

**CLÁUDIA MARIA KATTAH VANNI**



**ANÁLISE DE FALHAS APLICADA À  
COMPATIBILIDADE DE PROJETOS NA  
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**

**Universidade Federal de Minas Gerais  
Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia de Produção  
Belo Horizonte – Minas Gerais  
1999**

**CLÁUDIA MARIA KATTAH VANNI**

**ANÁLISE DE FALHAS APLICADA À COMPATIBILIDADE  
DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**

Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Gestão da Qualidade  
Orientador: Prof. Dr. Abdias Magalhães Gomes

**Universidade Federal de Minas Gerais  
Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia de Produção  
Belo Horizonte – Minas Gerais  
1999**

## DEDICATÓRIA

Ao **Túlio**,  
marido, companheiro e amigo, que soube dividir as horas difíceis,  
apoiando-me e prestando uma inestimável colaboração.  
À você todo meu carinho.

Aos **meus pais**,  
que souberam semear, regar, esperar crescer,  
colher e frutificar e ainda hoje conseguem revigorar este amor.  
Sua luta diária é sempre um estímulo para seus filhos.

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. **Abdias Magalhães Gomes**,  
que soube ajudar-me a visualizar outros horizontes, permitindo o convívio no  
mundo fascinante da ciência e proporcionando-me todos os recursos  
para persistir neste objetivo.

Ao Prof. Dr. **Paulo Roberto Pereira Andery**,  
pela segurança e firmeza de suas sugestões que foram essenciais  
para a realização desse trabalho.

Ao professor Dr. **Francisco de Paula Antunes Lima**,  
pelas discussões e sugestões durante o mestrado que foram fundamentais  
para o enriquecimento desta dissertação.

Aos professores do **Departamento de Engenharia de Produção**,  
pelos ensinamentos, atenção e dedicação

Aos professores do **Departamento de Engenharia de Materiais e  
Construção**,  
pelo apoio e compreensão que me dedicaram

À **Ismênia Bonaparte**, secretária do Curso de Pós-graduação,  
pela disponibilidade, atenção, carinho e apoio sempre prestados.

Aos **colegas do curso**,  
pelo convívio, partilha de conhecimentos e força transmitida  
em todos os momentos.

Aos **profissionais**  
que prontamente colaboraram prestando  
informações imprescindíveis para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus irmãos,  
**Beto, Adriana e Marina**  
pelo carinho e apoio constantes,  
dando incentivo para a realização deste estudo.

A **todos** que direta e indiretamente  
contribuíram para que eu chegasse ao fim desta jornada.

*Não há uma escola de raízes?*

*Quem te ensinou  
a não te contentares  
com a superfície fácil  
e a fazeres de tua vida  
um esforço silencioso  
de aprofundamento?.....*

(D. Helder Câmara)

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE GRÁFICOS	
LISTA DE ABREVIATURAS	
RESUMO	
ABSTRACT	

## **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

1.1	O impacto do projeto na construção de edifícios	15
1.2	Objetivo do trabalho	24
1.3	Justificativa / relevância do tema	25
1.4	Organização do trabalho	26

## **CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA**

2.1	Introdução	28
2.2	Qualidade	28
2.3	Projeto	40
2.3.1	A influência do projeto na obtenção da qualidade	40
2.3.2	Conceito de projeto	41
2.3.3	O desenvolvimento do projeto	42
2.3.4	Etapas de projeto	44
2.3.5	A influência do projeto no custo total do empreendimento	49
2.3.6	Controle da qualidade do projeto	54
2.3.7	Atendimento às necessidades dos clientes	55
2.3.8	Interação das etapas do processo de construção de edifícios	57
2.4	Coordenação de projetos	65
2.4.1	<i>Lean construction</i>	65
2.4.2	Racionalização construtiva	69
2.4.3	Construtibilidade	71

2.4.4	Coordenação de projetos na construção de edifícios	80
2.4.4.1	Engenharia Simultânea e a coordenação de projetos	83
2.4.4.2	Aproximação entre construtoras e projetistas: “parcerias”	84
2.4.4.3	A gestão da qualidade na coordenação	88
2.4.4.4	O processo de coordenação	90
2.4.4.5	O papel do coordenador	93
2.4.4.6	A compatibilização de projetos	94
2.5	Análise de falhas	99
2.5.1	Introdução	99
2.5.2	Confiabilidade	99
2.5.3	<i>Design review</i>	100
2.5.4	FMEA – Análise dos modos e efeitos das falhas	103
2.5.4.1	Escolha dos primeiros temas de análise	105
2.5.4.2	Formação de equipes de trabalho	106
2.5.4.3	Coleta de dados	107
2.5.4.4	Dificuldades na implementação da análise de falhas	108
2.5.5	Estudo nos moldes da FMEA	110
2.5.5.1	Modos de falhas	110
2.5.5.2	Efeito das falhas	111
2.5.5.3	Causa das falhas	111
2.5.5.4	Controles atuais	111
2.5.5.5	Índice de gravidade	111
2.5.5.6	Índice de ocorrência	112
2.5.5.7	Índice de detecção	113
2.5.5.8	Análise de risco ou de criticidade	114
2.5.5.9	Ações preventivas recomendadas	115
2.5.5.10	Ações preventivas adotadas	116

### **CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA DE PESQUISA**

3.1	Introdução	116
3.2	Estratégia de pesquisa	127
3.3	Etapas de procedimento	129

3.3.1	Entrevistas	129
3.3.2	Observações de campo	130
3.3.3	Análise e tabulação dos dados	134
3.3.4	Estabelecimento de uma lista de verificação de tópicos de projeto	135
3.3.5	Determinação de uma matriz de correlação	135
3.3.6	Desenvolvimento da análise de falhas via FMEA	160

**CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E EXEMPLIFICAÇÃO DE ANÁLISES** 161

**CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES**

5.1	Considerações finais	172
5.2	Propostas para novos trabalhos	174

**CAPÍTULO 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS** 176

**ANEXOS**

<b>CHECK LIST</b>	186
-------------------	-----

<b>GLOSSÁRIO</b>	207
------------------	-----

## LISTA DE FIGURAS

2.1	Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases	50
2.2	O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício	51
2.3	Relação entre o tempo de desenvolvimento de um empreendimento de edifício e o custo mensal das atividades	52
2.4	Relação entre o tempo de desenvolvimento de um empreendimento de edifício e o custo mensal das atividades com a idéia de um maior investimento na fase de projeto	53
2.5	Ciclo da qualidade no setor da construção	58
2.6	Dados essenciais de um sistema de qualidade	60
2.7	Diagrama conceitual	61
2.8	Sistema de gestão da qualidade	63
2.9	Variáveis impostas ao projeto e à produção	75
2.10	Aspectos de construtibilidade	79
2.11	Processo de projeto na construção de edifícios	91
2.12	Esquema do desenvolvimento do projeto	92
2.13	Fluxograma para elaboração de projetos	98
2.14	Critérios de avaliação de gravidade	112
2.15	Critérios de avaliação de ocorrência	113
2.16	Critérios de avaliação de detecção	114
3.1	Relação dos módulos constituintes da metodologia de pesquisa	128
3.2	Incompatibilização: projeto estrutural x impermeabilização	132
3.3	Incompatibilização: projeto hidráulico x incêndio	133
4.1	Cruzamento arquitetônico x estrutural – exemplo 1	162
4.2	Cruzamento arquitetônico x estrutural – exemplo 2	163
4.3	Cruzamento arquitetônico x hidráulico – exemplo 1	164
4.4	Cruzamento arquitetônico x hidráulico – exemplo 2	165
4.5	Cruzamento arquitetônico x elétrico – exemplo 1	166
4.6	Cruzamento estrutural x hidráulico – exemplo 1	167
4.7	Cruzamento estrutural x elétrico – exemplo 1	168
4.8	Cruzamento estrutural x elétrico – exemplo 2	169
4.9	Cruzamento elétrico x telefonia – exemplo 1	170

## LISTA DE TABELAS

1.1	Principal atividade da empresa	17
1.2	Participação em programas institucionais para a qualidade	17
1.3	Programas de melhoria já implantados pelas empresas estudadas	18
2.1	Desperdício estimado, expresso em percentagem do custo da obra	39
3.1	Matriz de correlação – Arquitetura x estrutura	138
3.2	Matriz de correlação – Arquitetura x hidráulica	140
3.3	Matriz de correlação – Arquitetura x elétrica	143
3.4	Matriz de correlação – Arquitetura x telefonia	146
3.5	Matriz de correlação – Estrutura x hidráulica	148
3.6	Matriz de correlação – Estrutura x elétrica	150
3.7	Matriz de correlação – Estrutura x telefonia	152
3.8	Matriz de correlação – Hidráulica x elétrica	154
3.9	Matriz de correlação – Hidráulica x telefonia	156
3.10	Matriz de correlação – Elétrica x telefonia	158

## **LISTA DE GRÁFICOS**

- 1.1 Distribuição percentual da origem das falhas registradas em diversas obras civis 20

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

CE	Comunidade Européia
CEP	Controle Estatístico do Processo
CII	Construction Industry Institute
ES	Engenharia Simultânea
FMEA	Failure Modes and Effects Analysis (Análise dos Modos e Efeitos de Falha)
GQT	Gestão pela Qualidade Total
ISO	International Organization for Standardization
JIT	Just in Time
PBPQ	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade
PDCA	Plan, Do, Check, Action
QUALIHAB	Programa da Qualidade na Habitação Popular
TPM	Total Productive Maintenance
TQC	Total Quality Control (Controle de Qualidade Total)
TQM	Total Quality Management

## RESUMO

As crescentes exigências do mercado quanto à qualidade das edificações, bem como a pressão de redução de custos, tem exigido das empresas construtoras a adequação de suas estratégias, frente a essa emergente conjuntura de mercado. Nesse contexto, as atividades de projeto de edificações devem ser objeto de ações gerenciais que efetivamente garantam um nível esperado de qualidade, como uma ação prévia ao seu desdobramento. O presente trabalho aborda o tema de compatibilização de projetos de obras prediais no contexto do Gerenciamento pela Qualidade Total. Inicialmente, faz-se uma revisão crítica dos enfoques de compatibilização de projetos, mostrando sua importância em termos de custo, qualidade e prazos de execução de obras prediais. Propõe-se um método para compatibilização dos projetos, baseado nas ferramentas de análise de falhas empregadas por outros segmentos industriais, particularmente a FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*). O método permite a detecção de falhas potenciais ligadas à compatibilidade entre os distintos projetos de uma edificação, sua priorização e a determinação de contra-medidas a essas falhas, de forma a estabelecer diretrizes que deverão ser incorporadas durante a elaboração dos distintos projetos. Os princípios envolvidos na elaboração do método baseiam-se na escola do *lean thinking*, de tal maneira que atenção especial é dada às incompatibilidades decorrentes dos fluxos de informação entre os distintos projetos. Uma análise crítica preliminar do método proposto mostra que ele é flexível, ou seja, adaptável à realidade de distintas empresas de construção, de fácil implementação e permite o gradual estabelecimento de procedimentos de otimização dos projetos, voltados à construtibilidade.

## **ABSTRACT**

The increasing market requirements as to building quality, as well as the cost reduction pressure have demanded from building companies the adaptation of their strategies due to this emerging market conjuncture. In this context, the activities of building design must be object of managerial actions that effectively ensure an expected level of quality as a previous action to its deployment. The present work approaches the theme of compatibility of building designs in the context of the Total Quality Management. Initially, a critical review focusing design compatibility is done, showing its importance in terms of cost, quality and building time. A design compatibility method is proposed, based on the tools of failure analysis used by other industrial segments, particularly the FMEA (Failure Modes and Effects Analysis). The method allows the detection of potential failures related to the compatibility among the different building designs, its prioritization and the establishment of countermeasures against those failures, in a way to establish guidelines, which should be incorporated during the elaboration of the distinct designs. The principles involved in the elaboration of the method are based on the *lean thinking* school, in such a way that special attention is given to the incompatibilities caused by the information flows among distinct designs. A preliminary critical analysis of the proposed method shows that it is flexible, i.e., adaptable to the reality of different construction companies, easily implemented, and allows a gradual establishment of design optimization procedures concerned to constructability.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 O impacto do projeto na construção de edifícios

As crescentes exigências do mercado quanto a qualidade das edificações, bem como a pressão de redução de custos, têm exigido das empresas construtoras a adequação de suas estratégias. Nesse contexto, o Gerenciamento pela Qualidade Total (GQT) encontrou ressonância em um bom grupo de empresas construtoras, e exemplos encorajadores da implantação dessa metodologia, com a obtenção de significativos aumentos de qualidade e produtividade, tem sido reportados pela literatura recente (FORMOSO, 1995).

Com efeito, o perfil da indústria da construção tem se mostrado mais que adequado para a adoção desses programas de qualidade: apresenta um elevado nível de competitividade no mercado, há uma necessidade premente de redução de custos e eliminação de desperdícios, os clientes exigem soluções cada vez mais inovadoras, cresce a necessidade de treinamento de mão-de-obra e padronização de procedimentos e métodos.

Para que haja um maior entendimento, o presente estudo abordará sistemas da qualidade na construção de edifícios e não na construção civil de um modo geral. Segundo PICCHI (1993), nos outros setores, construção pesada e montagem industrial, já existem sistemas de qualidade funcionando há algum tempo, por exigência de contratantes. No Brasil ainda se constrói de forma irracional, com grandes desperdícios, mas nos últimos anos tem-se notado uma evolução quanto aos novos sistemas construtivos.

Para o mesmo autor, a cultura vigente na construção civil prima por uma acomodação com nível atual, que se baseia em coisas do tipo: “*a construção é isso mesmo, a construção não é uma indústria, o desperdício existe mesmo*”. Porém, já se faz real a perspectiva de mudança definitiva desta mentalidade dentro do setor.

Quando se pretende aplicar um sistema de gestão da qualidade ao setor da construção, particularmente, ao subsetor edificações<sup>1</sup>, deverá ter-se como premissa que, por ser freqüentemente caracterizado como atrasado, trata-se de um setor muito particular da atividade industrial. Este atraso, deve-se principalmente:

- a. à diversidade dos intervenientes nas várias fases do processo de construção;
- b. à grande dispersão das obras agravada, na maioria dos casos, pela pequena produção em série;
- c. ao caráter itinerante da indústria da construção com sucessivas mudanças de canteiro, de tipo de obra e de pessoal (*turn over*);
- d. à variedade de materiais, componentes e tecnologias utilizados, bem como dos respectivos fornecedores.

Como a indústria de construção tem características singulares, é preciso desenvolver sistemas próprios, adequados a cada projeto, buscando novas tecnologias e processos.

Uma pesquisa realizada em 14 estados brasileiros, abrangendo 48 empresas das diversas áreas de atuação no setor da construção civil, predominando o setor de construção e incorporação de edifícios (TABELA 1.1), abordou-se um assunto de grande relevância sob o ponto de vista científico e econômico, a preocupação das empresas com temas relativos à qualidade, com o intuito de proporcionar uma visão geral da dimensão da pesquisa, que vem crescendo nos últimos anos. (SOUZA et al. 1999)

---

<sup>1</sup> “Esse subsetor é composto por empresas que atuam na construção de edifícios residenciais, comerciais, institucionais ou industriais. É o subsetor que apresenta maior heterogeneidade interna, capacitando-se com os demais subsetores. Caracteriza-se pela participação de empresas de grande, médio e pequeno porte, predominando as duas últimas” (BARROS, 1996).

**TABELA 1.1**  
**Principal atividade da empresa**

<b>ATIVIDADE</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>(%)</b>
<b>Obras Públicas</b>	5	10
Incorporação e construção	34	7
Predial para terceiros	8	17
<b>Outras</b>	1	2
<b>TOTAL</b>	<b>48</b>	<b>100</b>

FONTE – SOUZA et al., 1999

Conforme apresentado na TABELA 1.2, apurou-se que 69% das empresas possuem ou já participaram de programas institucionais para a Qualidade.

**TABELA 1.2**  
**Participação em programas institucionais para a qualidade**

<b>PROGRAMAS</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>(%)</b>
<b>PEGQ</b>	2	4
SEBRAE	14	25
Universidades	11	20
SENAI	12	22
Empresa de Consultoria	9	16
Outros	4	7
<b>TOTAL</b>	<b>55</b>	<b>100</b>

Obs. Algumas empresas participam em mais de um programa

FONTE – SOUZA et al., 1999

Dentre os programas de melhorias já desenvolvidos nestas empresas destacam-se os relacionados na TABELA 1.3.

**TABELA 1.3**  
**Programas de melhoria já implantadas pelas empresas estudadas**

<b>PROGRAMAS</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>(%)</b>
Programa 5S	21	20
Segurança do Trabalho	34	32
Alfabetização	19	18
Padronização de processos	22	21
Implantação de normas ISO 9000	5	5
Sistemas de Gestão da Qualidade	1	1
Outros	6	6
<b>TOTAL</b>	<b>107</b>	<b>100</b>

Obs. Algumas empresas já implementaram mais de um programa

Fonte: SOUZA et al., 1999

Portanto, percebe-se que, ainda hoje, a construção civil no país não atingiu a evolução almejada face à inobservância de determinados princípios básicos, preconizados pelo programa da qualidade. Dentre os tópicos que contribuíram com tal fato, pode-se destacar: os projetos deveriam ser mais integrados à parte executiva das obras; dever-se-ia atentar para uma maior eficiência do gerenciamento e uma melhor qualificação da mão-de-obra. Para além desses fatores é notório que a teoria e a prática estão muito dissociadas no âmbito da construção de edifícios. Comumente, tem-se engenheiros com bastante experiência na execução das obras, mas com pouco tempo para investir em estudos e pesquisas avançadas. Por outro lado, há profissionais que dominam com segurança os conceitos teóricos, mas não têm dedicado às necessárias incursões e visitas aos canteiros das obras, sem contar com o eterno problema da instabilidade econômica no Brasil.

