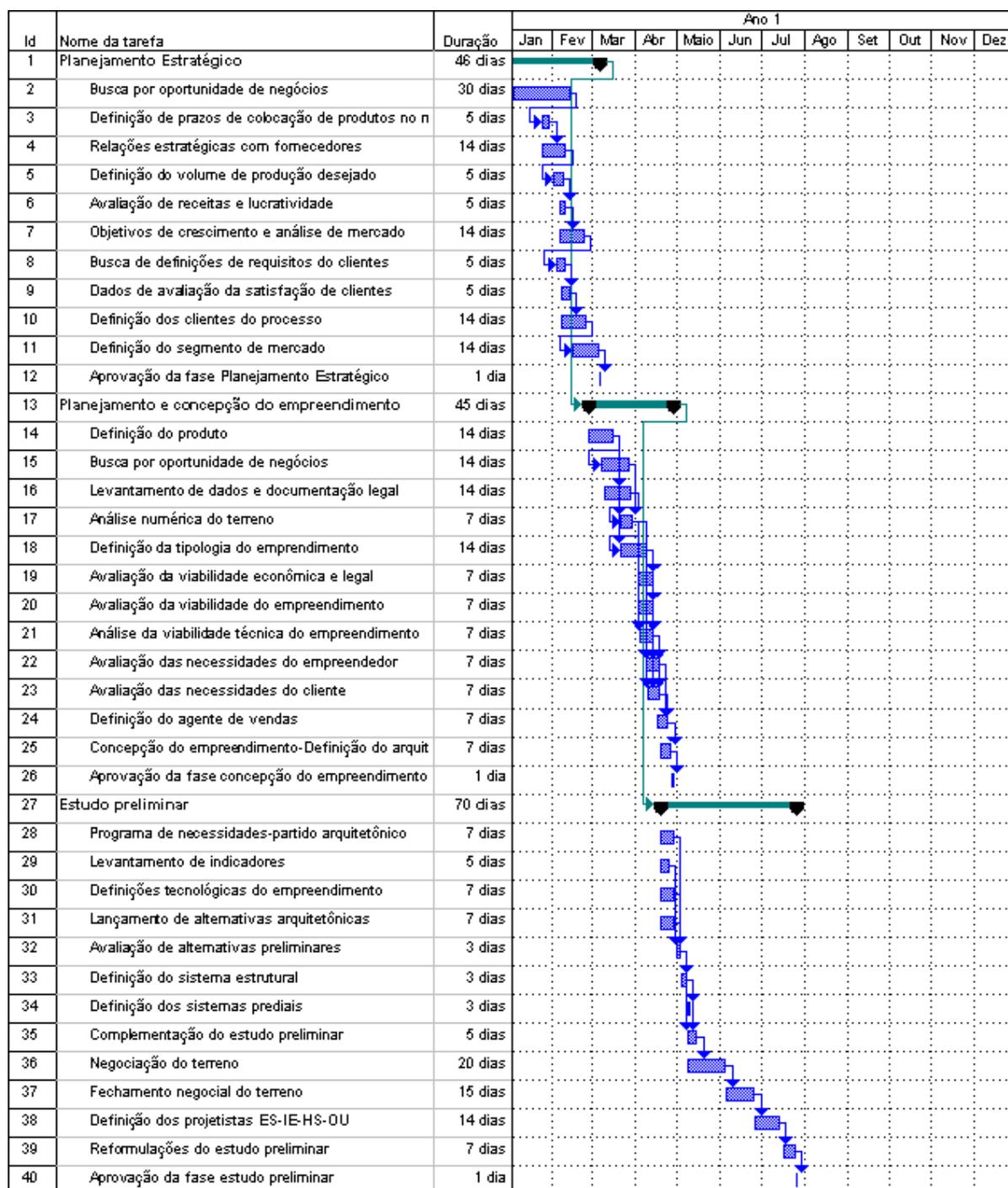


Figura 4.2 Plano do Processo de Projeto adotado pelas empresas – Fase Projeto Informacional.

No desenvolvimento das atividades da fase Planejamento Estratégico,

Planejamento e Concepção do Empreendimento e Estudo Preliminar, que caracteriza o Projeto Informacional (Figura 4.2), algumas atividades são iniciadas antes da conclusão da atividade anterior, o que possibilita reduzir o tempo de conclusão das atividades da fase, mas isto não caracteriza o desenvolvimento de atividades paralelas ou simultâneas pois não há o comprometimento dos intervenientes do processo em compartilhar as informações antes da conclusão do trabalho que desenvolvem, a informação somente é disponibilizada após a conclusão da atividade. Nesta fase são desenvolvidas 37 atividades em um prazo de 161 dias.

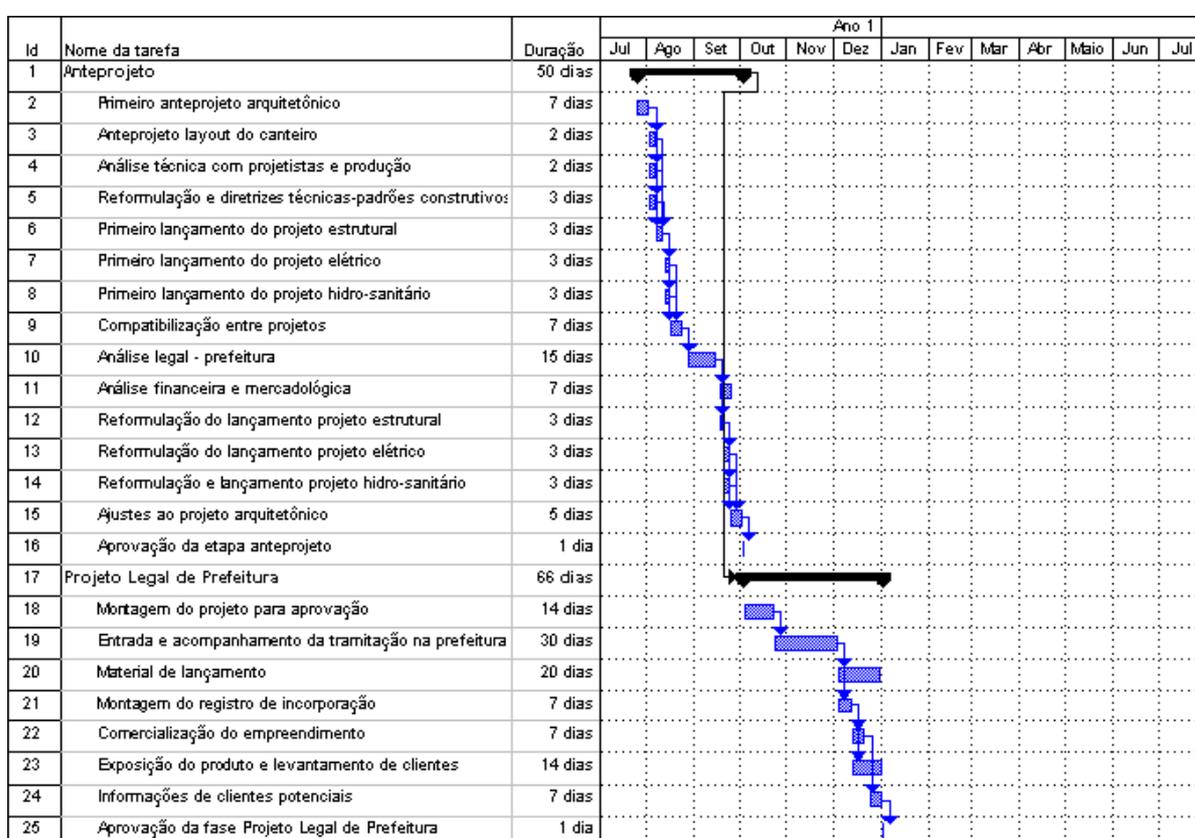


Figura 4.3 Plano do Processo de Projeto adotado pelas empresas – Fase de Concepção do Projeto.

No desenvolvimento das atividades das fases de Anteprojeto e Projeto Legal de Prefeitura (Figura 4.3) do Plano de Processo do Projeto adotado pelas empresas há necessidade de troca de informações formalizadas entre os profissionais intervenientes no processo. Neste processo as atividades são desenvolvidas

seqüencialmente. O projetista elétrico inicia suas tarefas após o recebimento do projeto estrutural e a Montagem do Registro de Incorporação do Imóvel é iniciada após a Entrada e Acompanhamento da Tramitação do Projeto na Prefeitura. Outra característica desta fase é a dependência da aprovação do projeto junto aos órgãos públicos.