A qualidade global de um empreendimento resulta da soma de três componentes: planejamento, projeto e execução da obra. Deve-se considerar que a não-qualidade é muitas vezes mais importante em fases anteriores do processo de construção, ainda que as conseqüências não sejam imediatamente visíveis e o seu custo possa comprometer até 25% do faturamento das empresas (MATTEI, 1998). Segundo CONTE (1998), *“para melhorar o desempenho não basta eliminar o custo da não-qualidade: é preciso eliminar tudo o que não agrega valor e fazer foco no cliente. É importante que a qualidade do trabalho seja percebida por ele”*.

Assim sendo, é mister que sejam desenvolvidos estudos visando o aprimoramento, a utilização e a adaptação de ferramentas da qualidade, fato que proporcionará a melhoria nos sistemas de controle e gestão na construção civil. Neste enfoque “ganha corpo” e especial importância o tratamento dos projetos necessários à execução das construções através de técnicas, filosofias, métodos e ferramentas da gestão pela qualidade. Em concordância com a situação apresentada, a padronização e coordenação dos projetos facilita, por exemplo, a adoção do *“lean construction”*<sup>2</sup> e permite melhor aferição dos resultados desse modelo de gestão da produção. O *“lean construction”* é uma filosofia contemporânea que propõe a busca contínua de sistemas de produção “enxutos”, como estratégia central na garantia da sobrevivência das empresas.

Outro fato sinalizador é o precário e muito impreciso controle na construção civil. O desperdício às vezes chega a 30% do custo total do empreendimento, e é ocasionado por **“falhas”**<sup>3</sup> na especificação de materiais; **falhas** de projeto; **falhas** de durabilidade dos componentes; da mão-de-obra; do serviço terceirizado; da manutenção dos materiais utilizados nas obras. Como exemplo, pode-se observar no GRÁFICO 1.1 os percentuais das origens de cada uma das

---

<sup>2</sup> Filosofia de construção, também denominado, em português de “Construção Enxuta” ou “Construção sem perdas”.

<sup>3</sup> Falha é “falta, defeito, omissão, lacuna” (AURÉLIO, 1986).

falhas registradas em 378 empresas ligadas ao setor da construção civil no Brasil, originado do trabalho de MAWAKDYE (1993).

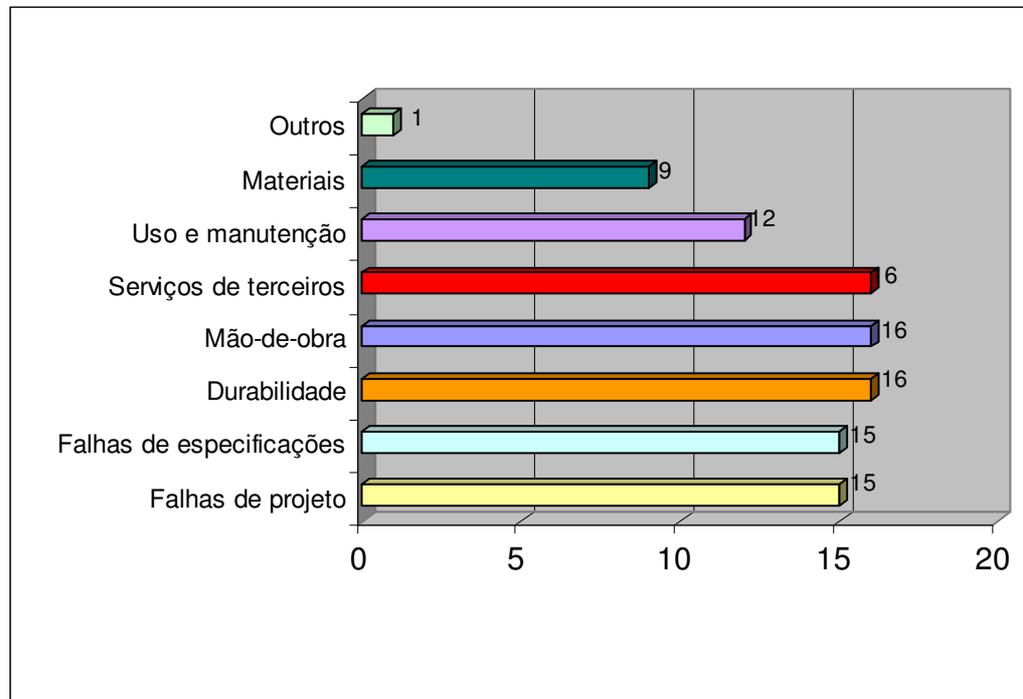


GRÁFICO 1.1 – Distribuição percentual da origem das falhas registradas em diversas obras civis

Fonte: MAWAKDYE (1993)

Na origem das falhas ocasionadas por projetos, destacam-se:

- a. projetos incompletos;
- b. incompatibilidade dos diversos projetos;
- c. alterações nos projetos;
- d. conflitos entre os distintos projetos;
- e. falta de coordenação;
- f. tempo perdido em reuniões mal conduzidas;
- g. erros na especificação dos materiais;
- h. falta de detalhamento;
- i. dificuldades de interpretação da representação gráfica utilizada;
- j. planejamento inadequado;
- k. falta de padronização e construtibilidade.

Como conseqüência, observa-se que as perdas na construção, englobando a ocorrência de desperdício de materiais e a execução de tarefas desnecessárias, geram custos adicionais à mesma, reduzindo a lucratividade no setor.

Nesta mesma direção, percebe-se que os erros ocasionados por falhas de projeto fazem parte da rotina da maioria das construtoras e, normalmente, só são descobertos quando da efetiva execução da obra. Esta situação somente ocorre, na medida em que o projeto e a execução têm tratamento dissociado e distinto, embora o mais importante é que houvesse uma união e um entrelaçamento entre estas duas importantes etapas da obra.

Este fato mencionado reforça a preocupação de executar, e bem, tarefas voltadas para a compatibilização de projetos. Esta coordenação deve constar de responsabilidades claras e previamente estabelecidas, com especial enfoque no estudo e exame das diversas interferências entre os projetos necessários à execução de edificações, tais como: arquitetônico, estrutural, hidráulico, elétrico, telefonia, ar condicionado, paisagismo, luminotecnica, incêndio, aterramento, etc. Dessa forma, a compatibilização de projetos é uma tarefa voltada à execução, e tem de ser considerada como intrinsecamente interligada a ela (YOUSSEF, 1994). Portanto, os projetos devem ser realistas e levar em conta a praticidade no construir, enfocando o abrangente conceito de construtibilidade.

Pode-se perceber, após muitos estudos, que o segredo de uma obra está no projeto. Para FERREIRA (1994), *“o projeto é o carro-chefe de qualquer racionalização. É o ponto onde se deve parar para analisar uma série de características do processo, de forma a obter sucesso pleno”*.

Neste sentido, as atividades de projeto de edificações devem ser objeto de ações gerenciais que efetivamente garantam um nível esperado de qualidade, como uma ação prévia ao gerenciamento da rotina. É nesse contexto que se situa a atividade de revisão de projetos (*design review*) e, especificamente, a compatibilização dos distintos projetos parciais (arquitetônico, estrutural e de instalações) em edificações.

Uma pesquisa realizada pela construtora inglesa Taywood Engineering Limited (TÉCHNE, 1998) diagnosticou que:

*“a pobreza na comunicação é, em boa parte, responsável pela aparente inabilidade da indústria da construção de aprender com seus próprios erros. Essa comunicação compreende o processo de revisão de projetos (design review), retorno e reutilização de lições aprendidas”.*

São consideradas medidas essenciais: maior atenção para orientações gerais do cliente e para a formação inicial de uma equipe que inclua empreiteiros especializados, integração da equipe com clara definição de responsabilidades, papéis e regras. Segundo a mesma pesquisa, 85% dos clientes, arquitetos, engenheiros e empreiteiros, apontam como o problema que mais afeta a produtividade na indústria da construção civil, a organização dos processos concernentes dos projetos.

Segundo MELHADO & VIOLANI (1992), um fluxo de informações entre as equipes de projeto e de execução é de fundamental importância para a implementação de sistemas de garantia da qualidade na construção de edifícios. É necessário alcançar uma integração organizacional e tecnológica entre estas duas etapas, ou seja, avaliar o que se concebeu e o que virá a se tornar realidade no canteiro de obras.

Após este breve preâmbulo, propõe-se neste trabalho a criação de um método, como uma ferramenta complementar às metodologias de compatibilização de projetos, de acordo com a filosofia do *lean thinking*<sup>4</sup>. Seu enfoque básico está voltado para análise de falhas potenciais, ou seja, uma busca sistemática “do que pode dar errado” (HELMAN & ANDERY, 1998). Inicialmente, é situada a compatibilização de projetos sob o ponto de vista da análise de falhas. Falhas aqui são consideradas como incompatibilidades de projeto que acarretam em uma diminuição da construtibilidade, gerando, no contexto do *lean thinking*, desperdícios (VANNI et al., 1998).

---

<sup>4</sup> *Lean thinking* designa uma estrutura de pensamento caracterizado por um conjunto de métodos e princípios voltado ao desenvolvimento de produtos e gerenciamento da produção. O seu enfoque básico está voltado à eliminação de atividades que não agregam valor à cadeia produtiva

Essa conduta no gerenciamento de projetos contém a idéia básica de que existem falhas que não poderão ser detectadas pelos mecanismos convencionais de controle e compatibilização de projetos, porque esses **mecanismos** são fundamentados no conhecimento atual sobre as variáveis envolvidas. Contudo, essas falhas estão **implícitas** nos diferentes projetos de uma edificação, normalmente como uma conseqüência de uma relação causa-efeito que é tecnicamente desconhecida. Dessa forma, a análise de falhas potenciais - utilizando as ferramentas de análise de falhas já amplamente usadas em projetos industriais de produtos e processos - proporcionará a introdução de um “filtro” a “bombas temporizadas”: problemas que ainda não ocorreram, mas, como mencionado anteriormente, são inerentes às atividades de projeto (HELMAN & ANDERY, 1998) .

Um dos métodos comumente utilizados na análise de falhas é a FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*)<sup>5</sup>, que é amplamente descrito na literatura (HELMAN, 1995). Em termos sintéticos, FMEA é um método de análise estruturada, formalmente documentada para servir também como uma “auditoria” ao projeto do produto ou processo. Seu objetivo básico é identificar os modos de falha, suas causas básicas, seus efeitos, e qual o impacto desses efeitos no produto final. Uma vez estabelecida a relação entre a falha, suas causas e seus efeitos, são determinados índices que avaliam a probabilidade de ocorrência da falha, a gravidade de seus efeitos e a capacidade de detectar-se a falha e bloqueá-la antes do seu efeito ser percebido pelo cliente. O produto dos três índices resulta no chamado “índice de risco”, que permite a hierarquização das falhas e a priorização das ações preventivas que serão tomadas (VANNI et al., 1998).

Esse método foi adaptado, sofrendo algumas simplificações, para a utilização na tarefa de compatibilização de projetos, configurando-se, portanto, como uma ferramenta auxiliar a essa tarefa.

---

<sup>5</sup> FMEA – Em português: Análise dos Modos e Efeito das Falhas

## 1.2 Objetivo do trabalho

A indústria brasileira, de maneira geral, e em particular a construção de edifícios, vem sofrendo, nos últimos anos, os efeitos das profundas transformações sócio-econômicas que colocam a produtividade e a competitividade das empresas como questão central à sua sobrevivência e prosperidade.

Assim sendo, para o setor de construção de edifícios evoluir, é necessário buscar melhor gestão da produção, melhor qualidade, maior produtividade, menores desperdícios e menores custos de manutenção.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo apresentar um procedimento auxiliar à compatibilização de projetos de edificações, baseado nos métodos de análise de falhas. Este procedimento está direcionado à uma análise sistemática de incompatibilidades potenciais entre tópicos dos vários projetos de edificações, propondo mecanismos preventivos à sua ocorrência, e introduzindo assim, um maior nível de confiabilidade nos projetos.

Para alcançar o objetivo final acima, deve-se ressaltar os seguintes objetivos específicos:

- a. discutir o conceito de projeto e avaliar sua importância no mercado de incorporação e construção de edifícios;
- b. evidenciar a necessidade da elaboração de projetos de forma simultânea e coordenada;
- c. analisar a contribuição potencial da coordenação de projetos para a garantia da qualidade do produto final;

Como ente balizador e norteador deste trabalho, serão priorizados os estudos envolvendo apenas parte dos projetos necessários à construção de edifícios, o

projeto arquitetônico, o projeto estrutural, o projeto hidráulico, o projeto elétrico e o projeto de telefonia.

Vale ressaltar que cada análise deve resultar em um plano de ação, e os profissionais envolvidos com o projeto devem estabelecer mecanismos que garantam a sua efetiva implementação durante a execução da obra. Dessa forma, o procedimento proposto deve ser implementado nas etapas iniciais, quando é mais fácil e mais barato propor alterações na concepção dos diversos itens do projeto.

### **1.3 Justificativa e relevância do tema**

Pela dificuldade de abordar todo o processo executivo de construção de edifícios de uma única vez, o presente trabalho abordará a etapa de maior relevância, no caso específico, o projeto, pois o mesmo tem grande e decisiva participação na implantação de tecnologias construtivas e racionalizadas, objetivando alcançar a qualidade na construção.

PICCHI (1995), destaca alguns problemas presentes na etapa de projeto:

- a. alterações improvisadas e quebras na obra decorrentes da falta de compatibilização de projetos;
- b. falhas ocasionadas pela ausência de detalhamento na obra devido à falta de pontualidade na entrega dos projetos;
- c. retrabalho gerado pela utilização de versões desatualizadas de projeto;
- d. resolução de problemas por pessoas não capacitadas devido à ausência de detalhes.

Segundo MELHADO (1995), *“as empresas vêm passando pela implementação de novas formas de gestão, visando combater os seus desperdícios e obter melhores níveis de competitividade”*.

Portanto, estes problemas podem ser minimizados através de uma série de medidas de racionalização como: uma eficiente coordenação de projetos, desde o anteprojeto; pré-definição dos processos executivos; utilização de metodologia de análise de falhas na etapa de elaboração de projetos e detalhamento da execução dos serviços.

Buscar a priorização das falhas potenciais aparece como sendo um caminho eficiente para padronizar e racionalizar a compatibilização de projetos de construção civil. Daí a escolha do método “Análise de Falhas”, em particular a FMEA, como base da metodologia proposta neste trabalho, que visa analisar a presença da coordenação dentro do processo construtivo, como “ponte” entre projeto e execução, com ganhos em qualidade e produtividade.

#### **1.4 Organização do trabalho**

O presente estudo foi dividido em seis capítulos. O primeiro aborda o impacto do projeto na construção de edifícios, o objetivo do trabalho proposto e a justificativa e relevância do tema.

No segundo capítulo é feita uma revisão analítica da literatura, onde são avaliados os aspectos conceituais relacionados à qualidade e ao projeto; a importância da coordenação de projetos e a influência da nova filosofia lean construction para o aumento da produtividade e competitividade, bem como a importância da racionalização construtiva e construtibilidade na etapa de elaboração dos distintos projetos de uma obra de edificações. Também fazem parte deste capítulo, a conceituação e origem da metodologia Análise de Falhas, objetivando tornar claro o enfoque da tese.

No terceiro capítulo, é apresentada a metodologia de pesquisa, através de levantamento realizado em empresas de projeto e construtoras relacionadas à construção de edifícios. Os check lists fazem parte do Anexo B complementando a metodologia proposta.

No quarto capítulo são apresentados os resultados da pesquisa que consta de um estudo nos moldes da FMEA, visando analisar os cruzamentos dos principais pontos de interferência entre os distintos projetos. É apresentada, também, a hierarquização das falhas e as ações preventivas a serem adotadas, comprovando a importância da utilização da metodologia, na busca de eliminação das falhas quando da fase de elaboração de projetos.

As considerações finais e as propostas para novos trabalhos na mesma linha de pesquisa, *Análise de Falhas Aplicada à Compatibilização de Projetos em Construção de Edifícios* estão inseridas no quinto capítulo. Em seguida, são apresentadas as referências bibliográficas, os anexos e o glossário que complementam o trabalho.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Introdução**

Como forma de melhor ilustrar e documentar este trabalho, será feito uma revisão de literatura contemplando todos os tópicos necessários à compreensão e discussão do tema proposto.

Será apresentada uma revisão dos conceitos inerentes à qualidade, bem como uma definição geral do que é um projeto, suas etapas e seu enquadramento no desenvolvimento da construção civil.

Posteriormente, será discutido o estado da arte da coordenação de projetos, suas dificuldades e a sua contribuição para a racionalização da construção civil, enfocando a construtibilidade e o seu enquadramento dentro dos princípios postulados pela moderna e contemporânea filosofia intitulada de *Lean Construction*.