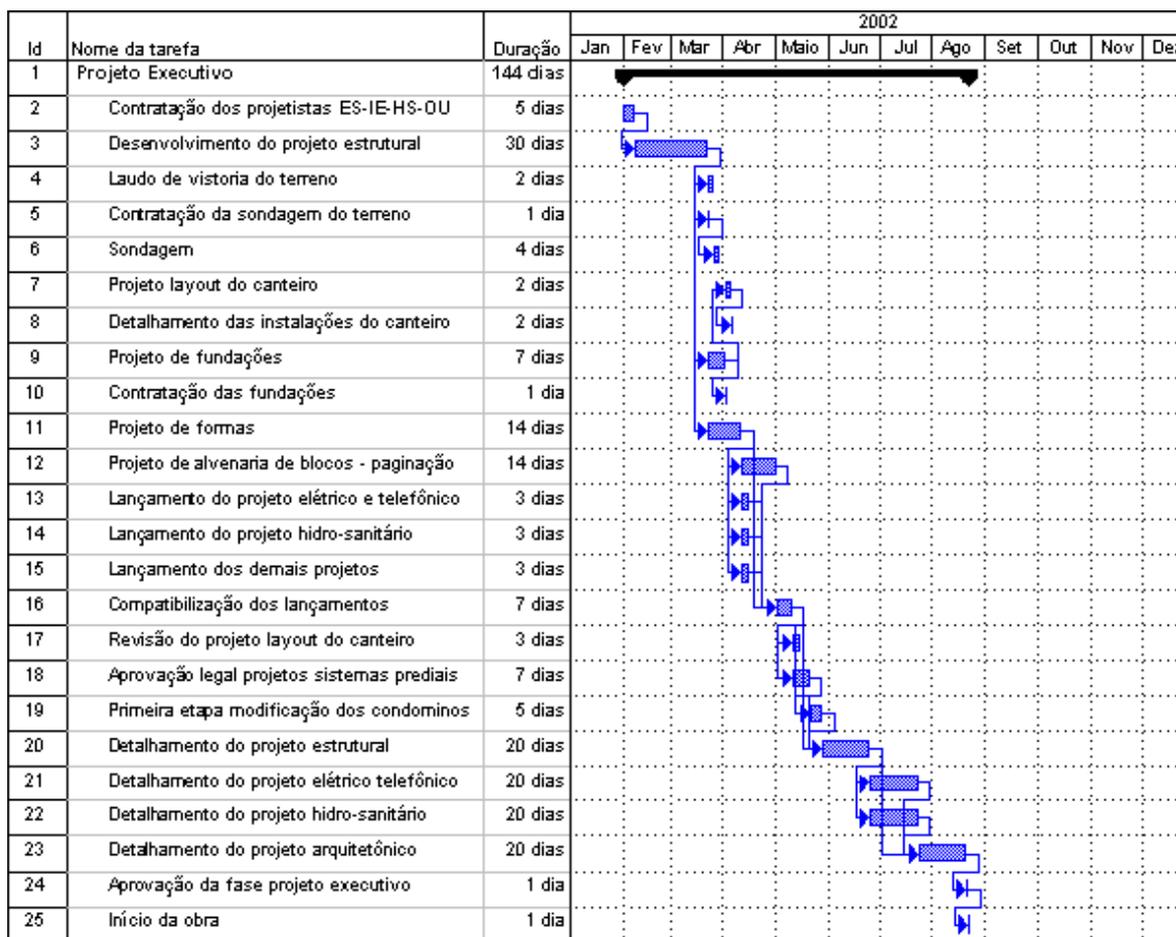


Figura 4.4 Plano do Processo de Projeto adotado pelas empresas – Fase Projeto Executivo.

A fase Projeto Executivo é desenvolvida em 144 dias (Figura 4.4), e é considerada pelos intervenientes a fase crítica do processo. Nesta fase são concluídos os projetos executivos destinados para o início da obra. Todas informações técnicas necessárias para a produção da edificação são formalizadas representando o que deve ser executado. Para o desenvolvimento das atividades da fase Projeto Executivo os intervenientes utilizam todos os dados e informações

coletados nas fases anteriores.

Percebe-se que nesta fase pode ocorrer o gargalo do processo. Os dados e informações produzidas em fases anteriores devem ser desenvolvidos e disponibilizados de forma completa, com comprometimento da entrega dos resultados no prazo devido, com a qualidade necessária.

Como relatado pelos entrevistados, caso os dados e informações não estejam disponibilizados, utiliza-se da experiência de dados de projetos anteriores para a conclusão das atividades. Com isto o risco de retrabalho se eleva pois os projetos são desenvolvidos com dados imprecisos.

Pode-se depreender que as empresas não possuem um processo formal para o desenvolvimento de seus projetos e produtos. Nas observações dos procedimentos adotados pelas empresas no processo de projeto, percebe-se que as atividades são desenvolvidas de forma seqüencial, interferindo de forma negativa no processo e, com a ausência de controle, o conceito de projeto adotado por um projetista não é repassado aos demais nas próximas atividades, sendo corrompido por decisões posteriores prejudicando a qualidade do produto.

Com o objetivo de propor uma metodologia organizada de forma sistêmica desenvolveu-se um modelo do Plano do Processo de Projeto a um nível genérico, incorporando atividades e fluxos de informações que descrevem o projeto para edificações prediais residenciais e comerciais de médio e grande porte para empresas incorporadoras.

Para organizar o fluxo, analisar a relação de precedências e interdependências entre as atividades do processo, no sentido de otimizar o fluxo do processo foi utilizada a ferramenta de gerenciamento de projeto DSM, resultando em uma programação focada no controle do processo.

4.4 Aplicação da DSM no Processo de Projeto

Para análise da metodologia de desenvolvimento das atividades do processo de projeto foi aplicada a DSM utilizando a ferramenta computacional [DSM@MIT](#), proposta na dissertação de mestrado “*An Integrated Method for Managing Complex Engineering Projects Using the Design Structure Matrix and Advanced Simulation*”, por Soo-Haeng Cho e Steven D. Eppinger, no MIT – *Massachusetts Institute of Technology* em Junho de 2001 (CHO, 2001).

A aplicação da ferramenta DSM na otimização do fluxo das atividades do modelo proposto foi realizada em duas etapas. A primeira etapa foi a definição e posicionamento das atividades do processo de projeto (variáveis estratégicas do projeto) decidindo as prioridades iniciais pelo fluxo de projeto do produto analisado. As atividades foram listadas arbitrariamente nas linhas da matriz e a ordem é refletida nas colunas. O processo de projeto foi representado hierarquicamente onde o primeiro nível incluiu as atividades de projeto tradicionais.

A segunda etapa consistiu em construir a lista de dependências definidas com base na força de dependência, na sensibilidade da tarefa receptora para mudanças na execução da atividade e na facilidade com que a atividade poderia ser executada. Identificou-se a natureza das atividades do processo de projeto, a relação de dependências entre elas e a hierarquia da estrutura do processo. Tradicionalmente o encadeamento das atividades que compõem cada fase de projeto é fundamentalmente seqüencial, logo foi necessário avaliar quais atividades poderiam ser simultâneas.

A simultaneidade de atividades faz com que uma mesma equipe ou profissional tenha de realizar várias atividades ao mesmo tempo. Deste modo, procurou-se analisar a DSM para atividades observando-se como ficaria a alocação das equipes e então propor alterações, reestruturando estas atividades.

Para o aperfeiçoamento do modelo foi definida a aplicação de 3 matrizes DSM

que representam o processo de projeto, sendo: a) Projeto Informacional, b) Projeto de Concepção e c) Projeto Executivo.

A primeira aplicação da DSM foi na análise da matriz denominada Projeto Informacional incorporando as fases iniciais do processo de projeto, como o Planejamento Estratégico, a Concepção do Empreendimento e o Estudo Preliminar, e será apresentada no item 4.4.1. A segunda aplicação da DSM foi a matriz DSM Projeto de Concepção otimizando o modelo para o desenvolvimento das atividades das fases Anteprojeto e Projeto Legal de Prefeitura. A última aplicação foi a matriz DSM Projeto Executivo na ordenação das atividades da fase Projeto Executivo.

Tanto as matrizes como os resultados da aplicação da DSM nas matrizes Projeto de Concepção e Projeto Executivo estão incluídos no anexo deste trabalho, não sendo apresentados neste capítulo, pois a ênfase neste capítulo é de analisar e apresentar a DSM como ferramenta de auxílio no gerenciamento de projetos.

Neste trabalho também não será abordada a aplicação da DSM nas atividades das fases Acompanhamento da Obra e Acompanhamento de Uso, em função de suas atividades serem aplicadas concorrentemente à execução da obra.

4.4.1 DSM Projeto Informacional

Com o auxílio dos dirigentes das empresas A e B e de seus parceiros, foi montada a planilha de entrada de dados da DSM para o Projeto Informacional, indicando a lista de atividades e a relação de dependências entre as atividades, conforme apresentado na Tabela 4.10. Nesta planilha, e nas subseqüentes, o número 1 na célula indica a necessidade da conclusão da atividade anterior para o início da atividade em processo (atividades seqüenciais) e o número 2 indica que a atividade em processo pode ser iniciada sem que a atividade anterior tenha sido concluída (atividades paralelas ou simultâneas), conforme ilustrado na Figura 4.5.

As atividades listadas na Tabela 4.10 foram inseridas segundo a ordem de

execução das atividades listadas no Plano do Processo de Projeto – Projeto Informacional (Figura 4.2) adotado pelas empresas.



Figura 4.5 Tipos de Dependências na aplicação da DSM.

A relação de dependências entre atividades foi construída com base no fluxo e na disponibilidade de dados e informações necessários para o início das atividades do processo.

A leitura de uma linha da Tabela 4.10, entrada de dados da DSM Projeto Informacional, revela as dependências da atividade da linha. A atividade Definição do Produto (linha 12, Tabela 4.10) tem dependência da produção das informações e dados formais finais das atividades anteriores da matriz listadas nas colunas 4, 5, 6 e 9 (atividades seqüenciais) e da realização simultânea das atividades 7 e 8.

A leitura de uma coluna da Tabela 4.10 revela as dependências da atividade da coluna. A leitura da coluna 10, referente à atividade Definição do segmento de mercado, tem dependência da produção de informações e dados formais finais das atividades anteriores da matriz listadas nas linhas 4, 5, 6, 7 e 8 (atividades seqüenciais) e relação simultânea com a atividade 9 e também tem dependência com as atividades posteriores da matriz listadas nas linhas 21 (atividade seqüencial) e 22 (atividade simultânea).

Os módulos de Estrutura e Modelagem da [DSM@MIT](#) são aplicações adicionadas ao Microsoft Excel. Executando estes módulos na Análise da DSM, a ferramenta fornece os resultados mostrados em cinco planilhas: AEAP (Tabela

4.11), ALAP (Tabela 4.12), AEAP Colapso (Tabela 4.13), ALAP Colapso (Tabela 4.14), e a relação de precedências para o controle do processo utilizando o MS-Project..

A AEAP (Tabela 4.11) apresenta o resultado da reordenação das atividades, identificando a sucessão de tarefas para o desenvolvimento de uma solução ótima para o processo de projeto baseando-se na regra *As-Early-As-Possible*, em que a tarefa deve começar o mais cedo possível. Foram criados indicadores de níveis (segunda coluna) tal que atividades que constituem um bloco (grupo) de atividades, ou que são independentes de outras atividades que não pertencem ao mesmo bloco, são associadas a um nível específico.

As 37 atividades da fase Projeto Informacional foram associadas em 13 níveis resultando na hierarquia do processo de projeto bem como a possibilidade de simultaneidade das atividades associadas a um determinado nível. A atividade de Definição do Produto, que na EDT e no Plano do Processo de Projeto das empresas foi associada na fase de Concepção do Empreendimento, foi deslocada da linha 12 (Tabela 4.10) para a linha 8 (Tabela 4.11), associando-se às atividades da fase Planejamento Estratégico. As atividades foram deslocadas formando blocos que representam um grupo de atividades que são simultâneas (a simultaneidade é caracterizada pela existência de pelo menos uma marca de dependência acima da diagonal da matriz).

Na Tabela 4.11 são identificados em azul o Bloco 1 que são atividades da fase Planejamento Estratégico, em amarelo o Bloco 2 que são atividades da fase Estudo Preliminar e as atividades da fase Concepção do Empreendimento foram associadas em blocos de uma, duas e três atividades. Pode-se inferir que as fases Planejamento Estratégico e Estudo Preliminar apresentam grupos de atividades simultâneas, enquanto as atividades da fase Concepção do Empreendimento processam os dados e informações de forma seqüencial e paralela. Se o projeto é desenvolvido na ordem presente na matriz, a área sombreada Bloco 1 (em azul) e Bloco 2 (em amarelo) da Tabela 4.11 indica uma necessidade de interação nas atividades do processo. As atividades nestes blocos são simultâneas ou paralelas e

são freqüentemente multidisciplinares e conseqüentemente é requerida uma coordenação de trabalho pelas disciplinas.

Na planilha ALAP, ilustrada na Tabela 4.12, as atividades foram reorganizadas baseando-se na regra *As-Late-As-Possible*, ou seja, a tarefa deve começar o mais tarde possível. As 37 atividades foram associadas em 13 indicadores de níveis, e a reordenação resultou no adiamento de atividades consideradas iniciais como a Busca por Oportunidade de Negócios para o final da fase (nível 13), indicando que é possível adiar a conclusão das atividades iniciais do processo sem prejuízo no desenvolvimento do processo.

Por sua vez, as planilhas AEAP Colapso (Tabela 4.13) e ALAP Colapso (Tabela 4.14) mostram as visões de reduzidas da DSM em AEAP e ALAP, respectivamente, onde os blocos contendo atividades são colapsados em atividades tipo bloco.

Nas visões de Colapso, o fluxo de informação de uma atividade simples para uma atividade tipo bloco é marcado como 2 (atividades simultânea) quando existe pelo menos um fluxo do tipo 2 entre uma atividade simples e uma atividade pertencente ao bloco. Por sua vez, qualquer fluxo de informação de uma atividade tipo bloco para qualquer outra atividade simples, ou atividade tipo bloco, é considerada como o fluxo do tipo 2, uma vez que é muito provável que as informações das atividades dentro do bloco sejam transferidas para as atividades posteriores antes mesmo de estarem concluídas.

Observa-se que a aplicação da [DSM@MIT](#) reorganizou as atividades e permitiu identificar as dependências e interações entre estas. Adicionalmente, é computada a probabilidade de organização das atividades, identificando caminhos de dependência críticos e as interações nas atividades do projeto conforme mostrado nas Figuras 4.7, 4.8 e 4.9.

Assim sendo, as dependências que ligam as atividades críticas seguindo o fluxo das atividades determina um caminho de dependência crítico que passa pelas hierarquias de processo de um projeto desde o primeiro nível de atividades até o

último nível. Este caminho é diferente de um caminho crítico porque é determinado sem considerar aspectos de tempo. Caminho Crítico é definido como uma seqüência de tarefas que devem terminar na data ou adiantada em relação à agenda, para que o projeto seja concluído dentro do prazo. Porém, este caminho de dependência crítico provê melhorias de processo nas atividades iniciais do projeto quando dados detalhados para durações não estão disponíveis.

Com a DSM foi possível avaliar o impacto que cada atividade produz em cada pacote de trabalho, a necessidade de ordenação entre elas e também o aperfeiçoamento na ordem das fases com a identificação das atividades seqüenciais, paralelas ou simultâneas.

Usando os resultados de análises da estruturação e da modelagem da DSM, constrói-se o gráfico de Gantt que é apresentado no módulo de planificação da ferramenta [DSM@MIT](#) para se controlar o processo do projeto.

Tabela 4.13 DSM Projeto Informacional – AEAP Colapso – Início das Atividades mais Ceddo.

Task Name	Level		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
Block1:	1	1																							1	
Busca por oportunidade de negocios	1	2																								2
Relacoes estrategicas com fornecedores	1	3																								3
Definicao de prazos de colocacao de produtos no mercado	2	4																								4
Avaliacao das necessidades do cliente	2	5																								5
Aprovacao da fase Planejamento Estrategico	3	6																								6
Avaliacao das necessidades do empreendedor	3	7																								7
Busca por oportunidade de negocios com terrenos	4	8																								8
Levantamento de dados e documentacao legal	5	9																								9
Definicao do agente de vendas - corretor	5	10																								10
Analise numerica do terreno	6	11																								11
Definicao da tipologia do empreendimento	7	12																								12
Avaliacao da viabilidade economica e legal	8	13																								13
Analise da viabilidade tecnica do empreendimento	8	14																								14
Concepcao do projeto - definicao do arquiteto	8	15																								15
Avaliacao da viabilidade do empreendimento	9	16																								16
Programa de necessidades-partido arquitetnico	9	17																								17
Aprovacao da fase Concepcao do Empreendimento	10	18																								18
Block2:	11	19																								19
Definicao dos projetistas ES-IE-HS-OU	12	20																								20
Reformulacoes (e necessario reformular?)	12	21																								21
Aprovacao da fase Estudo Preliminar	13	22																								22
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		

Tabela 4.14 DSM Projeto Informacional – ALAP Colapso – Início das Atividades mais Tarde.

Task Name	Level		1	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	2	6	20	22		
Block1:	1	1																							1	
Relacoes estrategicas com fornecedores	2	3																								3
Definicao de prazos de colocacao de produtos no mercado	2	4	2																							4
Avaliacao das necessidades do cliente	3	5	2																							5
Avaliacao das necessidades do empreendedor	3	7	2	2	2																					7
Busca por oportunidade de negocios com terrenos	4	8	2			2	2																			8
Levantamento de dados e documentacao legal	5	9						1																		9
Definicao do agente de vendas - corretor	5	10	2					1	2																	10
Analise numerica do terreno	6	11				2	2		1	2																11
Definicao da tipologia do empreendimento	7	12	2								1															12
Avaliacao da viabilidade economica e legal	8	13										1														13
Analise da viabilidade tecnica do empreendimento	8	14										2														14
Concepcao do projeto - definicao do arquiteto	9	15				1						2														15
Avaliacao da viabilidade do empreendimento	9	16	2								1	1	2	2												16
Programa de necessidades-partido arquitetonic	10	17	2			1						1				2										17
Aprovacao da fase Concepcao do Empreendimento	10	18					1										1									18
Block2:	11	19	2	2	2	2	2		1	1	2		2	1	2	1	2									19
Reformulacoes (e necessario reformular?)	12	21																	2							21
Busca por oportunidade de negocios	13	2																								2
Aprovacao da fase Planejamento Estrategico	13	6			1																					6
Definicao dos projetistas ES-IE-HS-OU	13	20	2	2			2					2					2		2							20
Aprovacao da fase Estudo Preliminar	13	22																		1						22
			1	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	2	6	20	22		

4.5 Proposição para o Plano do Processo de Projeto de Edificações

O fluxo das atividades do Processo de Projeto foi reorganizado pela aplicação da [DSM@MIT](#), gerando uma sucessão de atividades e redefinindo as precedências e interdependências entre as atividades, com isto foi possível a construção e proposição do Plano do Processo de Projeto. Na parte final da aplicação da [DSM@MIT](#), a sucessão de atividades e suas dependências foram transferidas para um programa de gerenciamento de projeto, o MsProject-2000, para a criação do gráfico de Gantt, identificando o Plano de Processo do Projeto de Edificações proposto, conforme apresentado na Figura 4.6.