Finalmente, far-se-á um breve relato do princípio da análise de falhas proposto pela teoria da qualidade, bem como do FMEA (Análise dos Modos e Efeitos das Falhas), ferramenta cuja teoria irá apoiar e sustentar a proposta deste trabalho, que é a de avaliar as interferências entre as diversas etapas dos projetos necessários à execução das edificações.

### **2.2 Qualidade**

Com a globalização do mundo moderno, nota-se uma crescente preocupação das empresas ligadas à construção civil na observância e adoção de rotinas e métodos de sistema de gestão e controle, como forma de garantir a sua sobrevivência.

Neste sentido, a palavra “qualidade” ganhou importância e destaque, tornando-se, em alguns casos, o verdadeiro vetor de propulsão dos estudos e experiências

em curso nas empresas. Em particular, as empresas que atuam no segmento da construção civil estão sendo induzidas a tratar com atenção e competência alguns fatores que outrora não faziam parte do rol ou do seu dia-a-dia. Pode-se destacar:

- a. a busca de novos mercados, tais como, Comunidade Européia (CE), Mercosul, Alca, etc;
- b. a manutenção e conservação do seu mercado interno, agora não muito fiel;
- c. a redução de seus custos de produção, face à inevitável exigência formulada pelos contratantes oficiais e privados;
- d. a exigência, cada vez mais acentuada, por parte da comunidade, de requisitos de qualidade em materiais, projetos e obras;
- e. o Código de Defesa do Consumidor, que estabelece uma série de regras para a difícil relação produtor / consumidor;
- f. a maior organização sindical e participação política dos trabalhadores, hoje mais conscientes e cientes dos seus direitos e, por vezes, muito pouco dos seus deveres;
- g. a elaboração de programas governamentais que priorizam uma busca ordenada e incessante da qualidade. Um exemplo típico é o PBPQ<sup>6</sup>, que proporciona um aumento da competitividade de bens e serviços produzidos no país. Um outro exemplo é o projeto QUALIHAB<sup>7</sup> que tem como objetivo reduzir o desperdício de materiais na fase de produção e avaliar a qualidade das habitações populares do estado de São Paulo;
- h. a atuação das entidades de classe, que disseminam e divulgam diversos programas de melhoria de competitividade e de qualidade.

Face às grandes mudanças e transformações ocorridas no cenário produtivo e econômico mundial, surge também um importante sistema administrativo denominado TQC<sup>8</sup> (Controle de Qualidade Total), que aparece como uma

---

<sup>6</sup> PBPQ – Programa Brasileiro e Qualidade e Produtividade, que tem como objetivo principal apoiar e promover ações que visem qualidade e produtividade

<sup>7</sup> QUALIHAB é um programa baseado na experiência do Qualibat francês, que conta com 50 mil empresas certificadas

<sup>8</sup> TQC – Total Quality Control - sistema administrativo aperfeiçoado no Japão a partir de idéias americanas introduzidas após a Segunda Guerra Mundial (CAMPOS, 1995).

solução para as empresas buscarem uma maior excelência e competitividade neste mercado cada vez mais competitivo.

A qualidade total tem como objetivo básico buscar a racionalização nos processos construtivos e empresariais visando:

- a. redução de custos;
- b. satisfação dos clientes;
- c. aumento da competitividade.

Para uma empresa ser competitiva é necessário que ela tenha uma maior produtividade em relação a todos os seus concorrentes, e o que realmente garantirá a sua sobrevivência é o aumento de sua cota de participação no mercado, podendo formular para as suas obras preços e produtos mais competitivos, com um maior controle e previsibilidade das variáveis que interagem no processo produtivo.

Em geral, qualidade na construção civil significa o consumidor estar constantemente informado e ciente de algumas exigências requeridas a um determinado produto que, em princípio, precisa ser compatível com o seu poder de compra. Da mesma forma, é o produtor atendendo a essas exigências com um mínimo de dispêndio de recursos possível (THOMAZ, 1994).

Como sabemos, o conceito de qualidade evolui continuamente acompanhando o ritmo das mudanças, e as idéias que ontem pareciam certas, hoje já estão ultrapassadas. Segundo SOUZA et al. (1995), o que se aplica à qualidade na construção civil é:

- a. obras de qualidade atendem às expectativas do cliente e necessidades do usuário;
- b. qualidade consiste no cumprimento dos requisitos e especificações do cliente;
- c. qualidade é prevenir ocorrência de erros ou desvios em relação às especificações nas várias etapas do processo de produção;

- d. a responsabilidade da qualidade é compartilhada por todos e exige total envolvimento dos funcionários.
- e. indicadores da qualidade medem a satisfação do cliente; indicadores da produtividade medem a eficiência no uso de recursos.
- f. não se conformar com perdas e erros; promover melhorias contínuas, visando minimizar os desperdícios.

Inúmeras pesquisas realizadas em obras apresentaram falhas e patologias construtivas de erros não só técnicos, como de caráter humano e organizacional. Os erros obtidos à partir de fatores técnicos são tidos como: tempos ociosos de mão-de-obra e equipamentos, erros de planejamento, falhas em projetos, materiais fora da especificação e erros de execução gerado pela contratação de profissionais não qualificados (SOUZA, 1995).

Segundo o autor, a parceria entre empresa, colaboradores e fornecedores deve ser entendida como rotina normal nas construtoras. É importante romper as barreiras entre a classe “pensante” (alta administração) e a classe “não pensante” (operários) que apenas executa tarefas, devolvendo-lhes a possibilidade de pensar, ou seja, planejar, executar, controlar e aperfeiçoar o próprio trabalho. Os erros ocasionados pela má gestão organizacional com relação ao comprometimento da alta administração e a definição de responsabilidades e autoridades, tem merecido estudos mais aprofundados. Pesquisas em indústrias tem atribuído 80 a 85% dos problemas a ações gerenciais de diretores, chefias e técnicos, enquanto 15 a 20% a encarregados e operários. Com isso, verifica-se que a implantação da qualidade deve-se iniciar pela alta administração da empresa.

Para implantar a qualidade, é necessário que toda a empresa esteja consciente da mudança de paradigmas e haja o comprometimento do empresário, do engenheiro e dos operários com a gestão da qualidade e com os procedimentos que devem ser padronizados. Esta deve ser implantada de forma integrada para que os resultados sejam satisfatórios (SOUZA, 1995).

O autor afirma existir uma grande dificuldade para implantar a qualidade - a cultura de toda a empresa, em especial da alta administração, seguida dos gerentes, engenheiros, mestres, encarregados e operários. Se os gerentes, engenheiros e mestres da construtora estiverem cientes da importância econômica e social da qualidade, eles poderão ser os principais agentes desta mudança.

Para o autor, com a implantação da qualidade na construção civil as empresas conseguem otimizar gastos, aperfeiçoar materiais, projetos, serviços e execução, bem como, padronizar procedimentos e implantar ferramentas de planejamento e controle de obras. Desta forma serão minimizadas, as manutenções na fase pós-ocupação elevando o nível de satisfação dos clientes.

SOUZA (1995) conclui que a sensibilização para a qualidade deverá estar presente em todo o processo de edificação, ou seja, planejamento, projeto, especificação e execução.

A fase de planejamento e projeto deve envolver o programa de necessidades, soluções quanto às questões de construtibilidade, custos e prazos de execução, padronização do processo, bem como, procedimentos de documentação e arquivos.

O programa do empreendimento deve precisar as exigências a satisfazer e as características a obter, os níveis de desempenho a realizar, os regulamentos a respeitar. O projeto corresponde à criação arquitetônica e a definição das especificações técnicas. Para evitar conflitos e ambigüidades convém:

- a. definir com precisão e clareza a missão de cada interveniente;
- b. regulamentar as trocas de informação, de forma que todas tenham as mesmas informações;
- c. organizar toda a coordenação.

Nesta etapa é indispensável proceder a uma análise de riscos a fim de detectar os principais pontos sensíveis do projeto.

A qualidade de projetos em edifícios consiste na avaliação de funções de uso, isto é, da capacidade de um dado projeto satisfazer a utilização prevista.

A qualidade na especificação, significa estar de acordo com o atendimento às normas técnicas – especificações e métodos de ensaios – desenvolvimento de programas setoriais da garantia da qualidade, envolvendo a parceria da cadeia produtiva, desde a matéria-prima até o produto final, combatendo a prática de não-conformidade intencional, bem como a certificação de sistemas e produtos, conforme os padrões da Normas ISO 9000 (International Organization for Standardization).

A etapa de execução engloba:

- a. conformidade com o planejamento e projeto da racionalização das técnicas e do projeto do processo construtivo;
- b. padronização de elementos e componentes;
- c. qualidade da mão-de-obra envolvida em todos os níveis;
- d. integração das equipes de trabalho;
- e. programa de gestão da qualidade;
- f. matriz de responsabilidades e atribuições;
- g. controles do processo;
- h. planos de arquivamento (rastreadibilidade e documentos “*as built*”);
- i. plano de tratamento das não-conformidades.

O agentes do processo executivo devem estar organizados para a filosofia da qualidade. A distância entre as etapas de planejamento, projeto e execução deve ser encurtada, avaliando-se o valor agregado de algumas atividades realizadas na etapa de projeto, que poderiam ser transferidas ou complementadas na etapa de execução, bem como, atendendo às necessidades funcionais dos usuários e as condições de uso, operação e manutenção, otimizando desempenho técnico, custos e prazos e avaliando a adequação dos avanços conceituais e tecnológicos.

Dentro dessa idéia, as etapas de projeto e execução não deveriam ser estanques e em série, como na maioria dos casos, e sim uma engenharia trabalhando simultaneamente ao longo de todo o processo.

Uma empresa só atingirá a estabilidade quando a qualidade e a seriedade for reconhecida pelos clientes.

A grande dificuldade encontrada para manter o padrão de qualidade é a motivação de pessoal. Está provado que um indivíduo retribui à organização à medida que percebe o que recebe dela e isto acaba se tornando um intercâmbio eqüitativo. Se ele percebe que dá mais do que recebe, atuará de forma a abandonar a empresa ou permanecer nela, diminuindo seu rendimento. A motivação está diretamente ligada à satisfação das necessidades dos indivíduos, e não deve ser encarada apenas na ótica de um estímulo econômico, o que seria uma visão muito simplista (SOUZA,1995).

Existem condições que, se forem atendidas pela empresa, geram um ambiente favorável à má qualidade, como:

- a. baixo salário;
- b. más condições de trabalho;
- c. falta de espírito de equipe;
- d. falta de trabalho;
- e. chefes pouco competentes;
- f. má organização da empresa.

Por sua vez, existem um conjunto de fatores motivadores que cria condições favoráveis ao desenvolvimento da qualidade, são eles (SOUZA,1995):

- a. planos de cargos e salários;
- b. responsabilidade outorgada;
- c. exaltação da confiança depositada;
- d. trabalho estimulante;
- e. reconhecimento;
- f. êxito pessoal.

A implantação da qualidade total em uma indústria se difere muito da aplicação na construção civil, pois em uma indústria a aplicabilidade de princípios e técnicas é total, e na construção, por ser uma indústria de caráter nômade e possuir características próprias, com geração de produtos únicos, dificulta a aplicação direta das técnicas e dos princípios pois, existem outros fatores que também interferem na sua implantação, como:

- a. a não possibilidade de aplicar a produção em cadeia, e sim a produção centralizada;
- b. utilização de mão-de-obra intensiva e pouco qualificada;
- c. realização de trabalhos sob intempéries;
- d. produto é único, ou quase, único na vida do usuário;
- e. emprego de especificações complexas, quase sempre contraditórias e muitas vezes confusas;
- f. responsabilidades dispersas e pouco definidas;
- g. grau de precisão com que se trabalha na construção é, em geral, muito menor do que em outras indústrias, qualquer que seja o parâmetro que se contemple: orçamento, prazo, resistência mecânica, etc.

Além desses aspectos existem alguns agentes intervenientes no processo que incorporam diferentes níveis de qualidade e afetam a qualidade do produto final, como :

- a. os usuários que variam de acordo com o poder aquisitivo, as regiões do país e a especificidade das obras (habitações, escolas, hospitais, edifícios comerciais e de lazer, rodovias, etc.)
- b. os agentes responsáveis pelo planejamento do empreendimento, que podem ser agentes financeiros, órgãos públicos, clientes privados, dependendo do tipo de obra a ser construída;
- c. os agentes responsáveis pela etapa de projeto, ou seja, arquitetos, calculistas estruturais, projetistas de instalações, agentes responsáveis por estudos preliminares, etc.;
- d. os fabricantes de materiais de construção, constituídos pelos segmentos industriais produtores de insumos (cerâmica, vidro, cimento, cal, aço, madeira, etc.);

- e. os agentes envolvidos na etapa de execução das obras, como construtoras, sub-empreiteiros, órgãos públicos, responsáveis pela fiscalização das obras;
- f. os agentes responsáveis pela operação e manutenção das obras ao longo de sua fase de uso, que seriam os proprietários, usuários, empresas especializadas em operação e manutenção (SOUZA, 1995).

Portanto, elevar os padrões de qualidade na construção civil significa articular os diversos agentes do processo e comprometê-los com a qualidade de seus processos e produtos e, conseqüentemente, com a qualidade do produto final, cujo objetivo é, satisfazer às necessidades dos usuários.

Não adianta uma empresa desejar obter a qualidade final de um produto se um dos agentes do processo não atender às exigências da qualidade, pois, para este produto ser comercializado este depende de todos os agentes necessários para sua elaboração.

Antecipar, prever, prevenir, preparar desde o início e em todas as fases dos trabalhos e investir em prevenção, verificação e controle são as melhores garantias para a obtenção da qualidade.

Com a finalidade de evitar riscos, os investimentos em prevenção se resumem em:

- a. contratação de serviços com qualidade;
- b. treinamento de pessoal;
- c. utilização de normas e procedimentos técnicos;
- d. adoção de técnicas racionalizadas;
- e. estudo de medidas de segurança;
- f. seleção de fornecedores;
- g. preparação de planos de controle;
- h. planificação e manutenção do material.

O mundo atual está preocupado com a qualidade porque por todo lado se assiste à não-qualidade, que é gerada por falhas que ocorrem durante todo o processo

executivo, como: erros comerciais; alterações das funções na execução das obras; projetos incompletos ou suas inúmeras alterações; incompatibilização entre os diversos projetos; conflitos; os acidentes de trabalho e o tempo perdido em reuniões mal conduzidas são outros fatores; custos subestimados; erros na quantificação, insuficiência de materiais previstos, transportes suplementares.

Apesar de todos esses fatores, as anomalias das construções é que deixam as marcas da não-qualidade, e sua origem está na maioria das vezes em erros cometidos na fase de projeto e que são corrigidos durante a execução das obras.

Padronizar procedimentos e técnicas é um dos princípios da qualidade e pode ser obtida através:

- a. da racionalização e simplificação de processos, componentes e produtos;
- b. maior facilidade, rigor e segurança de entendimento pela unificação, universalização e difusão dos meios de comunicação;
- c. estabelecimento de parâmetros para avaliação e certificação da qualidade através da normalização e racionalização dos processos executivos.

Na ótica da ISO 9000, a aquisição de materiais é qualificar o fornecedor, especificar o material, receber o material, fazer inspeção do material retroalimentar o processo com suas avaliações, pois a qualidade do material que chega ao canteiro depende da especificação correta e somente a partir daí pode-se comparar preço e qualidade dos produtos. O construtor deve exigir produtos ensaiados e certificados (SOUZA, 1996).

O objetivo do controle da qualidade do material é fazer com que a obra deixe de receber produtos de má-qualidade ou em não-conformidade, conseguindo assim, reduzir o desperdício e retrabalho.

Uma pesquisa realizada em países desenvolvidos verificou que índices de desperdício de falhas em projetos correspondem a 45% de custos não previstos, seguidos de mão-de-obra (25%), materiais (25%), manutenção (5%).

Uma pesquisa realizada pela construtora inglesa Taywood Engineering Limited<sup>9</sup> revela que o retrabalho (repetição de tarefas) representa aproximadamente 15% dos custos de uma obra e aponta a redução de incidência de falhas – por meio de um aperfeiçoamento contínuo – como essencial para uma empresa se tornar competitiva.

O padrão de qualidade aceitável em uma empresa deve ser “zero defeito”, e este princípio deve ser incorporado à maneira de pensar de todos os empregados e dirigentes, na busca da perfeição em suas atividades. O custo de prevenir erros é sempre menor do que o de corrigi-los, e um erro é mais oneroso quanto mais próximo do princípio do processo ele ocorre, ou seja, um erro na concepção de um projeto pode colocar a perder todo o empreendimento.

A pesquisa diagnosticou que a falta de comunicação e o fraco retorno nos projetos estão entre as principais causas de falhas em obras, e que essa comunicação compreende o processo de revisão de projetos.

As instruções inadequadas, fracasso no trabalho coletivo e falta de “*Benchmark*”<sup>10</sup> são outros obstáculos para uma cultura de defeito zero.

Segundo a pesquisa, 85% dos clientes, arquitetos, engenheiros e empreiteiros apontam a organização dos processos de projeto como o principal problema que afeta a produtividade na obra e são devidos a falta de coordenação, planejamento inadequado, projetos complexos e pouca especificação.

---

<sup>9</sup> Trabalho realizado em um período de 18 meses em parceria com o Departamento de Meio Ambiente do governo britânico e outros parceiros – Centre for Window and Cladding Technology, Slough States, University of Salford e Warwick Manufacturing Group (TECHNE, 1998).