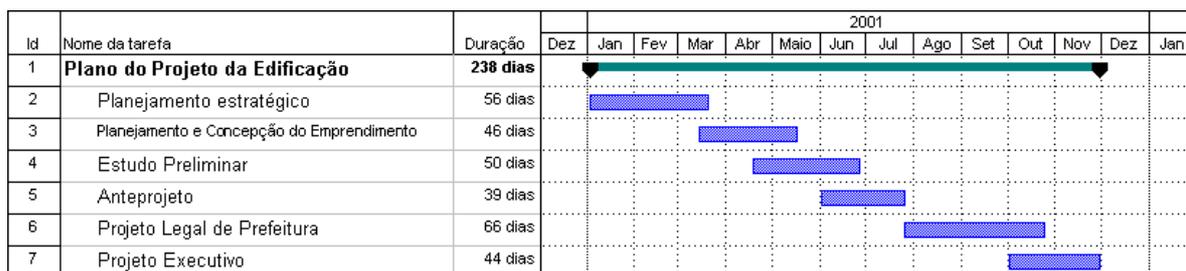


Figura 4.6 Plano do Processo de Projeto de Edificações proposto.

No Plano do Processo de Projeto da Edificação proposto, Figura 4.6, as fases do processo são realizadas em um ciclo de vida de 238 dias, demonstrando uma redução do ciclo de vida do projeto em relação ao Plano do Processo de Projeto adotado pelas empresas (Figura 4.1) que tem um ciclo de vida de 405 dias. Observando a Figura 4.6, em certos períodos ocorre a simultaneidade na execução das fases do processo.

Com a reorganização das atividades pela aplicação da [DSM@MIT](#), o fluxo das atividades das fases Planejamento Estratégico, Planejamento e Concepção do Empreendimento, e Estudo Preliminar foi otimizado pelo agrupamento das atividades em blocos com base na relação de dependências entre as atividades,

resultando no Plano do Processo de Projeto – Projeto Informacional apresentado na Figura 4.7. Esta nova organização altera as durações do ciclo de vida das fases do processo de projeto. Com a aplicação da DSM foi possível identificar o *caminho de precedência crítico* identificado em vermelho na Figura 4.7.

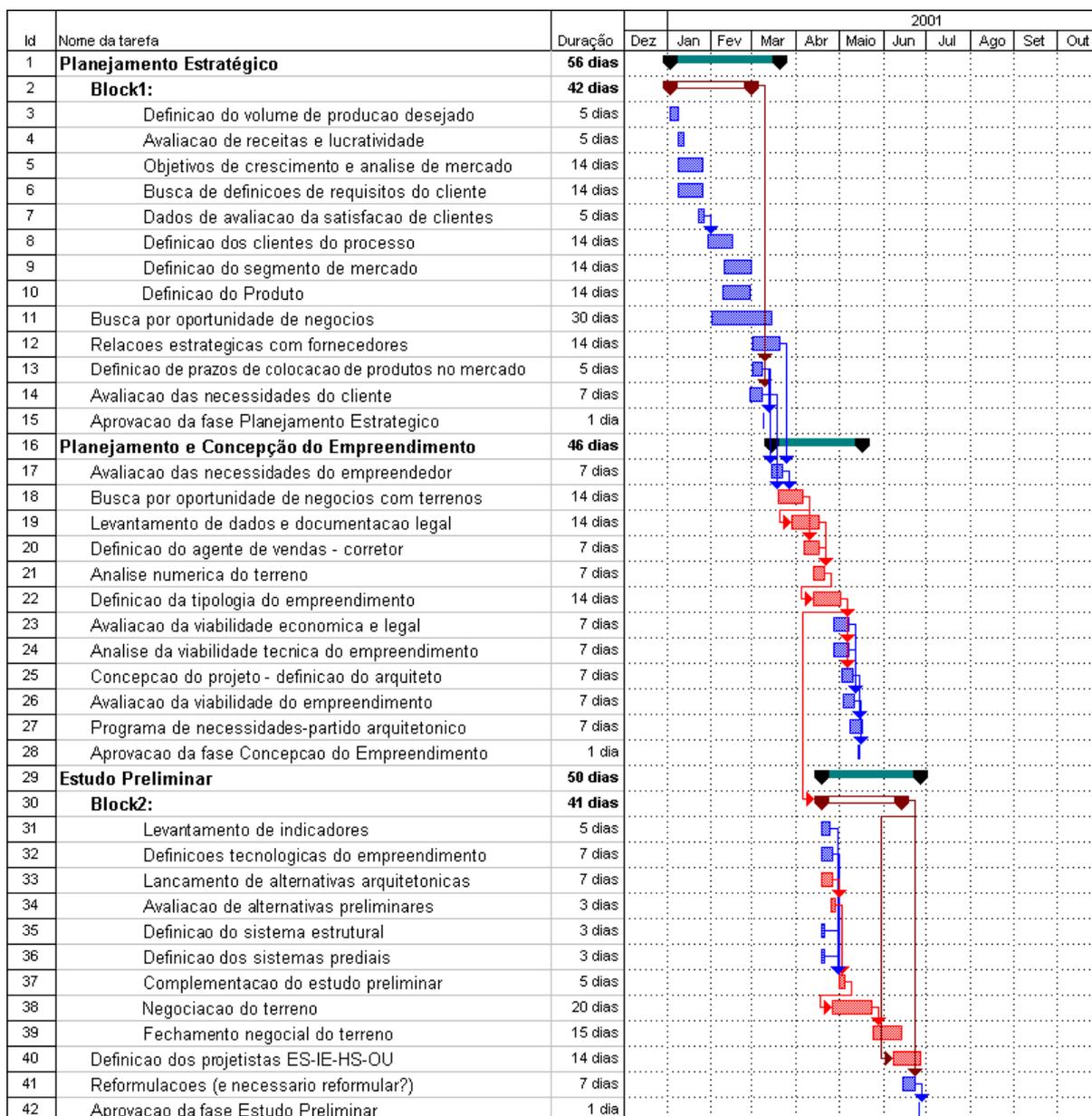


Figura 4.7 Plano do Processo de Projeto – Projeto Informacional.

O Plano do Processo de Projeto de Edificações das fases Anteprojeto e Projeto Legal de Prefeitura é apresentado na Figura 4.8. As atividades da fase Anteprojeto foram agrupadas em 3 blocos de atividades simultâneas e paralelas, esta

simultaneidade contribuiu para uma redução no prazo de execução das atividades de 50 dias para 39 dias. Na fase Projeto Legal de Prefeitura o prazo permaneceu em 66 dias, devido ao fato de que estas atividades dependem da aprovação de seus produtos junto aos órgãos públicos.

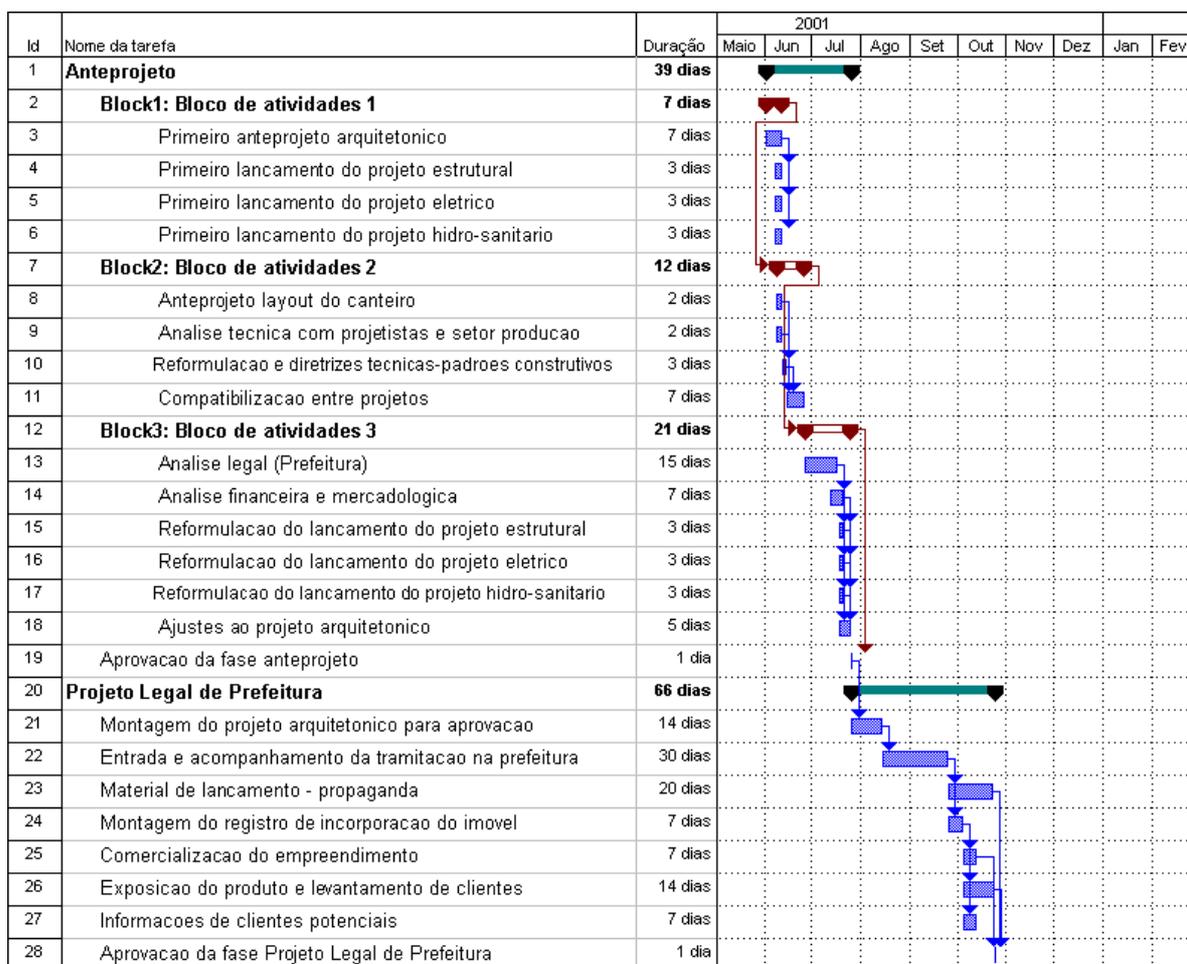


Figura 4.8 Plano do Processo de Projeto – Projeto Concepção.

O Plano do Processo de Projeto da Edificação para as atividades da fase Projeto Executivo, mostrado na Figura 4.9, indica que com a aplicação da DSM, baseando-se no fluxo e nas precedências das atividades foi possível uma redução no ciclo de vida das atividades de 144 dias para 44 dias.

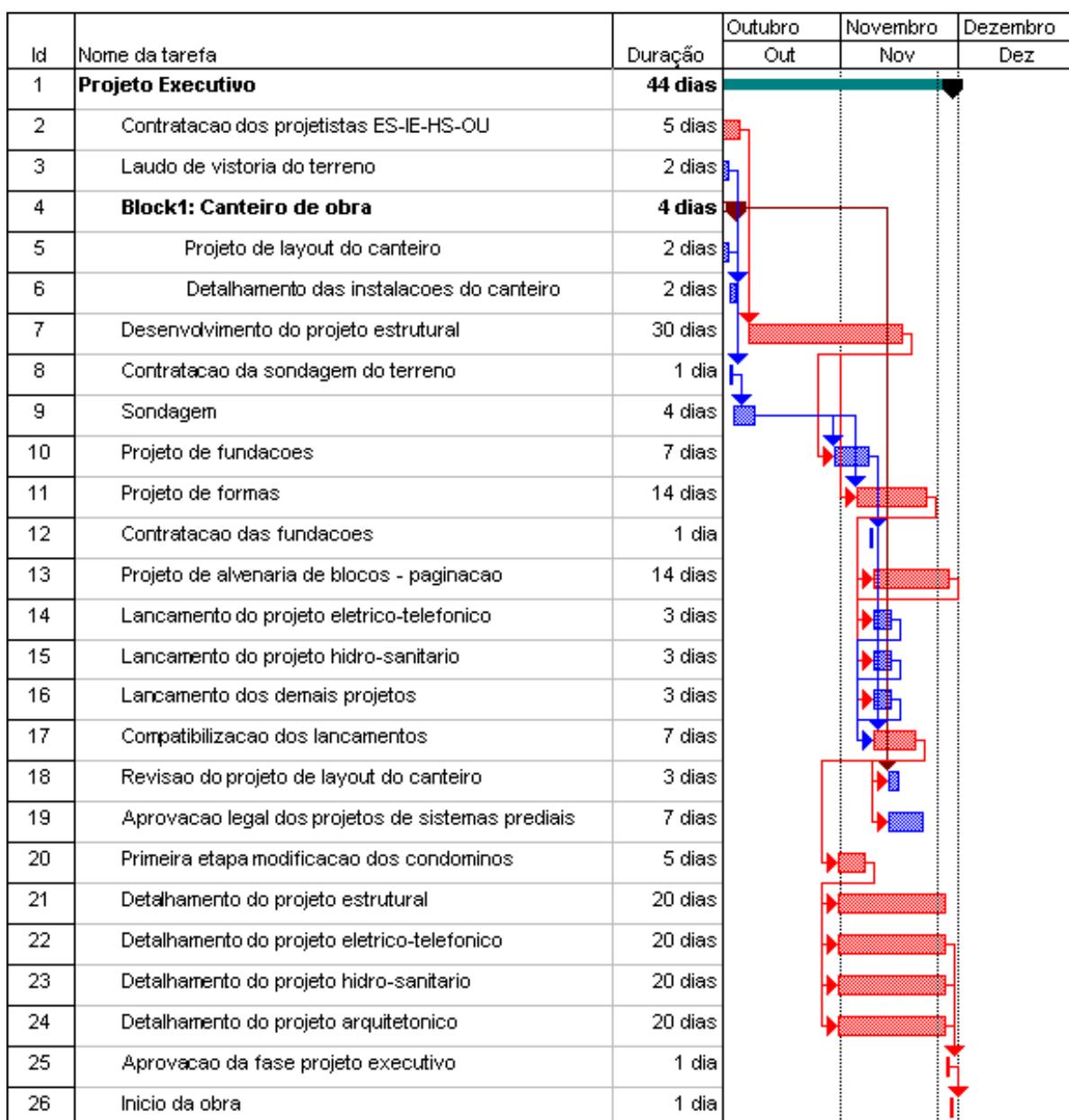


Figura 4.9 Plano do Processo de Projeto – Fase Projeto Executivo.

Observando a Figura 4.9 pode-se ver que as atividades que estão com seu fluxo em vermelho indicam o *caminho de precedência crítica*, dependendo-se que estas atividades indicam o gargalo do processo conforme relatado pelos entrevistados quando questionados sobre como são identificadas as fases críticas do processo de projeto no item 4.3. Pode-se identificar que os fluxos das atividades desta fase são simultâneos ou paralelos, devido às dependências de informações e dados entre as tarefas desenvolvidas. O projeto elétrico e o projeto hidráulico necessitam das formas do projeto inicial, que por sua vez necessita das furações dos pontos de

passagem de tubulação do projeto elétrico e do projeto hidráulico.

Na comparação entre o Plano do Processo de Projeto adotado pelas empresas e o Plano do Processo de Projeto de Edificações Proposto, conforme ilustrado na Figura 4.10, a fase Planejamento Estratégico teve seu prazo alterado de 46 dias para 56 dias, a fase Planejamento e Concepção do Empreendimento o prazo foi alterado de 45 dias para 46 dias, na fase Estudo Preliminar a alteração no prazo foi de 70 para 50 dias, na fase Anteprojeto o prazo foi reduzido de 50 dias para 39, na fase Projeto Legal de Prefeitura não foi alterado o prazo permanecendo em 66 dias e fase Projeto Executivo resultou em uma alteração no prazo de 144 dias para 44 dias.

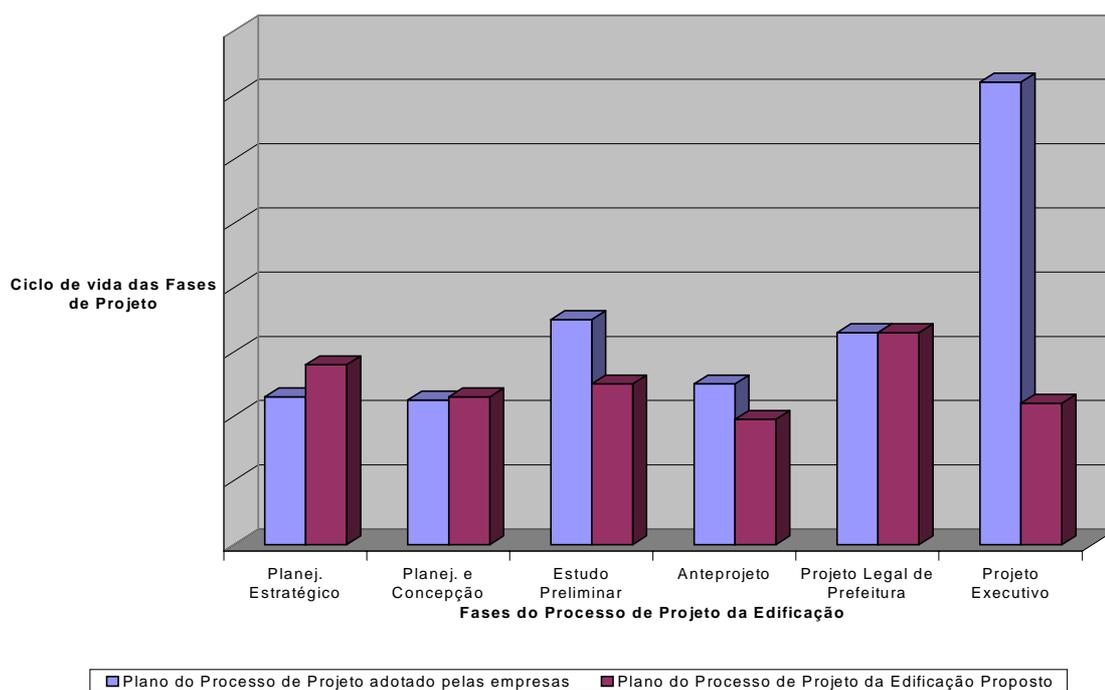


Figura 4.10 Comparação do Ciclo de Vida das fases do Plano de Processo de Projeto de Edificações.