<sup>10</sup> **O Benchmark é um conceito que deve ser difundido em todos os setores da empresa, para que esta possa ser a melhor do mundo em todos os seus departamentos, setores e até mesmo em suas funções. CAMPOS (1995).**

Portanto, os projetos devem ser elaborados de forma que sua execução ocorra de maneira contínua e sem interrupções levando em conta a praticidade no construir.

Para PICCHI (1993), o desperdício em obras de construção civil representa 30% do custo total do empreendimento, apesar do índice em si ser de difícil comprovação, a TAB. 2.1 apresenta os principais itens geradores de desperdício e seu percentual sobre o custo da obra.

**TABELA 2.1**  
**Desperdício estimado, expresso em percentagem do custo da obra**

<b>ORIGENS DO DESPERDÍCIO</b>	<b>Desperdício estimado (% sobre o custo da obra)</b>
Entulho gerado	5,0
Espessuras adicionais de argamassas	5,0
Dosagens de argamassa e concreto não otimizadas	2,0
Reparos e reserviços não computados no entulho	2,0
Projetos não compatibilizados	6,0
Perdas de produtividade devidas a problemas de qualidade	3,5
Custos devidos a atrasos	1,5
Reparos em obras entregues a clientes	5,0
<b>TOTAL</b>	<b>30,0</b>

FONTE - PICCHI, 1993

Segundo os dados apresentados na TAB. 2.1, percebe-se que 6% do desperdício se refere a “projetos não compatibilizados”, sendo que a geração de entulhos, a perda da produtividade e a efetuação de reparos também são resultantes de especificações adotadas no projeto.

FRANCHI et al. (1993), observam que existe uma grande parcela de perda que é causada por problemas relacionados ao projeto, tais como: modificações no transcorrer do processo construtivo, falta de consulta ou de cumprimento às especificações, detalhamento insuficiente de projeto, a falta de coordenação entre projetos, tempo de espera ocasionado por alterações em projetos devido às interferências entre os distintos projetos, especificações complexas muitas vezes de difícil execução, etc.

## **2.3 Projeto**

### **2.3.1 A influência do projeto na obtenção da qualidade**

Para a implantação de sistemas da qualidade em um setor da construção civil, é importante considerar as peculiaridades que apresentam os seus produtos. Dentro do contexto atual, o projeto tem sido incoerente apresentando reflexos negativos sobre a qualidade.

Quando se fala em qualidade na construção civil, muitas pessoas se lembram das condições técnicas precárias de um canteiro de obras e, também, da falta de preparo dos trabalhadores. Poucos sabem que essas características representam somente uma parte das dificuldades enfrentadas. Em todo o mundo, até mesmo em países desenvolvidos, observa-se que os maiores problemas em relação à qualidade são provenientes de falhas em projeto. Sendo que nesses países o tempo gasto para elaborar um projeto, normalmente, é o mesmo para executar a obra.

MERLI (1993) destaca que, a indústria japonesa, considerada líder em qualidade, vem aplicando a qualidade na elaboração de projetos objetivando aumentar a qualidade do produto final.

O grande problema que está ocorrendo atualmente ocasionando a falta de qualidade nas empresas construtoras e incorporadoras de construção de

edifícios é a improvisação de algumas etapas que são resolvidas “*in loco*” resultante da desassociação entre o projeto e a execução.

CAMBIAGHI (1992) afirma que as necessidades dos empreendedores em executar suas obras em um curto período de tempo para aproveitar situações econômicas favoráveis, têm levado a uma diminuição cada vez maior do tempo para projetos, para planejar, pensar, refletir, aferir e optar por melhores alternativas. Essa pressão psicológica que os projetistas passam vem prejudicando a qualidade do projeto, e são poucos os que valorizam e reconhecem sua importância.

AUSTIN et al. (1994) também consideram que a falta de um planejamento e organização da atividade de projeto acabam fornecendo informações insuficientes para seu adequado desenvolvimento, resultando em um projeto falho, onde não são propostas as soluções mais adequadas.

No presente trabalho a atividade de projeto tem relevância especial, e é neste sentido que será dada uma ênfase quanto ao seu conceito, desenvolvimento e inter-relacionamento com as demais atividades do processo de produção de edifícios.

### **2.3.2 Conceito de projeto**

Na literatura existem vários conceitos de projeto, mas serão apresentados aqui apenas alguns para que se possa ter uma noção geral do que seria um “projeto” na construção de edifícios.

Segundo STUKHART (1987), o termo projeto pode ser definido como “*a criação de desenhos e especificações que resultam na alocação de recursos para realizar um empreendimento*”.

O projeto deve ser encarado como informação, a qual pode ser de natureza tecnológica (como no caso de indicações de detalhes construtivos ou locação de

equipamentos) ou de cunho puramente gerencial – sendo útil ao planejamento e programação das atividades de execução, ou que a ela dão suporte (como no caso de suprimentos e contratações de serviços) (MELHADO, 1994).

Na construção de edifícios, o projeto tem sido tratado apenas como um componente legal para a viabilização do processo, esquecendo-se ser indispensável, a associação do projeto à construção propriamente dita. Assim sendo, no momento atual, ele tem tido um tratamento de cunho meramente complementar, quando deveria ocupar o papel principal, norteador todo o processo.

Entretanto, não podemos esquecer que o projeto não pode ser encarado apenas como um “desenho” mas como um processo, no caso, a atividade de construir (MELHADO, 1998).

### **2.3.3 O desenvolvimento do projeto**

Pelo fato da Arquitetura e Engenharia terem vários projetos específicos – arquitetura, estruturas, instalações hidráulicas, elétricas e telefônicas, gás e outros – estes são desenvolvidos por diferentes profissionais. O projeto arquitetônico é, na maioria das vezes, a fonte de informação para os projetos complementares, e por esse motivo tem que ser bem elaborado e detalhado para que os diversos profissionais não façam diferentes interpretações.

Comumente o projeto arquitetônico é desenvolvido por um arquiteto, e posteriormente é avaliado e apreciado por um órgão municipal competente, avaliando-se as especificações contidas no Código de Postura. A partir desta aprovação elaboram-se os demais projetos necessários à execução da obra.

Neste momento, são feitas as alterações visando a compatibilização, época onde a obra já se encontra em execução, situação que dificulta em muito a sua realização. Portanto, ressalta-se o fato de que o projeto arquitetônico é

elaborado sem a intervenção e contribuição dos demais agentes existentes no processo.

Tal situação fatalmente resultará num projeto arquitetônico mal definido, mal especificado, e com riscos de conter um grande número de falhas, elevando por consequência o custo final da obra.

Como forma de minimizar tais fatos, dever-se-ia proporcionar um maior relacionamento entre todos os agentes intervenientes bem como: incrementar a utilização de novas tecnologias construtivas; analisar com acuidade os possíveis fornecedores de insumos e mão-de-obra; controlar o cumprimento dos prazos previstos de entrega de materiais e serviços; *concentrar* esforços visando envolver os responsáveis pelos projetos complementares nas decisões e discussões durante a execução da obra; e finalmente, efetuar um detalhamento minucioso dos projetos, facilitando a sua leitura e compreensão.

Normalmente, um projeto só atenderá perfeitamente às expectativas, se for acompanhado por um documento escrito, de forma precisa, completa e ordenada, denominado *discriminação técnica*, que deverá descrever os materiais de construção e os locais onde serão aplicados, determinando as técnicas exigidas para o seu emprego. Este documento não pode ser confundido com o memorial descritivo, que é o resumo da parte ou totalidade destas discriminações técnicas, designado para cumprir uma finalidade específica qualquer, mas não para complementar realmente o projeto (SCHMITT,1994).

Deve-se ter em mente que as discriminações técnicas são parte integrante entre os intervenientes no processo de execução de obras de construção civil. Isso permite exigir do responsável técnico pelo projeto um grande esforço para caracterizar todos os aspectos da melhor forma possível, incluindo a escolha de materiais pela indicação de marca, modelo e todos os pormenores que definem de forma clara a qual material de construção está se referindo. Com a adoção deste documento, as empresas não poderão utilizar materiais diferentes daqueles especificados. Usualmente, o arquiteto descreve o material e adota o

termo “similar” caso o construtor opte por utilizar um outro diferente daquele especificado no memorial descritivo.

Esta situação proporciona, na maioria das vezes, uma perda da qualidade final do produto, no caso, uma edificação ou uma obra civil, sem contar que evitando-se estas falhas haverá uma redução no desperdício de material bem como no custo do retrabalho necessário a se colocar a edificação em conformidade com as exigências de durabilidade e qualidade contidas na legislação brasileira. Como nem sempre há uma norma técnica que permita avaliar com segurança e precisão a real similaridade, torna-se difícil avaliar se um produto é de fato similar a outro.

Reduzindo-se essas falhas e evitando que o canteiro receba material em não-conformidade, já se tem uma redução do desperdício de material e retrabalho, resultando em melhores rendimentos econômicos.

#### **2.3.4 Etapas de projeto**

A elaboração de projeto de um empreendimento de construção de edifícios é uma atividade complexa. Esta atividade deve ser desenvolvida por equipes multidisciplinares e interfuncionais e deverá seguir uma série de etapas. O resultado final desse processo é a criação de um produto que atenda aos requisitos preestabelecidos.

Para MELHADO (1994), o processo de projeto é composto por diferentes atividades ou fases e segue *“etapas conceitualmente progressivas, onde a liberdade de decisão entre as alternativas vai sendo gradativamente substituída pelo detalhamento das soluções adotadas”*.

Segundo SOUZA (1995), *“as etapas de projeto de uma edificação são partes sucessivas em que pode ser dividido o processo de desenvolvimento das atividades técnicas de projeto”*. Esta divisão em etapas tem como objetivos:

- a. definir o escopo e conteúdo de cada projeto;
- b. normalizar os procedimentos para a elaboração coordenada dos projetos;
- c. proporcionar o controle da qualidade dos projetos como um todo;
- d. visualizar a complexidade e a necessidade de interação entre os diversos projetos;
- e. otimizar a definição de um cronograma e o detalhamento da estimativa de custos das obras;
- f. uniformizar e padronizar os procedimentos e critérios de contratação e remuneração dos serviços.

A seguir serão apresentados os conceitos e responsabilidades das diversas etapas necessárias à elaboração de projetos de um empreendimento. O desdobramento de cada uma dessas etapas é apresentado em *check lists*<sup>11</sup> no ANEXO A.

Neste contexto, consideram-se como etapas de projeto (ABNT, NR-12722, 1992):

- a. **Levantamento das informações e dos dados** - o início do processo de elaboração de projetos constitui-se, bem como as condições pré-existentes e as restrições, com a finalidade de caracterizar o produto. Esta análise permite avaliar o potencial construtivo e atender aos anseios dos clientes.

**Responsabilidades:** documentação providenciada pelo cliente ou pelo escritório responsável pelo projeto de arquitetura.

---

<sup>11</sup> Trata-se de uma listagem de todos os itens que compõem os projetos, assim como de todas as condições estabelecidas nos procedimentos de apresentação de projeto; estes itens são definidos pelos projetistas, a fim de auxiliar o trabalho dos demais. O *check list* objetiva auxiliar a empresa construtora na contratação de projetistas e no controle da qualidade de projetos (SOUZA, 1995).

- b. **Programa de necessidades** - determinação das necessidades e expectativas dos usuários a serem desempenhadas pela edificação, nos aspectos qualitativos e quantitativos.

**Responsabilidades:** nesta etapa, as definições são sugeridas pelos clientes e complementadas pelo arquiteto.

- c. **Estudo de viabilidade** - análise do ponto de vista técnico, legal e econômico para a concepção de projetos, com a finalidade de verificar se o programa, terreno, legislação, custos e investimentos são compatíveis com os objetivos dos clientes.

**Responsabilidades:** esta etapa conta com a participação de um grupo interdisciplinar composto por cliente, incorporadores, construtores e projetistas das diversas áreas.

- d. **Estudo preliminar** - configuração da apresentação inicial do empreendimento de acordo com os dados iniciais, caracterizando a obra sob a forma de modelos volumétricos (pavimentos, número de edificações, etc.) sem uma caracterização definitiva, apenas com a finalidade de aprovação do que havia sido proposto inicialmente. Nesta etapa poderão ser analisadas várias alternativas para que se eleja aquela que dará origem ao anteprojeto.

**Responsabilidades:** apresentado pelo arquiteto, podendo sofrer alterações pelos clientes.

- e. **Anteprojeto** – deve ser desenvolvido a partir do estudo preliminar aprovado pelo cliente e empreendedor. Trata-se da representação preliminar da solução adotada para o projeto, em forma gráfica, e das especificações técnicas. Este estudo é apresentado em desenhos sumários, em número e escala suficientes para perfeita compreensão, por parte do responsável pelo empreendimento. Nesta etapa devem ser considerados

aspectos de tecnologia construtiva, pré-dimensionamento estrutural e de fundação e concepção dos sistemas de instalações prediais, sobretudo as instalações especiais. Deve conter informações técnicas que permitam a avaliação da qualidade do projeto e uma primeira avaliação de custo da obra.

**Responsabilidades:** apresentado pelo arquiteto, podendo sofrer alterações pelos clientes e projetistas das diversas áreas, inclusive projetistas específicos apoiados pelo grupo de projeto para produção.

- f. **Projeto legal** - informações para análise e aprovação do projeto pelas autoridades competentes dos órgãos públicos, de acordo com as exigências legais (municipais e estaduais), com a finalidade de obter as licenças e os alvarás para a comercialização e execução das obras.

**Responsabilidade:** elaborado pelo escritório de arquitetura e pelos projetistas complementares, principalmente o projeto de combate a incêndio, no caso de aprovação de projetos. Seu encaminhamento às vezes se dá pela construtora.

- g. **Projeto executivo** – etapa destinada à concepção e à representação final do conjunto de informações técnicas da edificação, completas, definitivas e suficientes à licitação, execução e orçamento das atividades de construção correspondentes. Os desenhos são apresentados em escala conveniente, contendo todas as informações necessárias para sua execução.

**Responsabilidades:** elaborado pelo escritório de arquitetura e pelos projetistas complementares e específicos com responsabilidade de atividades técnicas a serem executadas na obra.

- h. **Detalhes construtivos** - são desenhos de todos os pormenores, em escalas maiores do que as apresentadas no projeto executivo para melhor interpretação dos detalhes a serem construídos.

**Responsabilidades:** elaborado pelos profissionais responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos a serem executados em obra.

- i. **Projeto para produção** – seu conteúdo está voltado para o apoio das atividades de planejamento e execução da obra, desenvolvido por uma equipe multidisciplinar. É o conjunto de elementos de projeto elaborados de forma simultânea ao projeto de detalhamento, para utilização no âmbito das atividades de produção em 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 **(MELHADO, 1998)**.

**Responsabilidades:** apresentado pelo arquiteto, representante do empreendedor, coordenador de projeto, pelos projetistas de todas as áreas e grupo de projeto para produção.

- j. **Caderno de especificações / memorial descritivo** - documento contendo todas as informações dos materiais a serem aplicados na execução do projeto, bem como: sua aplicação e local, dimensões, cores, fabricantes, modelos, padrão de acabamento, etc.

**Responsabilidades:** desenvolvido por profissionais responsáveis qualificados para a função.

- k. **Projeto as built** - é o conjunto de desenhos do projeto executivo revisados ou modificados em obra para atualização e posterior manutenção.

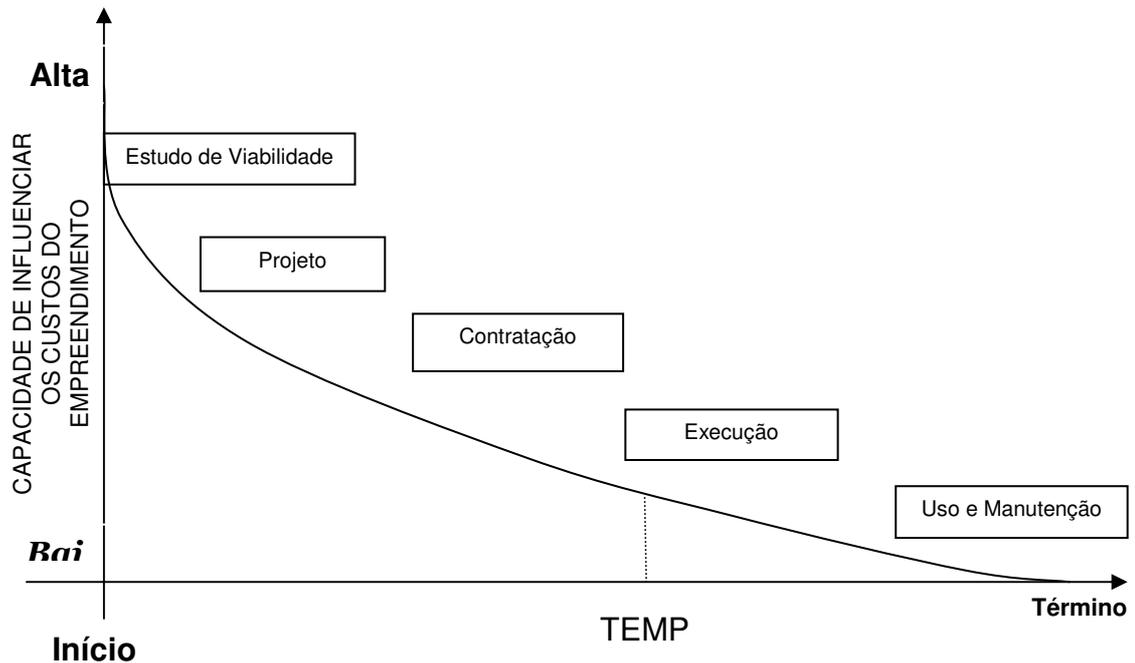
**Responsabilidades:** profissionais responsáveis pelos projetos executados em obra.