Na fase Projeto Executivo houve uma redução significativa do prazo de execução das atividades. Com a utilização da DSM para a implementação do Plano do Processo de Projeto da Edificação a interação das atividades do processo foi

programada para assegurar que o projeto seja desenvolvido eficazmente e para o Plano do Processo do Projeto proporcionar um ponto de partida para a integração e controle das atividades do projeto. Programando o processo de projeto com a DSM foi identificada a sucessão ótima de tarefas satisfazendo o desenvolvimento de uma solução de projeto. Isto significa que o programa produzirá, na fase final da implementação da técnica, um ótimo processo de projeto.

Na aplicação do Plano do Processo de Projeto de Edificações proposto foi utilizada a DSM como uma ferramenta que permite a representação das dependências das atividades de projeto e como uma ferramenta apropriada para gerenciar equipes em um ambiente de Engenharia Simultânea.

As ferramentas para a modelagem do processo cumpriram importante papel na modelagem do Plano do Processo de Projeto de Edificações, com estas ferramentas foi possível refinar e incorporar novos elementos ao Plano do Processo de Projeto. Para a redução do ciclo de vida das fases do processo é necessário aplicar os princípios da ES desde as fases iniciais do Processo de Projeto, o uso de equipe multidisciplinar, o conceito de construtibilidade e racionalização, e a aplicação dos princípios da Produção Enxuta (KOSKELA, 1992).

A ES exige sobreposição de atividades que tradicionalmente são realizadas em seqüência. O melhor exemplo desta técnica de equilíbrio é o início de uma obra de uma edificação antes dos projetos estarem terminados. Com a ES o agrupamento que se usa a favor da técnica é que não há necessidade de se saber onde as tomadas de energia elétrica estão antes de se iniciar as fundações do edifício. Tem como aspecto positivo o fato de que com a ES pode-se diminuir o tempo de desenvolvimento do projeto e de construção. O aspecto negativo é que todos os participantes precisam entender e aceitar os riscos de que, se as suposições iniciais do projeto vierem a se mostrar errôneas, parte do produto terá de ser refeito, demolido e reconstruído. Nos piores casos, os erros cometidos no ambiente de ES não só podem retardar o projeto a ponto de não haver mais vantagem no cronograma, mas também fazer com que os custos se elevem. A decisão de se usar o controle rápido (a redução do tempo) é sempre uma decisão arriscada pois a

redução do tempo leva a um acréscimo de custo e sempre se volta a uma questão: Qual dos dois é mais importante: o custo ou o cronograma?

Todos da equipe multidisciplinar devem estar comprometidos no sucesso do empreendimento. O planejamento só funciona se estiver baseado em uma estimativa realista geral obtida através de dados de desempenho de outros projetos (modelos) mais recentes.

4.6 Considerações

O foco deste capítulo foi desenvolver uma metodologia do processo de projeto, detalhar e estabelecer sua viabilidade como a base de uma ferramenta de gerenciamento de projeto para a indústria da construção civil.

Outro objetivo deste capítulo foi a utilização da DSM como ferramenta de gerenciamento de projetos de edificações. Essa ferramenta permitiu analisar a relação de precedências e interdependências das atividades do modelo e, após a análise dos resultados, agrupar e ordenar as atividades de maneira conveniente, facilitando o fluxo de informações e liberando as atividades em processo. A análise da DSM resultou na programação e no plano de controle do projeto.

A DSM é uma ferramenta de gerenciamento de projeto que permite a representação de um projeto com tarefas com dependências do tipo retroalimentação (*feedback*) e cíclicas. É apropriada para gerenciar equipes em um ambiente de engenharia simultânea (HUOVILA et al., 1995). A DSM é um método para analisar e melhorar o processo de projeto, usado eficientemente em projetos de desenvolvimento de produtos.

Utilizando-se o modelo do processo, a análise de DSM e a produção da programação de projeto, o planejamento do projeto do edifício foi melhor sistematizado quando comparado com a forma convencional adotada amplamente no momento. A aplicação do software [DSM@MIT](#) forneceu uma indicação dos

benefícios da metodologia, tais como:

- A técnica reconhece a natureza interativa dos projetos;
- Identifica, e com precisão, a ordenação das atividades e as precedências visando a programação para o gerenciamento de uma equipe multidisciplinar e coordenação das atividades que se exigem empreender em um ambiente de engenharia simultânea. Permite a ordenação da informação chave e determina as exigências de fluxo a ser identificado;
- Pode ajudar a identificar o projeto efetivo e estratégias de obtenção do produto;
- A integração do processo de projeto permite que os participantes se ocupem de uma maneira oportuna, objetiva e direcionada.

A antecipação das atividades de detalhamento do projeto durante as fases iniciais do modelo na busca das informações sobre o produto identificou as atividades que exigem coordenação intensa e destacou o desperdício no processo de projeto. Isto habilitou a otimização de atividades no processo e a introdução oportuna de interações ajudando a eliminar este desperdício.

A chave para esta aproximação é que os participantes podem ser apresentados às atividades mais cedo, permitindo a coordenação do projeto com outras atividades, ou tão tarde quanto possível, tal que o projeto não seja prejudicado por atividades anteriores ainda não disponibilizadas. Este conceito pode ser aplicado no processo de projeto onde a demora ou a antecipação nas decisões mantém a flexibilidade no projeto.

Encerrando-se este capítulo, pode-se passar ao capítulo final da dissertação aonde se irá descrever as conclusões decorrentes da elaboração do mesmo e as recomendações para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 5 CONCLUSÃO

5.1 Conclusões

Através desta pesquisa desenvolveu-se um modelo do processo de projeto de edificações estabelecendo sua viabilidade como a base de uma ferramenta de gerenciamento de projeto para a indústria da construção civil.

Este modelo leva em consideração os princípios de análise e melhoria do processo conforme o referencial teórico da nova filosofia da produção (*lean construction*). A idéia central da nova filosofia da produção é entender quais são as expectativas dos clientes, o que é valor para ele, como é gerado e transmitido ao longo do processo de produção. Agregar valor é agregar satisfação para o cliente. Para conseguir oferecer ao cliente um produto de baixo custo, qualidade e produtividade, no prazo previsto e, dentro de certos limites, flexível, a *lean construction* procura reduzir os tempos de produção e a variabilidade dos processos, simplificar ou minimizar as ligações entre eles, aumentar sua transparência e cultivar poucas e constantes parcerias.

O modelo propicia que a qualidade seja introduzida desde o início de desenvolvimento da edificação, além de incorporar o princípio da geração de valor. O conceito de geração de valor é utilizado não como um meio de redução de custos mas para avaliar a eficiência do projeto inteiro, incluindo custos correntes e controle do ciclo de vida.

A identificação e melhoria dos processos de projeto e execução podem eliminar o tempo desperdiçado e o esforço da equipe se forem controlados e integrados. Com a aplicação dos princípios da engenharia simultânea é possível a realização das várias fases de um projeto interativamente, envolvendo profissionais de diferentes especialidades desde o início até o fim do projeto com o objetivo de redução do tempo total e melhoria da qualidade do desenvolvimento. O compartilhamento e

troca de informações entre os intervenientes favorecem a formação de grupos multidisciplinares fomentando a comunicação entre os envolvidos no processo do projeto. A engenharia simultânea busca, desta forma, promover a melhoria do processo de projeto através da análise de seus aspectos de conversão, fluxo e geração de valor, conforme a nova filosofia da produção.

O modelo apresentado foi resultado de um trabalho participativo adaptado a cultura das empresas, que envolveu os principais intervenientes do processo de projeto. A utilização da metodologia da pesquisa ação possibilitou a incorporação do ponto de vista destes intervenientes sobre o processo, permitindo assim o estabelecimento de uma visão multidisciplinar de projeto.

O modelo do processo pode variar muito pouco em função da estrutura organizacional da empresa, porém é influenciado pela complexidade dos empreendimentos conduzidos. Assim, o modelo do processo pode ser semelhante mesmo entre empresas de diferentes portes, pois as atividades (características do empreendimento) necessárias ao desenvolvimento dos projetos são basicamente as mesmas, independentemente do porte da empresa e do número de envolvidos no processo.

Os entrevistados apresentaram um conhecimento do processo restrito a sua área de atuação específica, fato que demonstra a falta de visão sistêmica e multidisciplinar dos intervenientes do processo de projeto. Nas empresas construtoras, o processo é centralizado na figura do dono, característica comum no caso de pequenas empresas, evidenciando a necessidade de modificação da organização das empresas com a implantação do conceito de equipe multidisciplinar e a gestão de seus empreendimentos por projetos. O desafio para quem não quer apenas mais uma construtora, ou empreendimento, no mercado é gerenciar atividades nunca gerenciadas anteriormente. A falta de visão sistêmica e de um planejamento estratégico voltado à produção, podem ocasionar retrabalho ao longo do projeto e de sua execução, e até mesmo inviabilizar um empreendimento.

Pelo uso da modelagem de processo, com a utilização da DSM como ferramenta

de gerenciamento de projetos o plano de projeto de edificações pôde ser melhorado de uma maneira sistêmica comparada ao que é adotado amplamente no momento.

A aplicação da ferramenta [DSM@MIT](#) possibilitou a descrição do modelo e sua representação gráfica. O modelo do Plano do Processo de Projeto e a aplicação da DSM permitiram estabelecer o fluxo principal de informações do processo, e foi possível refiná-las e incorporar às mesmas novos elementos. Cabe ressaltar que as atividades foram reordenadas obedecendo critérios das particularidades das atividades do processo. A aplicabilidade de todos os procedimentos apresentados neste trabalho poderão sofrer pequenas alterações em diferentes projetos devido a natureza do empreendimento, as influências culturais e regionais, a formação e experiência dos elementos da equipe multidisciplinar, entre outras.

Com relação à incorporação dos princípios da ES e da nova filosofia de produção no processo de projeto, cabe ressaltar a necessidade do equilíbrio entre as melhorias de fluxos e conversões das fases com a diminuição das atividades de fluxo através da definição do fluxo de informações entre os intervenientes, da diminuição de períodos de espera por informações no processo e do estabelecimento dos principais clientes internos das informações produzidas.

Projetos que tragam em seu conteúdo racionalidade e economia à construção são o principal objetivo a ser alcançado pelas empresas. Por isso torna-se necessário a realização de um projeto simultâneo, que envolva a troca de informações entre os participantes do processo de projeto: empreendedores, projetistas, construtores, fornecedores de materiais e serviços.

Finalmente, a utilização de modelos desenvolvidos depende de uma mudança de postura na forma de trabalho dos envolvidos no desenvolvimento de projetos garantindo uma maior integração entre os agentes e as interfaces do projeto

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento deste trabalho permite que sejam propostas sugestões de temas para novos estudos relativos à gestão da qualidade no processo de projeto. Além destes, outros temas podem ser propostos, como:

- Desenvolver estudos relacionados com os modelos existentes discutindo a relação da simultaneidade entre as atividades desenvolvidas e as equipes alocadas. A simultaneidade de atividades pode fazer com que uma mesma equipe ou profissional tenha de realizar a mesma atividade ao mesmo tempo. Deste modo, analisar a DSM para as atividades e observar como fica a DSM das equipes e então propor alterações e reestruturações das atividades do modelo.
- Desenvolver um banco de dados de informações de projetos anteriormente desenvolvidos objetivando a retroalimentação de informações em projetos futuros que caracterizem os empreendimentos da empresa com o intuito de diminuir o grau de incerteza das etapas iniciais do processo de projeto.
- Desenvolver estudos com a aplicação da EDT baseado nos custos das atividades do processo de projeto e, estas, decompostas em custos de projeto, de materiais e de construção. Esta orientação torna mais fácil a aplicação de técnicas de projeto para custo (*Design to Cost*), Análise Valor, Desdobramento da função qualidade (*QFD – Quality Function Deployment*).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 5670. **Seleção e contratação de serviços e obras de engenharia e arquitetura de natureza privada**. Rio de Janeiro, 1977, 19p.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 13.531. **Elaboração de Projetos de Edificações: Atividades técnicas**. Rio de Janeiro, 1995, 10p.

ASBEA (Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura). **Manual de Contratação de Serviços de Arquitetura e Urbanismo**. Ed. PINI, São Paulo, 1992, 107p.

AUSTIN, S., BALDWIN, A, LI, B., WASKETT, P. **Analytical Design Planning Technique (AdePT): Programming the Building Design Process**. Revista Structures and Building, Novembro, 1998. Disponível em: <<http://www-staff.lboro.ac.uk/~cvprw/index.html>>. Acesso em 15 jul. 2001.

AUSTIN, S., BALDWIN, A., HUOVILA, P., KOSKELA, L. **Application of Design Structure Matrix to the Building Design Process**. ICED 97, Tampere, 19-21 August, 1997. Disponível em: <<http://www-staff.lboro.ac.uk/~cvprw/index.html>>. Acesso em 15 jul. 2001.

AUSTIN, S., BALDWIN, A., HAMMOND, J., WASKETT, P. **Application of the Analytical Planning Technique in the Project Process**. CEC 1999. Dept of Civil and Building Engineering, Loughborough University, UK. Disponível em: <<http://www-staff.lboro.ac.uk/~cvprw/index.html>>. Acesso em 15 jul. 2001

BARROS, M.M.S.B. **Metodologia para implantação de Tecnologia Construtiva Racionalizada na Produção de Edifícios**. São Paulo, 1996. 422p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1996.

BARROS, M.M.S.B., DORNELES, V.P. **Racionalização de Métodos e Processos Construtivos: ação no plano da obra.** São Paulo, 1991. Seminário de apresentação do Programa de Pós-graduação em Engenharia, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo..

BARROS, M.M.S.B., MELHADO, S.B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios.** São Paulo, 1997. Apostila do curso Qualidade e produtividade na construção Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Departamento de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

BRASILIANO, A.E. **Gestão do desenvolvimento de projetos das edificações públicas, um modelo segundo os princípios da engenharia simultânea.** 2000. 245p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, 2000.

BROWNING, T.R. **Use of Dependency Structure Matrices for Product Development Cycle Time Reduction.** Proceedings of the Fifth ISPE International Conference on Concurrent Engineering: Research and Applications, Tokyo, Japan. July 15-17, 1998.

CALMON, J., BRASILIANO, A.E. **Diagnóstico do processo de projeto de edificações públicas à luz da engenharia simultânea.** Engenharia, Ciência e Tecnologia, Vitória, ano 3, n. 14, p.25-29, jan/abr 2000.

CAMBIAGHI, H. **Projeto e obra no difícil caminho da qualidade.** In: Obra, Planejamento & Construção, n. 37, jun. 1992. P. 10-12.

CASAROTTO, N.F., FÁVERO, J.S., CASTRO, J.E.E. **Gerência de Projetos / Engenharia Simultânea.** São Paulo: Editora Atlas, 1999.

CAVALERA, J. **Human and psychological aspects of the implementation of quality control in construction. Management, Quality and Economics in**

Building. Editado por Artur Bezelga and Peter Brandon. E & FN Spon, Chapman & Hall. Londres, 1991, p. 484-494.

CHO, Soo-Haeng, EPPINGER, S.D. **An Integrated Method for Managing Complex Engineering Projects Using the Design Structure Matrix and Advanced Simulation.** MIT – Massachusetts Institute of Technology. Dissertação (Mestrado). Junho, 2001. Disponível em: <<http://www.mit.edu/dsm>>. Acesso em 20 jul. 2001.

CORNICK, T. **Quality Management for Building Design.** Butterworth Architecture Management Gides, 1991.

CTE (Centro de Tecnologia de Edificações). **Programa de Gestão da Qualidade no Desenvolvimento do Projeto da Construção Civil.** São Paulo. CTE/SINDUSCON, 1997, 9 módulos.

DAVIS, M.M., AQUILANO, N.J., CHASE, R.B. **Fundamentos da administração da produção.** Tradução Eduardo D'Agord Schaan...[et al.] – 3.ed. – Porto Alegre: Bookman Editora, 2001.

DINSMORE, P. C. **Gerência de programas e projetos.** São Paulo: Pini, 1992.

FABRICIO, M., MELHADO, S.B. Projeto Simultâneo e a Qualidade na Construção de Edifícios. In. Seminário Internacional: Arquitetura e Urbanismo: Tecnologias para o Século XXI. **Anais:** FAU-USP, São Paulo, 1998.

FERREIRA, A.B.H. **Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa** – 1.ed - Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1988.

FORMOSO, C.T., ABITANTE, A.L.R., BRUSH, L.R.F. **Desenvolvimento de um Sistema de Gestão da Qualidade e Produtividade em empresas de construção civil de pequeno porte.** In: II Seminário Qualidade na Construção Civil – Gestão e Tecnologia. Porto Alegre, 8 e 9 de junho de 1993. Anais. Porto Alegre, Programa de

Pós-Graduação em Engenharia Civil – NORIE/UFRGS, 1993. 2V. P. 53-95.

FRANCO, L.S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada**. São Paulo, 1992. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1992.

FRANCO, L.S., AGOPYAN, V. **Implementação da Racionalização Construtiva na fase de projeto**. São Paulo, 1993. Boletim técnico da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/94.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GRAY, C., HUGES, W., BENNETT, J. **The successful management of design**. 100p. Centre for strategic studies in construction, University of Reading, 1994.

GRIFFITH, A. An Investigation into factors influencing buildability and levels of productivity for application to selecting alternative design solutions: a preliminary report. In: Proceeding of CIB W65 International Symposium in Organization and Management of Construction, London, 1987. **Anais**, London, Spon, 1987-1988. CIB, v.2, p.646-657.

HAMMARLUND, Y, JOSEPHSON, P. E. **Cada Erro tem seu preço**. Técnica, São Paulo, n. 1, p. 32-34, nov-dez, 1992.

HARTLEY, J.R. **Engenharia Simultânea – um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos**. Tradução de Francisco José Soares Horbe. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

HUOVILA, P., KOSKELA, L., LAUTANALA, M. **Fast or Concurrent: The Art of Getting Construction Improved**. In: Lean Construction, Ed. por Alarcón, L.