É importante ressaltar que, no caso do presente trabalho, após as entrevistas realizadas na metodologia de pesquisa com os 22 profissionais selecionados e especialistas na elaboração de projetos, foram deixados de lado, a favor da simplicidade, a análise dos outros tipos de projeto, tais como: projeto pré-executivo, projeto básico, projeto de revestimentos, etc.

### **2.3.5 A influência do projeto no custo total do empreendimento**

Toda a construção civil está voltada para uma máxima, cada vez mais enraizada no setor, qual seja: “construir com qualidade e com o menor custo possível”. Desta forma é inevitável que, ao se mencionar a palavra projeto, não consigamos nunca dissociá-la da idéia do custo total de um empreendimento ou de uma obra. Como consequência, trabalhar profissionalmente o projeto representará na certa, economia, e por consequência aumento da lucratividade das empresas.

Alguns pesquisadores e institutos de pesquisa discutem com propriedade tal tema, como por exemplo, o estudo elaborado pelo Construction Industry Institute (CII), que avaliou a influência do custo nas diversas etapas do processo construtivo, como pode ser observado na FIG. 2.1.

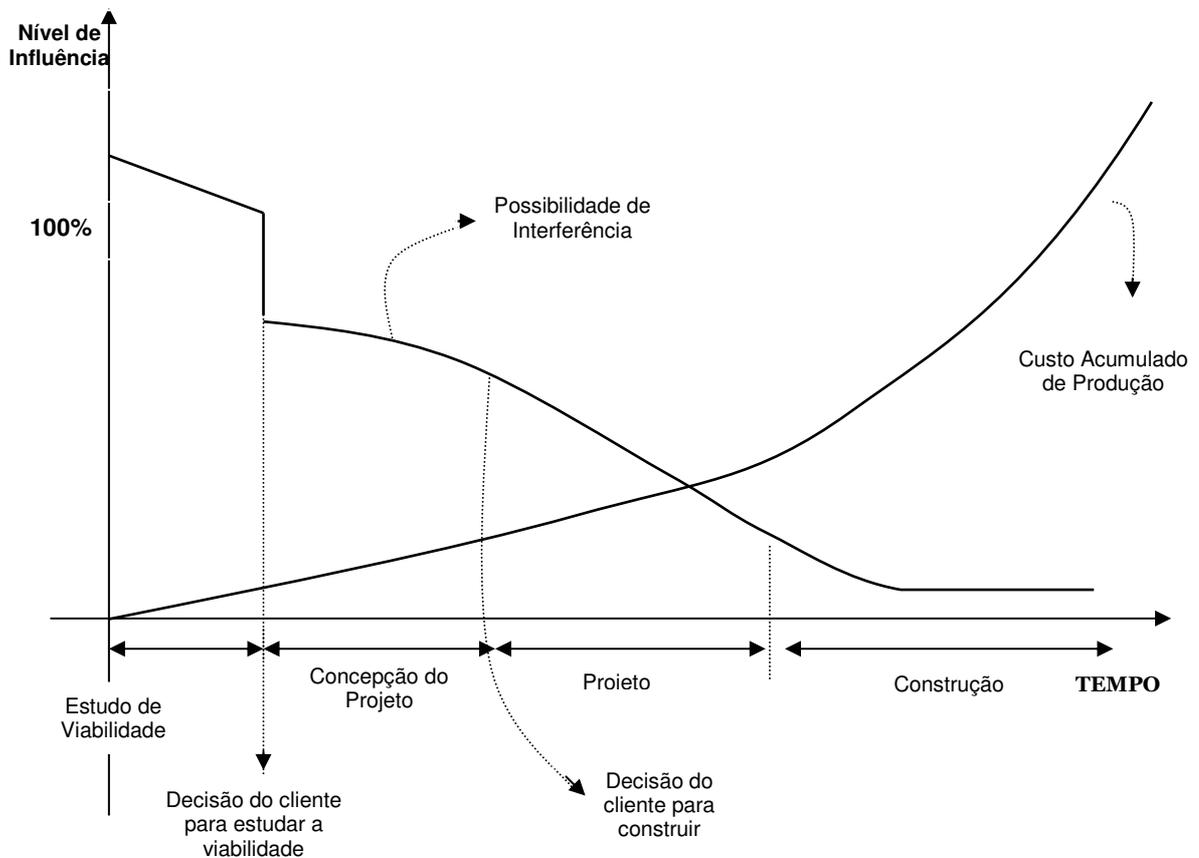


**FIGURA 2.1 – Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases**

Fonte: Construction Industry Institute, 1987

HAMMARLUND & JOSEPHSON (1992), afirmam que “as decisões tomadas nas fases iniciais do empreendimento são as que tem maior capacidade de influenciar na redução dos custos de falhas do edifício<sup>12</sup>”. Verifica-se que nas fases finais de obra, o índice de falhas é maior devido a grande variedade de frentes de serviços envolvidos, tornando maior a dificuldade de resolvê-las. O gráfico da FIG. 2.2 mostra o avanço do empreendimento em relação à chance de redução dos custos de falhas de um edifício.

<sup>12</sup> Falhas, neste caso, “são as incompatibilidades de projetos que acarretam em uma diminuição da construtibilidade, gerando, no contexto da Lean Construction, desperdícios” (VANNI, et al., 1998).

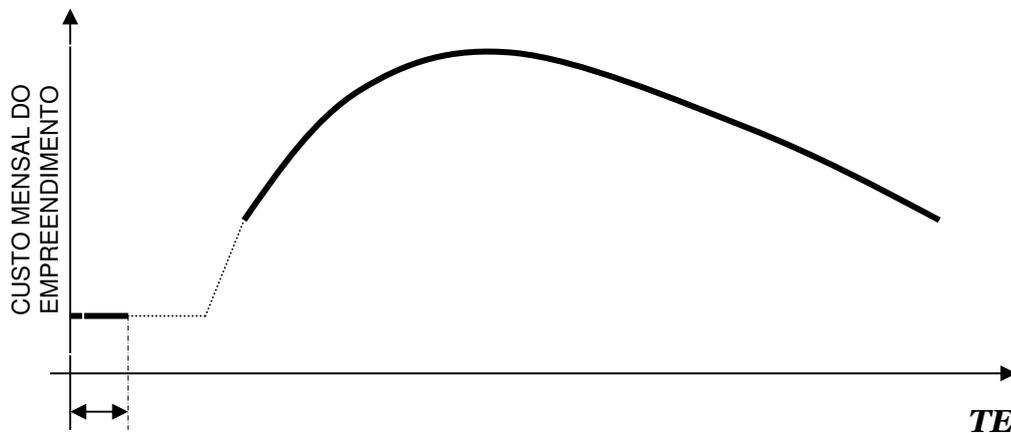


**FIGURA 2.2 – O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício**

Fonte: HAMMARLUND & JOSEPHSON, 1992

Verifica-se portanto que, o custo total é determinado na fase inicial, ou seja, na etapa de estudo de viabilidade e elaboração do projeto. Desta forma, as decisões tomadas nas fases iniciais representam a influência sobre os custos de construção. Isto significa que, quanto mais se avança na fase de projeto para a execução mais difícil torna-se reduzir o custo total do empreendimento (SOUZA et al, 1995).

BARROS E MELHADO (1993) mostram na FIGURA 2.3 o relacionamento do prazo de desenvolvimento de um empreendimento e o custo mensal das atividades envolvidas.

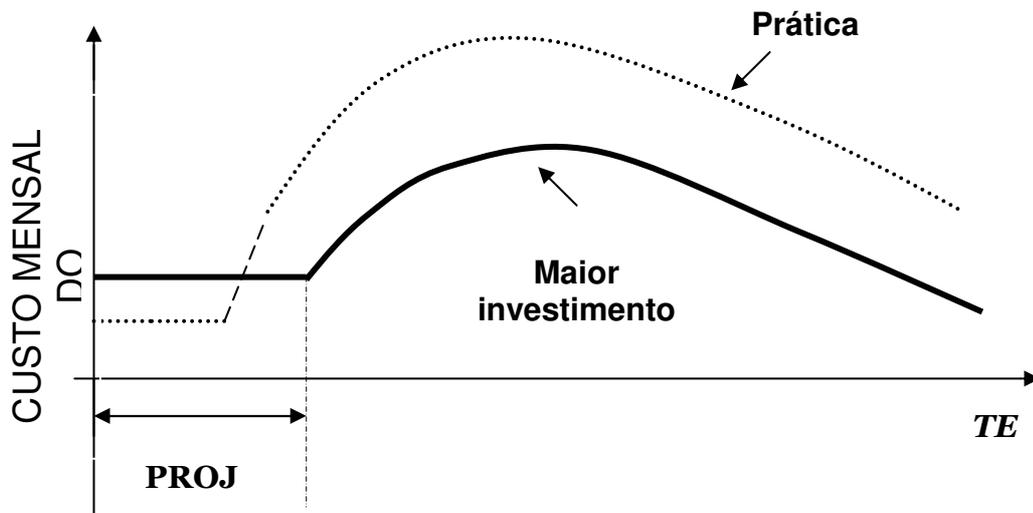


**FIGURA 2.3 – Relação entre o tempo de desenvolvimento de um empreendimento de edifício e o custo mensal das atividades**

Fonte: BARROS & MELHADO, 1993

Percebe-se que o projeto é elaborado em um período muito restrito com relação a todo o processo de desenvolvimento de um empreendimento.

Neste sentido, seria necessário maior investimento em prazo e custos de modo a obter um projeto bem elaborado e detalhado, obedecendo a todos os critérios estabelecidos previamente. Com isso, serão eliminados atrasos no cronograma, retrabalhos, incompatibilidades entre projetos, indefinições quanto à técnica e os materiais a serem utilizados e dificuldades de interpretação da representação gráfica adotada (FIG. 2.4).



**FIGURA 2.4 – Relação entre o tempo de desenvolvimento de um empreendimento de edifício e o custo mensal das atividades com a idéia de um maior “investimento” na fase de projeto**  
(BARROS & MELHADO, 1993)

Na maioria das vezes o projeto é encarado como um ônus que o empreendedor deve ter antes de se iniciar a obra, e desta forma é uma despesa que deve ser minimizada ao máximo.

GARCIA MESSEGUER, (1991) afirma que um bom projeto é a melhor garantia para o sucesso do empreendimento. A expectativa por uma maior qualidade do projeto deve corresponder a uma melhor remuneração dos profissionais, responsáveis por sua elaboração.

Para MELHADO et al. (1998)

*“o projeto assume enorme responsabilidade sobre a qualidade do produto final e satisfação dos clientes externos e internos, pois é o elemento que vai orientar a maioria das ações futuras, ou seja, o projeto será o gerador e o responsável pelo bom andamento de todas as atividades posteriores ao seu desenvolvimento, formando a ‘espinha dorsal’ do empreendimento”.*

Na construção civil, não existe uma cultura que vise a implantação da qualidade na etapa inicial de um empreendimento e sim quanto às novas técnicas construtivas.

### **2.3.6 Controle da qualidade do projeto**

Existe uma resistência muito grande, por parte dos projetistas, em submeter a um outro especialista a análise e avaliação de sua criação e de seu projeto. Comumente eles encaram como sendo uma intromissão, e por vezes, não conseguem enxergar os benefícios.

Vencida esta barreira e com a aplicação de um controle de qualidade de projeto, consegue-se racionalizar a execução de uma obra. Para alcançar tal objetivo, deve-se partir para um programa de necessidades bem elaborado e com boa seleção de profissionais envolvidos na elaboração dos projetos.

Este controle da qualidade no projeto deve ser analisado ao final de cada etapa, devendo ser comparado pelo coordenador. Segundo GARCIA MESSEGUER (1991), para evitar alguns tipos de problemas quando na elaboração de projetos é fundamental que sejam estabelecidas as condições de preço, prazo e nível dos estudos, para se evitar:

- a. reclamações do proprietário quanto a projetos incompletos;
- b. reclamações do projetista pela exigência de um trabalho mais detalhado;
- c. reclamações do construtor quanto a atrasos na entrega dos projetos.

Este mesmo autor reforça a tese de que o controle da qualidade de projeto representa um acréscimo nos custos do próprio projeto, mas tal gasto é compensado pelo aumento da qualidade e a redução no custo do empreendimento, por via da eliminação de problemas futuros.

Nesta mesma linha, a ASCE (1988) alerta para o fato de que não se deve iniciar a fase de projeto como uma busca de redução de custos, e sim como uma procura de melhor desempenho e otimização do processo construtivo.

Da mesma forma, FRANCO e AGOPYAN (1993) afirmam que a garantia da qualidade do projeto é fundamental para que possam ser implantadas com sucesso e mantidas ao longo do tempo medidas de racionalização, que se

baseiam na observação dos pré-requisitos definidos pelos próprios condicionantes do projeto.

MELHADO et al. (1998) afirma que, para o setor de construção de edifícios evoluir, é necessário introduzir novas situações que alterem o processo convencional de projetar. Faz-se necessária uma maior integração entre os especialistas do projeto, com uma eficiente coordenação de todo o processo, para evitar a subdivisão cada vez maior, do projeto, em partes distintas usualmente desenvolvidas por diferentes profissionais.

### **2.3.7 Atendimento às necessidades dos clientes**

Para FRANCO (1992), uma definição clara dos requisitos iniciais à elaboração de projetos, associados a uma metodologia eficiente de coordenação, complementada por uma sistemática adequada de controle, conduz a uma grande possibilidade de sucesso no desenvolvimento desta atividade.

Uma opinião semelhante é apresentada por CORNICK (1989), quando afirma que a qualidade só pode ser atingida dentro de um empreendimento com a perfeita definição das necessidades a serem atendidas, pois *“se a qualidade é a conformidade com requisitos, uma clara definição das necessidades indica o que é factível e abre a possibilidade de se avaliar objetivamente a conformidade com estes requisitos”*.

GARCIA MESSEGUER (1991), acrescenta que além de criteriosamente levantados, os dados iniciais necessários à elaboração do projeto devem ser controlados independentemente do tamanho e importância do projeto. Trata-se de boa prática de engenharia que conduz a projetos mais seguros e econômicos.

Portanto, cabe ao proprietário o sucesso do empreendimento, sendo de sua responsabilidade definir os objetivos e requisitos básicos de seu interesse e selecionar os profissionais responsáveis pela elaboração dos distintos projetos.

Segundo a ASCE (1988), a qualidade começa com a aplicação de princípios técnicos e científicos da boa engenharia, satisfazendo os critérios de códigos e normas. A boa prática de projeto deve incorporar também os requisitos dos proprietários, os custos de utilização, o tempo de execução, a funcionalidade, os requisitos de desempenho, os requisitos da construção, segurança e confiabilidade.

Um grande problema apresentado pelos projetistas, é a dificuldade que os clientes tem em expressar, com clareza e segurança seus objetivos e expectativas. Muitas vezes, os clientes não conseguem expressar o que realmente desejam e, com isso, o projeto apresentado por vezes, não atende às suas expectativas. Segundo a ASCE (1988)

*“a chave para preencher os objetivos e expectativas é conhecer o que elas são. Os objetivos são mais facilmente entendidos e quantificados. Por outro lado, expectativas, embora muito importantes para o proprietário, podem ser abstratas e de difícil entendimento”.*

GARCIA MESSEGUER (1991) ressalta que *“às vezes o proprietário não sabe o que quer ou está equivocado com respeito ao que realmente necessita. Outras vezes as exigências dos proprietários são contra as leis da física”.*

PENA & CAUDILL (s.d.) apontam o atendimento às necessidades dos clientes como um dos principais fatores para se obter sucesso na elaboração de projeto. Dizem eles *“torne seu cliente parte de sua equipe de projeto e colha os benefícios da interação do grupo”.* É função da equipe ou do coordenador definir previamente os objetivos e expectativas.

MOTTEU & CNUDD (1989), afirmam que se os empreendedores conhecerem bem as necessidades dos clientes quando na elaboração dos projetos, são maiores as chances de se obterem construções com qualidade. Portanto, é na fase de análise das expectativas que se consegue obter um produto que realmente satisfaça ao cliente que se preocupa com três itens: prazo, qualidade e custo. Os autores afirmam que o cliente deve ser envolvido com a equipe do

empreendimento a partir dos estágios iniciais, porque o quanto antes as informações forem trazidas, se torna mais fácil atender aos seus anseios.

### **2.3.8 Interação das etapas do processo de construção de edifícios**

Para uma empresa se tornar competitiva, ela não deve se preocupar apenas com as questões internas que a ela se relacionam e sim com o relacionamento de seus clientes externos, ou seja, projetistas, fornecedores, clientes, mão-de-obra e empreiteiros, visando alcançar a qualidade no processo de produção de edifícios.

De acordo com SOUZA et al. (1995), o processo de produção é bastante complexo e envolve uma grande diversidade de intervenientes e produtos que podem afetar a qualidade do produto final. Estas etapas são apresentadas em um ciclo denominado ciclo da qualidade. A FIG. 2.5 ilustra o ciclo da qualidade no setor da construção.



**FIGURA 2.5 – Ciclo da qualidade no setor da construção**

Na FIG. 2.5, verifica-se que as atividades relacionadas com a qualidade de um produto ou serviço estendem-se desde a identificação inicial de sua necessidade (pesquisa de mercado) até a satisfação final das expectativas do consumidor, sendo constantemente reavaliadas e retroalimentadas.

Segundo JURAN & GRAYNA (1991), o ciclo da qualidade pode ser entendido como “*um modelo conceitual da interação das atividades que influenciam a qualidade do produto ou serviço nos diversos estágios, cobrindo desde a identificação das necessidades até a avaliação sobre se essas atividades estão sendo satisfeitas*”.

Para MELHADO et al. (1998), a construção de edifícios depende de uma definição clara e integrada de atribuições e responsabilidades de todos os envolvidos no empreendimento. E para alcançar a qualidade no produto, todos

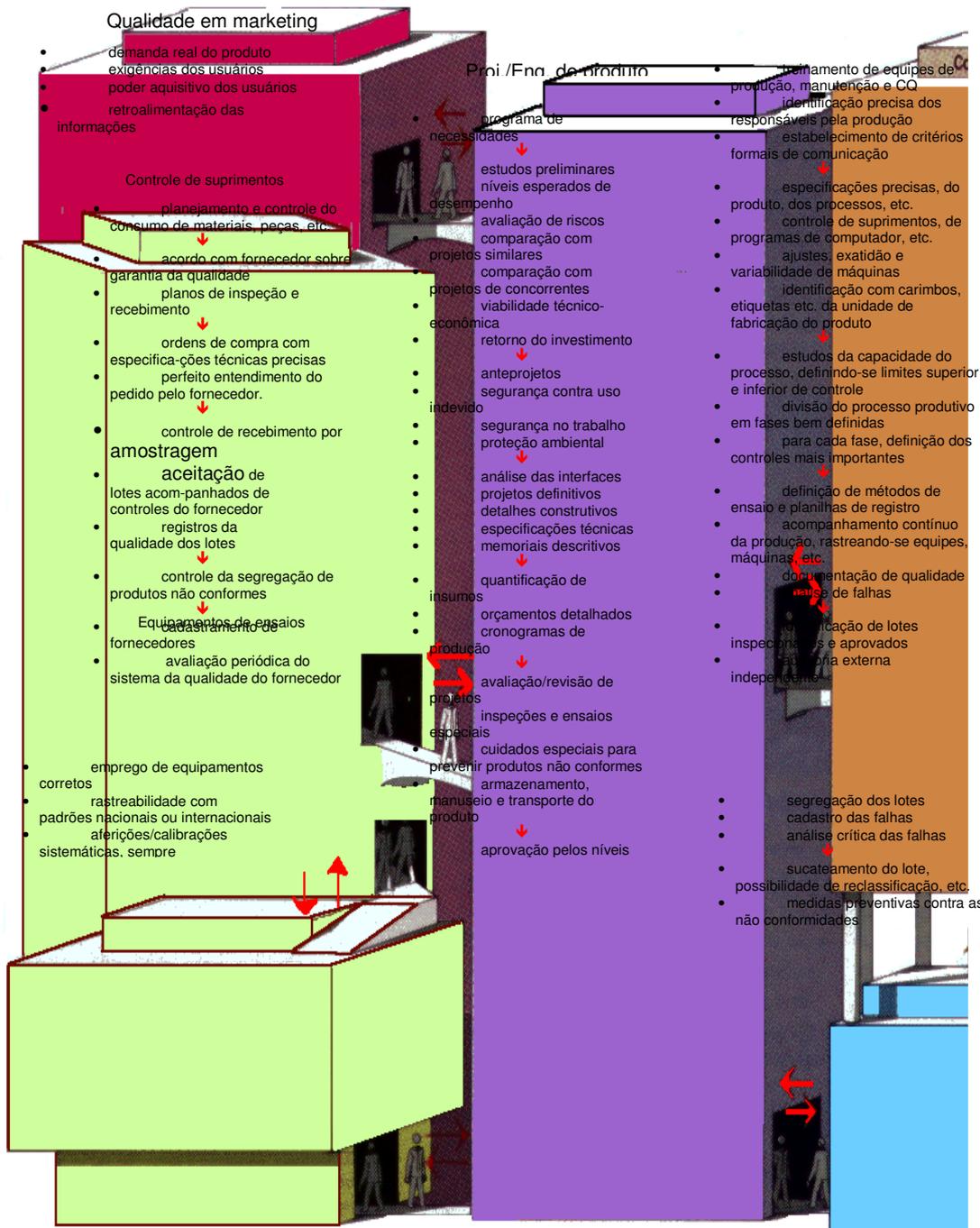
os envolvidos no processo devem trabalhar de forma a atender a qualidade como um todo e não apenas a etapa que a ele cabe.

A aplicação de um controle de qualidade em cada etapa do processo, não beneficia apenas um indivíduo, mas a todos os participantes do empreendimento, e o sucesso do mesmo irá refletir-se em benefícios individuais para cada um.

*“Em uma equipe de projeto orientada para a qualidade, cada membro desenvolve as suas obrigações e coopera com os demais elementos. As relações entre os participantes são de ajuda e não de divisão ou motivadas por interesses pessoais. O objetivo mútuo deve ser o sucesso do empreendimento que incorpora os requisitos do proprietário e cada elemento deve trabalhar intensamente para estes objetivos. Cada um se beneficia quando o empreendimento tem sucesso” (ASCE,1988).*

Para alcançar um patamar mais elevado de qualidade na construção, significa implantar a qualidade em cada um dos subsistemas que envolvem o ciclo da qualidade, ou seja, aplicar a qualidade nas etapas parciais visando otimizar a qualidade do produto final satisfazendo assim, as necessidades dos usuários.

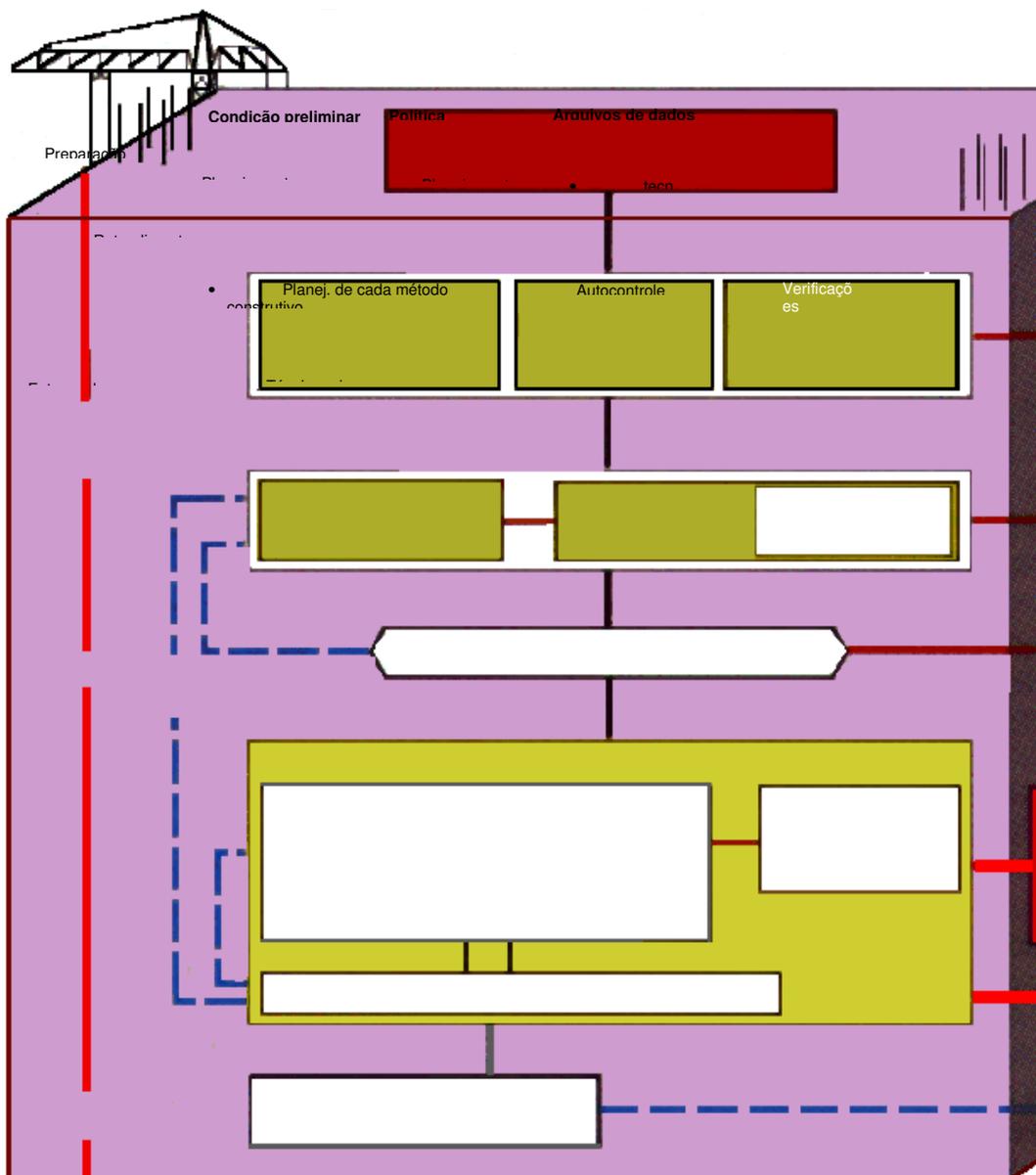
Dentro de cada atividade relacionada com a qualidade existem aspectos essenciais a serem considerados conforme exemplo registrados no diagrama abaixo (FIG. 2.6). As atividades pertinentes ao projeto/engenharia de produtos constituem vínculo com todas as atividades, devendo por esse motivo receber especial atenção.



**FIGURA 2.6 - Dados essenciais de um sistema de qualidade**  
 Fonte: TECHNE, 1993

Desta forma, a etapa de projeto deve envolver uma série de atividades com os distintos participantes de modo que o processo de projeto esteja articulado ao processo de produção.

Para a construção de obras, particularmente, deverá ser dada maior ênfase às interfaces entre os diferentes projetos, para atuação integrada das diversas equipes (incluindo subempreiteiros) e para o acompanhamento das diversas etapas de um mesmo serviço (recorrendo-se entre outras coisas, a *check lists*). Os estudos prévios da obra e os processos de retroalimentação (do projeto, dos processos, dos custos, etc.) devem ser extremamente enfatizados, conforme demonstra o diagrama a seguir (FIG. 2.7).



**FIGURA 2.7 - Diagrama conceitual**  
Fonte: TECHNE, 1993

Fica claro que os profissionais que interferem no processo, do projeto até a execução, têm funções específicas e as responsabilidades devem ser atribuídas a cada um, ou seja, quem desenvolve cada etapa é responsável por tarefas específicas e de apoio para as fases anteriores e posteriores, como:

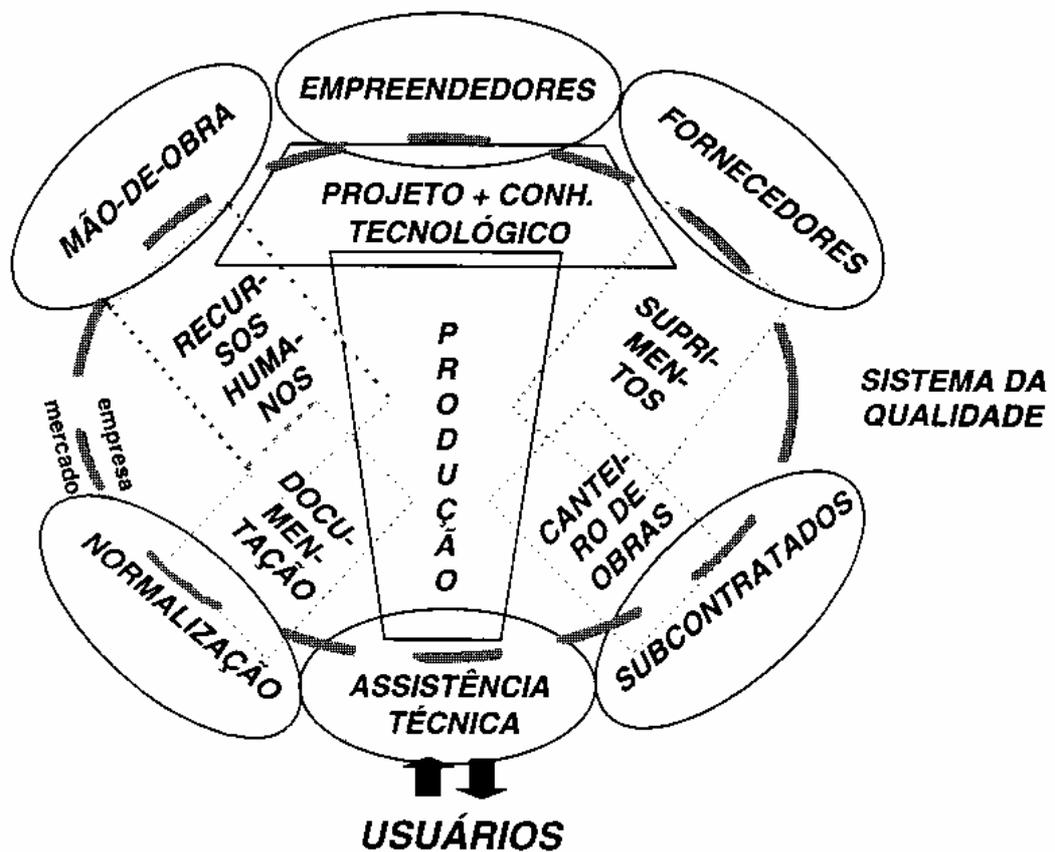
- a. **projeto**: definições da forma e objetivo da obra, componentes com funções específicas, materiais e técnicas a serem aplicadas, apresentação de alternativas para redução de custos;
- b. **orçamento**: definição dos custos para o projeto, incluindo a possibilidade de avaliação da proposta inicial, com seu responsável técnico, quando surgem problemas com produtos de difícil aquisição e possibilidade de aplicação de técnica alternativa que gere um custo mais adequado para a situação;
- c. **planejamento**: análise do projeto como concebido e estudado no orçamento, com a finalidade de definir a seqüência dos serviços e cronogramas físico-financeiros. Ocorrem nesta fase sugestões para mudanças visando, por exemplo, à substituição de determinada técnica ou material que gere melhor distribuição das atividades no tempo;
- d. **execução**: indicação e acompanhamento dos executores das etapas da obra definidas anteriormente.

O que se vê atualmente é um fraco relacionamento entre o projeto e as demais etapas do processo, de onde ocorrem os maiores índices de falhas na construção civil, como:

- a. seleção de profissionais sem experiência em obra;
- b. aumento de falhas ocorridas devido à falta de coordenação;
- c. aumento do custo do empreendimento;
- d. aumento do retrabalho;
- e. aumento do desperdício;
- f. maior tempo de espera;
- g. especificações que impliquem em tarefas desnecessárias e que não agregam valor à obra.

Uma forte atuação de todos os participantes com as decisões concisas e inovações tecnológicas pode trazer ganhos significativos para o setor de construção de edifícios. Na realidade o que existe é uma seqüência das etapas do processo de produção que, em verdade, não é a melhor maneira para se alcançar o resultado desejado.

REIS & MELHADO (1998) apresentam um diagrama contendo o relacionamento das diversas atividades que compõem um empreendimento e seu papel com relação à obtenção do sistema da qualidade (FIG. 2.8).



Fonte: MELHADO et al., 1998

Quando os empreendedores tomam a decisão de iniciar um novo negócio no mercado, primeiramente é verificada a necessidade dos clientes e a situação do mercado para, em seguida, fazerem o lançamento deste empreendimento.

Percebe-se que existe uma forte ligação entre os empreendedores, projetistas, produção e usuários neste processo. A equipe de projeto pode estar inserida ou não dentro da empresa, mas tem que estar sempre buscando atender às necessidades dos usuários, construtores e com o empreendedor visando alcançar a qualidade do produto final. Este eixo de ligação apresentando o relacionamento do empreendedor com o projeto se dá pelo fato do investimento, quanto ao lançamento, vir do empreendedor, seguindo para a produção com o objetivo de dar assistência ao comprador na fase de pós-entrega (MELHADO, 1998).

Dentro deste enfoque o projeto é cliente interno do empreendedor, construtora e usuário, conseqüentemente das outras atividades mão-de-obra, fornecedores, etc., tendo um papel fundamental para auxiliar todos estes agentes quanto à obtenção da qualidade e para isto é fundamental que todas as atividades estejam bem integradas e conscientes de que cada etapa é cliente interno da outra. Com isso aumentará a produtividade dos serviços em campo.

Desta forma deve haver uma boa comunicação entre todas as partes integradas ao processo, de modo a evitar interferências futuras entre os distintos projetos.

Nesse ponto, pode constituir um importante guia, para a modernização tecnológica e gerencial das empresas de construção civil, a implementação de uma metodologia na etapa de elaboração de projetos com importância fundamental de retroalimentá-los com a experiência real da obra.