Balkema, Rotterdam, 1997, p.143-160.

HUOVILA, P., KOSKELA, L., LAUTANALA, M., TANHUANPÄÄ, V.P. **Use of the Design Structure Matrix in Construction**. Proceedings Third International Workshop on Lean Construction, Albuquerque, 1995.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Report n° 72, CIFE, 75p. Stanford University, september, 1992.

KOSKELA, L., HUOVILA, P. **On Foundations of Concurrent Engineering**. In: Lean Construction, A.A.Balkema, Rotterdam, 1997.

KRUGLIANSKAS, I. **Engenharia Simultânea: organização e implantação em empresas brasileiras**. Revista Administração, São Paulo, v.28, n.4, p.104-110, out/dez 1993.

LAUFER, A., DENKER, G., SHENHAR, A. Simultaneous Management: the key excellence in capital projects. International Journal of Project Management, Vol. 4, n.4, 1996. p.189-199.

LAWSON, B. **How Designers Think. The design process demystified**. The Architectural Press, London, 1980.

LEUSIN, S. **O gerenciamento de Projetos de Edifícios: fator de eficiência para a construção leve no Brasil**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 1995. Disponível em <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em 16 jul. 2001.

MELHADO, S.B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. São Paulo, 1994. 294p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Urbana, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1994.

MELHADO, S.B. O que é qualidade de projeto? Uma discussão acerca das mudanças conceituais necessárias para a melhoria da qualidade na construção de edificações. In: Workshop Qualidade de Projeto / RS, Porto Alegre, 1995. **Anais**. Porto Alegre. Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica, PUC – RS, 1995.

MELHADO, S.B., VIOLANI, M.A.F. **A qualidade na construção civil e o projeto de edifícios**. São Paulo, 1992. Série Texto Técnico da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/02.

MOURA, D.C. **Mudança na estrutura Organizacional do Processo de Projeto para Alavancagem em Construção de Edificações: um Estudo Multi-Caso em Pequenas Empresas**. Florianópolis, 1998. 59p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 1998.

NOVAES, C.C. **Diretrizes para a garantia da qualidade do projeto na produção de edificações**. São Paulo, 1996. 389p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1996.

NUNAN, D. **Understanding Language Classrooms**. USA: Prentice Hall, 1989.

OLIVEIRA, R.R. **Sistematização e Listagem de fatores que afetam a construtibilidade**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 1995. Disponível em <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em 22 jul. 2001.

OGLIARI, A. **Gerenciamento do desenvolvimento de Produtos**. Florianópolis, 2000. Apostila da disciplina Gerenciamento do desenvolvimento de produtos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, 2000.

PICCHI, F.A. **Sistemas da Qualidade: Uso em Empresas de Construção**. São Paulo, 1993. 462p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação

em Engenharia Civil e Urbana, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1993.

PMBOK. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Project Management Institute. Chapter 2 – 80p. – 1996. Disponível em <<http://www.pmi.org>>. Acesso em 25 jul. 2001.

POMERANZ, L. Elaboração e Análise de Projetos. São Paulo: Hucitec, 1988

SLACK, N., CHAMBERS, S., HARLAND, C., HARRISON, A., JOINSTON, R. Administração da Produção. Tradução Brandão, A. B. ...[et al.] – 1.ed – São Paulo – Editora Atlas S.A., 1997.

SOARES, C.C.P., QUALHARINI, E.L. Organizando o Escritório de Projetos para a Era da Informática – Considerações Metodológicas. In: VII Encontro Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). Florianópolis, 1998.

SOUZA, R. Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte. São Paulo, 1997. Tese (Doutorado em Engenharia), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Urbana, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1997.

SOUZA, A.L.R., BARROS, M.M.B., MELHADO, S.B. Projeto e Inovação Tecnológica na Construção de Edifícios: Implantação no Processo Tradicional e em Processos Inovadores. São Paulo, 1995. Boletim técnico da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/145.

TAHON, C. Le pilotage simultanée d’un project de construction. Collection Recherche, não 87. Paris, 1997.

THIOLLENT, M. Metodologia da Pesquisa-A o. 6 ed. São Paulo: Cortez, 1994.

TOMMELEIN, I. **Discrete-event Simulation of Lean Construction Processes**. Proceedings of the Fifth Conference of the International Group of Lean Construction (IGLC-5), 16-17 July 1997, Gold Coast, Queensland, Austrália, pp. 121-135.

TZORTZOPOULUS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras e incorporadoras de pequeno porte**. Porto Alegre, 1999. 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ULRICH, H., SACOMANO, J. B. **O processo de projeto na busca da qualidade e produtividade**. In: I Simpósio Brasileiro de gestão da qualidade e organização do trabalho – SIBRAGEQ – Recife, 1999. Recife: GEQUACIL/DPE/ DEC/POLI/ UPE, 1999, v. 1, p. 310-319. Disponível em <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em 16 jul. 2001.

VALERIANO, D. L. **Gerência em Projetos – Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia**. 1998. São Paulo: Makron Books. 1. Ed.

YASSINE, A.A., CHELST, K.R. and FALKENBURG, D.R.A **Decision Analytic Framework for Evaluating Concurrent Engineering**. IEEE Transactions on Engineering Management, p.144-157, vol 46, n.2, May 1999. Disponível em <<http://web.mit.edu/yassine/www/publications>>. Acesso em 20 jul. 2001.

WERNER, L. **Engenharia Simultânea**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 1995. Disponível em <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em 19 jul. 2001.

Anexo 1 - DSM Projeto Conceção – Lista de Atividades e Relação de Dependências – Entrada de Dados

PROJETO DE CONCEPÇÃO		2. Enter all task names in column 'A'.																							
Task Name		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Primeiro projeto arquitetônico	1	■				2	2	2																	
Anteprojeto layout do canteiro	2	1	■			1	1	1	2																
Análise técnica com projetistas e setor produção	3	2		■					2																
Reformulação e diretrizes técnicas-padrões construtivos	4	2		1	■				2																
Primeiro lançamento do projeto estrutural	5	1			■																				
Primeiro lançamento do projeto elétrico	6	1				■																			
Primeiro lançamento do projeto hidro-sanitário	7	1					■																		
Compatibilização entre projetos	8	2	2	2	2	2	2	2	■																
Análise legal do projeto de Prefeitura	9	1		2					2	■					2										
Análise financeira e mercadológica	10	1								1	■				2										
Reformulação do lançamento do projeto estrutural	11								1	1	1	■			2										
Reformulação do lançamento do projeto elétrico	12								1	1	1	1	■		2										
Reformulação do lançamento do projeto hidro-sanitário	13								1	1	1	1		■	2										
Ajustes ao projeto arquitetônico	14								1	1	1	1	1	■											
Aprovação da fase anteprojeto	15														1	■									
Montagem do projeto arquitetônico para aprovação	16														1	■									
Entrada e acompanhamento da tramitação na prefeitura	17															1	■								
Material de lançamento - propaganda	18															2	1	■							
Montagem do registro de incorporação do imóvel	19																2	■							
Comercialização do empreendimento	20																		1	■					
Exposição do produto e levantamento de clientes	21																		2	■					
Informações de clientes potenciais	22																		2	■					
Aprovação da fase Projeto Legal de Prefeitura	23																2	2	2	2	2	2	■		

Anexo 4 - DSM Projeto Conceção – AEAP Colapso – Início das Atividades mais Cedo.

PROJETO CONCEPÇÃO - AEAP Collapsed														
Task Name	Level	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Block1: Bloco de atividades 1	1	1											1	
Block2: Bloco de atividades 2	2	2	2										2	
Block3: Bloco de atividades 3	3	3	2	2									3	
Aprovacao da fase anteprojecto	4	4		2									4	
Montagem do projeto arquitetónico para aprovação	5	5			1								5	
Entrada e acompanhamento da tramitação na prefeitura	6	6				1							6	
Material de lançamento - propaganda	7	7				2	1						7	
Montagem do registro de incorporação do imóvel	7	8					2						8	
Comercialização do empreendimento	8	9							1				9	
Exposição do produto e levantamento de clientes	8	10							2				10	
Informações de clientes potenciais	8	11							2				11	
Aprovacao da fase Projeto Legal de Prefeitura	9	12					2	2	2	2	2		12	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Anexo 5 - DSM Projeto Concepção – ALAP Colapso – Início das Atividades mais Tarde.

PROJETO CONCEPÇÃO - ALAP Collapsed														
Task Name	Level	1	2	3	4	5	6	8	7	9	10	11	12	
Block1: Bloco de atividades 1	1	1											1	
Block2: Bloco de atividades 2	2	2	2										2	
Block3: Bloco de atividades 3	3	3	2	2									3	
Aprovacao da fase anteprojecto	4	4		2									4	
Montagem do projeto arquitetónico para aprovação	5	5			1								5	
Entrada e acompanhamento da tramitação na prefeitura	6	6				1							6	
Montagem do registro de incorporação do imóvel	7	8					2						8	
Material de lançamento - propaganda	8	7				2	1						7	
Comercialização do empreendimento	8	9						1					9	
Exposição do produto e levantamento de clientes	8	10						2					10	
Informações de clientes potenciais	9	11						2					11	
Aprovacao da fase Projeto Legal de Prefeitura	9	12					2	2	2	2	2		12	
			1	2	3	4	5	6	8	7	9	10	11	12