Conforme análise anterior, é na etapa de projeto que se define o custo do empreendimento. Portanto, a aplicação de uma racionalização construtiva deve-se iniciar na fase de elaboração de projeto com qualidade que garanta a execução eficiente da obra e o aumento do desempenho da edificação.

É neste contexto que a coordenação de projeto tem grande influência, com o objetivo de reduzir custos, atuar na definição dos objetivos e especificações e exercer o controle da qualidade durante a etapa do empreendimento.

Sendo assim, o presente trabalho fará uma abordagem apenas da etapa de projeto utilizando a metodologia proposta “Análise de Falhas” consolidada com os princípios de racionalização construtiva e construtibilidade baseados na nova filosofia de construção *Lean Construction*.

## **2.4 Coordenação de projetos**

### **2.4.1 *Lean construction***

As melhores empresas do mundo têm demonstrado que mesmo em épocas de euforia econômica há que se investir na redução das atividades que não agregam valor ao produto final. Assim, a busca continuada de sistemas de produção “enxutos” é uma das estratégias centrais para garantir a sobrevivência dessas empresas (FORMOSO et al., 1998a).

A *lean construction* enfatiza a maximização da efetividade dos processos construtivos e, simultaneamente, a sua eficiência. Embora esse princípio seja comum a outros sistemas produtivos, a construção “enxuta” tem uma concepção distinta, introduzindo os conceitos de conversões (transformações diretamente produtivas) e fluxos (atividades que não são intrinsecamente de conversão). Esse enfoque envolve a idéia básica de que alguns tipos de fluxos de produção (tempos de espera, transporte, inspeção, retrabalho, especificações de projeto que impliquem em tarefas desnecessárias, etc.) não agregam valor à obra, gerando, portanto, desperdícios. Dessa forma, as atividades de projeto de edificação têm de voltar sua atenção tanto para as atividades diretamente produtivas quanto aos fluxos, minimizando o efeito de tarefas que não agreguem valor ao produto final (VANNI et al., 1998).

Em contraste, no paradigma da conversão a produção é entendida como a transformação de *inputs* em *outputs*. Em conseqüência, as atividades de fluxo são em geral negligenciadas ou relegadas a segundo plano. Neste paradigma, os

gerentes entendem que a minimização de custos globais pode ser conseguida através da minimização dos custos de cada sub-processo em separado e, também, que o valor do output é associado diretamente ao custo dos *inputs* (KOSKELA, 1992).

Segundo a Nova Filosofia de Produção, o projeto é um processo caracterizado pela transformação da informação. O trabalho individual do projetista pode ser encarado como a conversão propriamente dita. Ao longo deste existem dois tipos de retrabalho. O inerente à compreensão do problema e a definição da solução de projeto é considerado parte da natureza do processo. O descrito como perda é aquele que ocorre em função da falta de informações, mudanças de escopo, erros, etc. A visão do projeto como gerador de valor considera a qualidade do produto de acordo com sua conformidade em relação à satisfação das necessidades do cliente (HUOVILA et al., 1997). O valor deve ser adicionado ao próximo cliente interno do processo assim como ao cliente final. O que ocorre usualmente em projetos é que as necessidades dos clientes não são explicitadas de forma clara no início do processo, e ao longo do desenvolvimento do projeto estes requisitos são considerados de forma inadequada (FORMOSO et al., 1998b).

KOSKELA (1997) identifica alguns princípios para a prática da “produção enxuta”, que constituem também características da qualidade para a gestão de processos de produção:

- a. aumento da consideração sistemática das exigências dos clientes;
- b. redução da variabilidade;
- c. redução do tempo de ciclo;
- d. simplificação do número de etapas do processo;
- e. aumento da flexibilidade;
- f. aumento da transparência no processo;
- g. focalização no controle do processo;
- h. melhoria contínua no processo;
- i. equilíbrio da melhoria de fluxo com a melhoria de conversão;
- j. benchmarking.

A adoção desta filosofia é fundamental devido à grande quantidade de problemas que têm ocorrido quanto à falta de qualidade nas empresas de construção: condições de trabalho precárias, baixa produtividade, falta de segurança, não atendimento às exigências dos clientes, erros de projeto, falta de integração das equipes, erros de execução, etc.

Segundo FORMOSO et al., (1998a)

***“a construção enxuta segue a mesma tendência de síntese e generalização verificada em outras áreas do conhecimento de várias teorias e técnicas gerenciais: TQM (Total Quality Management), Just in Time (JIT), TPM (Total Productive Maintenance), Benchmarking, Reengenharia, Engenharia Simultânea, Engenharia de Valor, etc”.***

Conforme análise anterior, muitas pesquisas têm focado que a maioria dos problemas ocasionados em obras são provenientes de falhas em projetos, e um dos fatores responsáveis é o baixo custo do projeto em relação ao empreendimento (PICCHI, 1993).

Há evidências de que o gerenciamento do processo de projeto em geral é negligenciado. AUSTIN et al., (1994) apud FORMOSO et al., (1998a), afirma que para garantir um processo harmonioso para a construção é necessário haver uma abordagem mais sistemática e gerencial do processo para que os efeitos de sua complexidade e da incerteza inerentes ao mesmo possam ser diminuídos.

A partir dos princípios identificados como características da qualidade, houve a necessidade de adequar a metodologia Análise de Falhas à compatibilização de projetos de obras de construção civil, especificamente no subsetor edificações, visando minimizar os problemas relacionados à etapa de projeto.

Ao aplicar os conceitos de racionalização, no caso, da *lean construction*, é necessário haver uma escala de produção e padronização dos projetos, assim como o cultivo de poucas e constantes parcerias. A padronização dos projetos facilita a aplicação da *lean construction* e permite melhor aferição dos resultados. “A proposta é obter um fluxo contínuo de atividades dentro da obra (...). Para melhorar o desempenho não basta eliminar o custo da não qualidade: é preciso eliminar tudo o que não agrega valor e fazer foco no cliente” (CONTE, 1998).

Portanto, a implementação de um conjunto de ações planejadas e sistemáticas, desde a concepção da edificação, gera confiança ao cliente de que serão atingidos os requisitos de qualidade estabelecidos ou acordados (HELMAN & ANDERY, 1995).

A tarefa de compatibilização de projetos é fundamental na *lean construction*, porque está voltada à construtibilidade, entendida em seu sentido amplo. A construtibilidade deve se tornar um atributo essencial no processo executivo. A coordenação deve constar de responsabilidades claras estabelecidas previamente com preocupação especial nos principais pontos de interferências. O aumento da construtibilidade implica na redução de fluxos (de informação e trabalho) que são desnecessários na obtenção do nível de qualidade exigido pelo cliente (MELLES, 1997; LAUTANALA, 1997).

Dessa forma, a compatibilização de projetos é uma tarefa voltada à execução, e tem de ser considerada como intrinsecamente interligada a ela (YOUSSEF, 1994). Portanto, os projetos devem ser realistas, buscando adoção de medidas de racionalização tanto no projeto como na execução, tendo em vista alcançar a construtibilidade do produto.

### 2.4.2 Racionalização construtiva

Muitas empresas têm buscado a eficiência e qualidade em seus processos construtivos, com a implantação de novas tecnologias, novos procedimentos, padronização de algumas etapas de produção e qualificação da mão-de-obra com o objetivo de racionalizar seus processos construtivos e alcançar maior diferenciação em seus empreendimentos.

Conforme item 2.3 deste capítulo, os projetos têm um papel bastante significativo com inúmeras repercussões no processo construtivo e no uso dos edifícios. Portanto, a implantação de medidas de racionalização e controle, reduz o custo de uma obra, os prazos de execução e o retrabalho devido ao fato do planejamento ser baseado nas informações contidas nos projetos.

A racionalização construtiva é entendida como a *“representação das fontes e mecanismos de eficácia, tendo em vista os condicionantes de um dado mercado, e a capacidade de os analisar, os formalizar e os operacionalizar em ferramentas e métodos de organização e de gestão ou em ferramentas de tomada de decisão”* (CARDOSO,1996).

MELHADO (1994), conceitua a racionalização como

*“um princípio que pode ser aplicado a qualquer método, processo ou sistema construtivo e, no caso do processo construtivo tradicional, significa a implantação de medidas de padronização de componentes, simplificação de operações e aumento de produtividade que podem trazer grandes reduções de custos”.*

SABBATINI (1989), define a racionalização como

*“um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases”.*

Para FRANCO (1992) a racionalização construtiva não pode ser utilizada apenas para melhorar ou alterar determinados processos construtivos; ela deve ser

utilizada de forma mais ampla, abrangendo inclusive as fases de concepção e implicando em uma mudança de postura por parte das pessoas envolvidas.

O principal objetivo da racionalização da produção é a redução no prazo de execução das obras, com eficiência na condução do processo de produção, reduzindo seus tempos, dando mais importância aos procedimentos de execução com responsabilidades bem definidas, eliminando as subjetividades e os retrabalhos na produção. Sua aplicação pode trazer vantagens significativas para o desempenho, custo ou qualidade das atividades de construção, e conseqüentemente do produto final (SOUZA, 1996).

Uma outra forma de racionalização pode ser considerada pela terceirização de algumas atividades, ou seja, a externalização da produção onde, os ganhos de custos passam a ser originados da capacidade de gestão bem desenvolvida dos fluxos de operações e de informações que circulam ao longo da obra, como informações em nível de projeto, interfaces entre agentes, da mão-de-obra própria, dos subempreiteiros, dos suprimentos, das datas críticas da obra, dos prazos, da qualidade (CARDOSO, 1998b).

Muitas pesquisas apontam que é na etapa de projeto que se tem condições de implantar medidas de racionalização e para que esta seja feita de maneira mais eficaz, é necessário seja incrementada com a metodologia da construtibilidade.

**GRIFFITH (1986) afirma:**

*“que o principal objetivo da racionalização do projeto através do incremento de construtibilidade é tornar mais efetiva a aplicação dos recursos na construção, tornando as tarefas mais fáceis de serem executadas através da coordenação destes procedimentos na fase de projeto”.*

O mesmo autor aponta cinco princípios de racionalização na fase de projeto:

- a. construir numa mesma seqüência;
- b. reduzir o número de operações na construção;

- c. simplificar o projeto dos elementos;
- d. padronizar os componentes da construção;
- e. coordenar dimensionalmente os materiais.

As medidas de racionalização apresentadas no projeto devem passar por uma análise de construtibilidade e desempenho, pois as soluções apresentadas no projeto devem refletir a maneira real que a obra deverá ser executada, na qual todas as interferências e problemas deverão ser sido solucionados antes da execução (FRANCO & AGOPYAN, 1993).

### **2.4.3 Construtibilidade**

A construtibilidade é um conceito amplo, cujo objetivo principal se resume em *projetar facilitando a construção*. Os primeiros estudos sugeriram nos Estados Unidos em 1983 e na Europa em 1985, a partir da constatação de que os problemas ocorridos em obras eram ocasionados, na maioria das vezes, pela falta de integração entre as atividades de projeto e as atividades de execução.

O Construction Industry Institute - CII (1987), define construtibilidade como “*o uso otimizado do conhecimento das técnicas construtivas e da experiência nas áreas de planejamento, projeto, contratação e operação em campo para se atingir os objetivos globais do empreendimento*”.

Segundo VIOLANI et al., (1991), para que um empreendimento seja executado de maneira a alcançar os fundamentos da construtibilidade, é necessário que haja um comprometimento de todos os participantes do processo, desde a fase de elaboração de projetos até a conclusão da obra.

Deste forma, é bastante válida a atuação do construtor e dos consultores de tecnologia construtiva nas etapas iniciais do empreendimento pois, serão incorporados aos projetos procedimentos executivos mais racionalizados tornando mais rápido e barato o custo da obra.

Para SABBATINI (1989), a construtibilidade é definida como: *“uma propriedade inerente ao projeto de um edifício, ou de uma sua parte, que exprime a aptidão que este edifício (ou sua parte) tem de ser construído”*. Para o autor, *“um edifício tem um grau superior de construtibilidade se o seu projeto descer a um nível tal de detalhamento construtivo, que demonstre como ele deverá ser construído”*.

Neste sentido, O`CONNOR & TUCKER (1986), afirmam que a construtibilidade pode ser entendida como: *“um instrumento adequado para fazer com que o projeto desenvolva-se de modo a permitir uma utilização ótima dos recursos durante a etapa da construção”*.

TATUM (1987), cita alguns conceitos que devem ser aplicados na etapa de projeto, dos quais pode-se destacar:

- a. planejamento e programação orientados às necessidades da construção;
- b. simplificação dos projetos;
- c. padronização e repetição de soluções de projeto;
- d. modulação e pré-montagens, para reduzir custos e prazos;
- e. maior acessibilidade de mão-de-obra, materiais e equipamentos;
- f. projeto orientado para condições ambientais adversas;
- g. as especificações devem envolver materiais e métodos construtivos simples de serem executados.

Dentro desta mesma linha, GRIFFITH (1986), conceitua construtibilidade como: *“o campo de ações a partir do qual a concepção do edifício simplifica e facilita as atividades de execução, sujeitando-se a todos os requisitos do edifício acabado”*. Através de estudos de casos realizados na Escócia, este autor propõe, cinco princípios de racionalização na fase de projeto que contribuem para a construtibilidade, como:

- a. construir sempre na mesma seqüência;
- b. reduzir o número de operações na construção;
- c. simplificação dos aspectos técnicos dos elementos construtivos;
- d. padronizar os componentes construtivos;
- e. coordenar dimensionalmente os materiais.

Todos os autores citados acima afirmam que, se o conceito de construtibilidade for adotado ainda na fase de projeto com o esclarecimento dos métodos de execução e com a adoção de tecnologias construtivas racionalizadas de forma a facilitar a execução da obra, os resultados serão mais satisfatórios. Sendo assim, o esforço adicional de projeto corresponderá, em geral, a maiores facilidades de execução.

Por outro lado, a falta de dados sobre tecnologias construtivas, adoção de hipóteses inapropriadas no lugar de análises que determinariam os melhores métodos construtivos, acarreta em desperdício e atraso na execução.

Verifica-se, portanto, que a construtibilidade é um conceito abrangente, que estuda o processo construtivo através de um enfoque sistêmico, onde todas as fases interagem entre si através de um fluxo de informações eficiente e coordenado, sendo considerada uma importante ferramenta de projeto. Tem-se constatado que grande parte dos problemas, surgidos em obra, poderiam ser evitados se o projetista conhecesse melhor o processo de produção e as condições de canteiro (DIAS, 1992).

FRANCO & AGOPYAN (1993) afirmam que, *“a importância de levar a experiência construtiva ao projeto é há muito tempo reconhecida, e que o bom projetista deve possuir uma experiência prévia na execução ou acompanhamento das obras”*.

Os mesmos autores afirmam que apesar da construtibilidade ainda não ter sido aplicada na fase de projeto, os resultados obtidos com a aplicação somente na fase de execução já têm sido satisfatórios e que, o simples fato dos projetistas já refletirem acerca das atividades a serem executadas irão repercutir na melhoria da qualidade dos empreendimentos.

Muitos projetistas precisam ter uma visão do desempenho das soluções de projeto com a adoção do princípio da construtibilidade. Desta forma, as empresas acreditam que, para a obtenção de um maior desempenho, é necessário acrescentar custos, mas isto não é verdadeiro, porque, uma empresa pode utilizar os mesmos materiais especificados e a mesma mão-de-obra, com a adoção de novas tecnologias construtivas que melhor viabilizarão a execução da obra.

Desta forma, haverá uma redução de desperdício tanto de material quanto de mão-de-obra, e conseqüentemente, sem acréscimo de custos. Sendo assim, uma ênfase dada ao projeto e à seleção de materiais adequados podem trazer soluções benéficas quanto aos métodos executivos (DIAS, 1992).

O'CONNOR et al., (1987), afirmam que, *“embora os problemas de projeto sejam sempre tratados de forma subdividida, sua solução precisa ser holística; a integração entre as partes torna-se necessária”* e que, *“o esforço adicional de projeto corresponderá em geral, a maiores facilidades na execução”* e, *“quanto mais cedo houver a implementação de um programa de construtibilidade, melhores serão os resultados para o empreendimento”*.

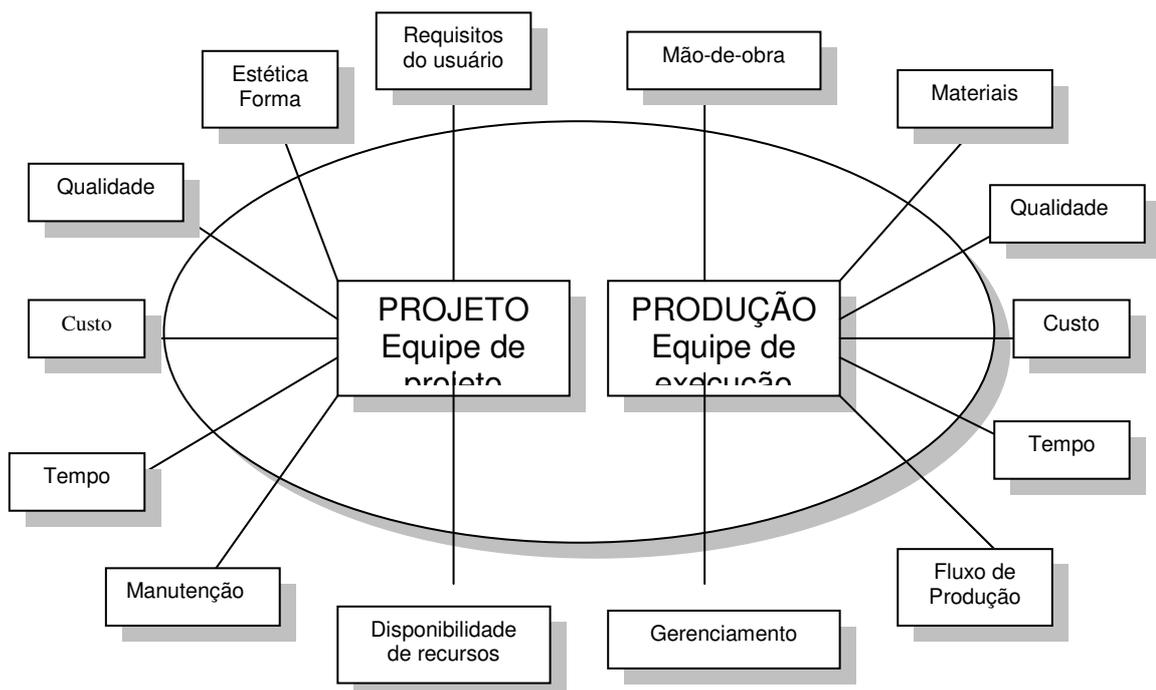
Em um outro estudo, O'CONNOR & TUCKER (1986), apresentam alguns aspectos de construtibilidade como um instrumento de racionalização de projeto:

- a. Integração projeto e produção;
- b. Integração de projetos;
- c. Simplificação de projetos;
- d. Comunicação.

#### **a. Integração projeto e produção**

Como um empreendimento apresenta um grande número de variáveis e não cabe apenas aos projetistas tentar equacioná-las, é fundamental que seja incorporada uma alteração na questão de gerenciamento. Se a integração entre

o processo de projeto com o processo de produção for feita de forma coordenada, com o envolvimento de todos os projetistas, construtores e consultores de tecnologia construtiva, muitas interferências serão eliminadas ainda na fase de projeto sem que cheguem à produção. A FIG. 2.9 mostra um esquema com as variáveis impostas pelo projeto e pela produção, demonstrando a complexidade do processo.



**FIGURA 2.9 – Variáveis impostas ao projeto e a produção**

Fonte: GRAY, (s.d.)

O que acontece frequentemente, é uma dissociação entre as etapas de projeto e produção, e não existe um processo de retroalimentação das informações. As informações, normalmente, são repassadas sem um critério definido e uma padronização quanto ao seu recebimento. Esta dissociação entre projeto e produção é a principal causa da ocorrência de problemas de construtibilidade durante a obra.

As palavras de FRANCO (1992), afirmam a hipótese acima,

*“muitos projetistas, especialistas dos produtos (o produto e suas partes), pouco aproveitam da experiência na execução de seus projetos. Em muitos casos, também não existe uma retroalimentação de informações entre os construtores e*

*projetistas, levando muitas vezes à repetição continuada em vários empreendimentos de uma falha detectada durante a construção”.*

Para que esta integração ocorra de maneira a evitar problemas futuros nas etapas de desenvolvimento de projetos, é necessário atentar para os seguintes aspectos:

- a. fluxo de produção, onde deve ser apresentado um planejamento e uma seqüência das tarefas de forma a facilitar o gerenciamento da obra e permitir maior confiabilidade no prazo de execução;
- b. continuidade na execução das tarefas com a adoção de tecnologias racionalizadas às etapas de operação;
- c. *layout* do canteiro favorecendo a acessibilidade de materiais, mão-de-obra e equipamentos para que não hajam obstruções e congestionamentos, que conseqüentemente elevam prazos e custos de produção;
- d. fluxo de informações entre equipe de projeto e de produção de forma a retroalimentar o processo com informações claras e concisas para o alcance de uma integração organizacional e tecnológica.

Portanto, quanto maior o envolvimento entre os projetistas e os construtores, melhores serão as soluções de projeto a serem executadas e, conseqüentemente, menor a incidência de problemas relacionados a projetos.

### **b. Integração de projeto**

Um outro fator que prejudica a construtibilidade é a falta de integração entre os diversos projetos. Normalmente, os projetos são elaborados isoladamente, e após a aprovação do projeto arquitetônico, o calculista inicia o projeto estrutural, que será parcialmente desenvolvido concomitantemente com os outros projetistas, não existindo um envolvimento de todos nas etapas iniciais do anteprojeto arquitetônico, sendo esta a principal origem dos problemas em obras.

Neste aspecto, as conseqüências da falta de integração acarretam sérios prejuízos como alterações em projeto, elevação de custos, falta de qualidade e atraso no cronograma. Desta forma, as soluções adotadas poderiam ser melhor equacionadas se houvesse a intervenção de todos os projetistas, o que resultaria em uma maior eficiência e maior construtibilidade no processo construtivo.

Portanto, a coordenação de projetos é fundamental para o alcance da construtibilidade e será melhor apresentada no item 2.4.4.

### **c. Simplificação de projetos**

Pelo fato do processo de construção de edifícios ser uma atividade bastante complexa, é preciso eliminar as tarefas que não agregam valor à obra. Assim sendo, outro fator que favorece a construtibilidade é a simplificação de projetos através da padronização e repetição de tarefas. A carência de um sistema padronizado e a má escolha de materiais são tarefas simples de serem analisadas e que, se não adotadas, podem retardar a construção.

Para SOUZA et al., (1995), o objetivo de se utilizar um sistema padronizado

*“é reduzir a variabilidade dos processos, fazendo com que os insumos sejam processados sempre da mesma maneira e o valor agregado seja sempre o mesmo, gerando assim, a satisfação permanente do próximo processo e do cliente externo”.*

Portanto, a adoção de um processo padronizado, torna mais fácil a detecção das falhas e a eliminação de desperdícios e retrabalhos. A conseqüente racionalização, resulta na utilização de um número menor de materiais gerando produtos com maior qualidade.

Como exemplo, pode-se citar a utilização de elementos pré-fabricados como vergas, soleiras, peitoris, escadas, esquadrias, etc. que ao chegarem prontos à obra, poderão ser instalados. Um procedimento padronizado elimina muitas falhas pelo fato de se tornar uma atividade repetitiva. Com a padronização, não

se quer dizer que um material não possa ser substituído por outro, os profissionais terão flexibilidade e liberdade para fazerem tais substituições.

A simplificação dos projetos com a utilização da padronização e pré-fabricação torna a obra mais fácil de ser executada, levando em conta a praticidade no construir.

#### **d. Comunicação**

A pobreza na comunicação é, em boa parte, responsável pela aparente inabilidade da indústria da construção de aprender com seus próprios erros. Essa comunicação compreende o processo de revisão de projetos, retorno e reutilização de lições aprendidas. É fundamental que os acertos e erros sejam documentados para projetos futuros, assim como, mecanismos para incorporar conhecimentos pessoais ao conjunto, o que poderia e deveria alimentar novos trabalhos (TÉCKNE, 1998).

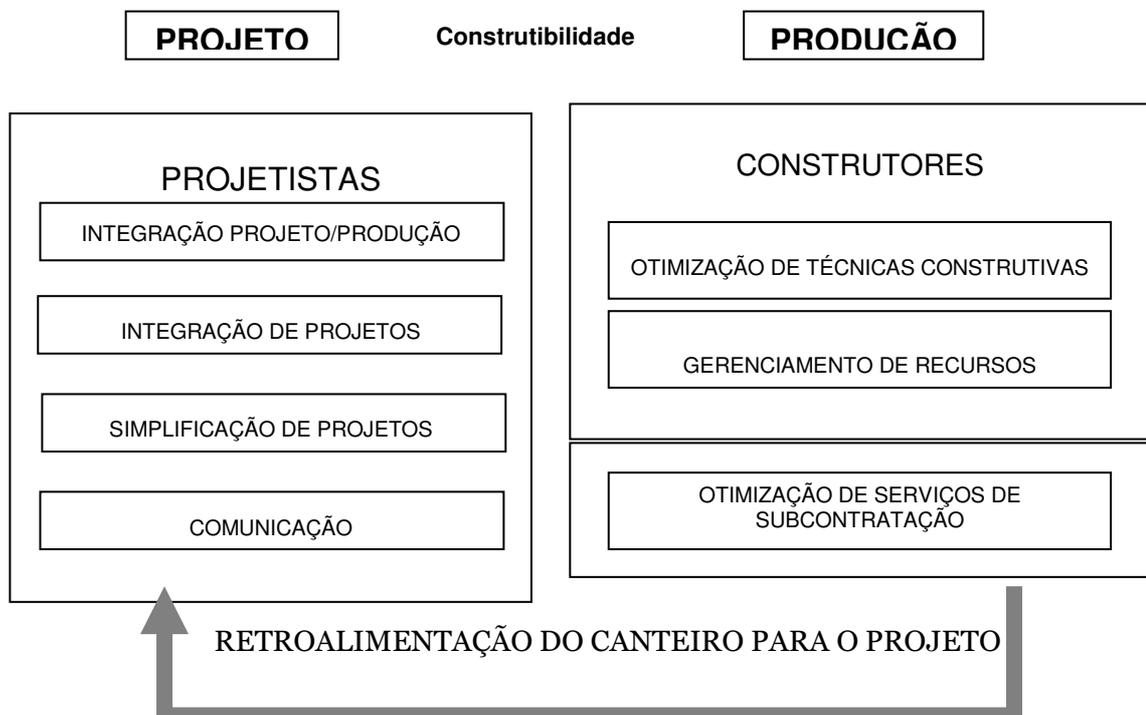
Para o sucesso da integração, um aspecto fundamental é a boa comunicação entre todos os participantes do processo. Nesta etapa, as informações devem retroalimentar a equipe com dados acerca dos problemas obtidos anteriormente para que estes possam ser analisados em projetos futuros.

Uma comunicação eficiente resultará em uma melhoria no processo de projeto e na execução dos serviços a ele relacionados. Para manter esta troca de informações, é necessário que todo este processo seja registrado de forma que a empresa tenha uma memória destas informações.

Um outro método de comunicação que tem proporcionado a melhoria na qualidade dos projetos e no processo de execução é a utilização de recursos computacionais com vistas ao desenvolvimento tecnológico de uma nova racionalização organizacional do setor, por facilitar a sobreposição dos distintos projetos e uma melhor análise das interferências.

A construtibilidade será alcançada no canteiro de obras se houver uma comunicação eficiente entre os agentes do processo, porque, na maioria das vezes, os problemas são gerados por falta de informações e de detalhamento dos projetistas, atraso na entrega dos projetos e nas definições de especificações.

A importância dos aspectos de construtibilidade ressaltados acima, pode ser melhor visualizada na FIG. 2.10 adaptada de O'CONNOR & TUCKER (1986), onde são apresentadas as ações de implementação da construtibilidade, dando ênfase à integração, simplificação e comunicação entre as diversas etapas de um empreendimento.



**FIGURA 2.10 – Aspectos de construtibilidade**

Fonte: O'CONNOR & TUCKER (1986),

Verifica-se que a otimização das técnicas construtivas, um eficiente gerenciamento, bem como a otimização de serviços de subcontratação devem retroalimentar o processo de projeto com todas as informações relativas à etapa de execução.

Neste aspecto, se uma obra for executada com os princípios apresentados acima, haverá maior eficiência na execução das tarefas, eliminando-se os improvisos e pendências. Da mesma forma, o custo do empreendimento ficará mais próximo do inicialmente orçado, mas, para isso, é fundamental que estes princípios sejam utilizados por uma equipe multidisciplinar onde todos os integrantes trabalhem simultaneamente.

Estudos realizados pela construtora inglesa Taywood Engineering Limited destacam que projeto e produção são, normalmente, tratados como funções remotas e distintas, embora devam se unir, e que as experiências práticas no canteiro e discussões acerca da “construtibilidade” devem se tornar atributos essenciais para projetistas, enquanto engenheiros e técnicos deveriam receber treinamento em projeto. Além disso, devem ser estabelecidos contratos que repartam os riscos - e não os dividam (TÉCKNE, 1998).

Um outro aspecto a ser analisado é quanto ao estabelecimento das responsabilidades dada à coordenação, que deve dar atenção especial para as interfaces – tanto entre os membros da construção, quanto entre os membros da equipe.

Portanto, integrar projeto e execução é a maneira mais fácil de utilizar os princípios da racionalização para a solução da construtibilidade, possibilitando, desta forma, o sucesso do empreendimento.

#### **2.4.4 Coordenação de projetos na construção de edifícios**

O aumento acentuado da competitividade no subsetor edificações tem forçado as empresas construtoras a gerenciarem de modo mais eficiente seus projetos, buscando uma redução dos desperdícios, das alterações em projetos e dos retrabalhos com o objetivo de alcançar um diferencial na execução de suas obras. Portanto, o principal requisito para o estabelecimento desse processo de

melhoria contínua é a coordenação eficiente do processo de projeto, desde as etapas de concepção até a execução da obra.

Desta forma, faz-se necessário que as relações entre as diversas etapas do processo de produção sejam coordenadas, com a otimização de todos os recursos que estarão envolvidos com a produção, desde o início do empreendimento. Sendo assim, é vista a necessidade de organizar o processo de produção a partir da etapa de projeto, estabelecendo um adequado controle e mecanismos de retroalimentação, envolvendo a participação efetiva, tanto dos projetistas, quanto dos construtores, no processo de produção do edifício (BARROS, 1996).

Diante da descontinuidade dos ciclos de produção das edificações e da cultura do setor que privilegia organizações ágeis, a falta de integração entre a atividade de construir e projetar é muito freqüente, pois a manutenção de equipes próprias representa um investimento que a maioria das empresas não pode e não tem interesse em sustentar.

**CARDOSO et al. (1998b) acreditam que**

*“apesar da importância dos projetos na construção ser consensualmente reconhecida, as construtoras se mantêm relativamente à margem do processo de projeto que são desenvolvidos por escritórios ou profissionais contratados, cujos vínculos são de caráter predominantemente comercial”.*

Vários estudos têm mostrado que a dificuldade em obter a qualidade nas atividades do setor de construção de edifícios no Brasil é proveniente da falta de integração entre os diversos projetos e entre os projetos e a execução, pois não existe um sincronismo entre os diversos agentes intervenientes do processo. Nos últimos anos está havendo um maior interesse das empresas em integrar estas atividades de forma a obter maior qualidade e produtividade em seus empreendimentos.

MELHADO et al. (1998), afirmam que “*a desarticulação entre projeto e produção e a improvisação nas obras vêm sendo apontados como importantes responsáveis pela baixa produtividade e o incipiente controle da qualidade nos processos*”.

Por não haver uma integração entre os projetistas, os projetos são elaborados sem um detalhamento conciso e sem as informações relacionadas às novas tecnologias construtivas, ao planejamento das atividades e à seqüência de execução das tarefas das edificações. Por conseqüência, os resultados do processo de projeto não apresentam a eficiência necessária, prejudicando a construtibilidade e a qualidade na execução das obras.

A despeito da importância, assim manifestada, para o processo de projeto, é possível observar um conjunto de procedimentos que tem contribuído para a não-qualidade ao processo de elaboração de projetos (BAÍÁ, 1998):

- a. ausência de metodologias adequadas quanto à interpretação das necessidades dos clientes;
- b. excesso de retrabalho no processo de desenvolvimento do projeto ocasionado pela falta de uma coordenação efetiva entre os participantes do processo de elaboração de projeto;
- c. falta de um procedimento de controle quanto às informações sugeridas durante o desenvolvimento do processo;
- d. ausência de um procedimento quanto à troca sistemática de informações entre os escritórios de projeto e a obra;
- e. projetos elaborados isoladamente, sem uma devida coordenação e relacionamento com os demais integrantes da equipe;
- f. má interpretação de normas de projeto;
- g. adoção de informações desatualizadas;
- h. decisões tomadas durante o desenvolvimento dos projetos, em geral, não considerando as particularidades da produção das edificações.

Vários estudos acadêmicos tem sido desenvolvidos no Brasil com o intuito de prover ferramentas e técnicas que garantam maior eficiência para as construtoras, como a racionalização e a busca pela qualidade. Portanto, para se atingir a excelência, será necessário o apoio da informática em todas as atividades técnicas e administrativas e a existência de uma atividade comum que permita a coerência e a compatibilização entre as exigências de natureza lógica, relativas aos sistemas e aos processos construtivos, a qualificação da mão-de-obra, a normalização de projetos e materiais que têm sido os principais temas em pauta (GUERRINI & SACOMANO, 1998).

Diante desse fato, muitas empresas no Brasil estão alterando as etapas do processo de produção como projeto, planejamento, execução e controle, relações com fornecedores, recursos humanos, atendimento às exigências dos usuários nas fases de elaboração de projetos e na fase de pós-ocupação, estabelecimento de padrões para contratação de projetistas. Aliado a este fato, existe a realização de uma efetiva coordenação de projetos; a definição do processo construtivo e realização de controle de produção nas obras, procedimentos de correção dos desvios ao longo do processo; introdução de recursos computacionais de forma a facilitar a compatibilização das interferências; retroalimentação e documentação das informações relativas às alterações feitas em obras (SOUZA & SABBATINI, 1998).

#### **2.4.4.1 Engenharia Simultânea e a coordenação de projetos**

Um dos princípios que tem contribuído para a obtenção destes fatores é a Engenharia Simultânea (ES) que tem como objetivo integrar as várias etapas durante o processo de elaboração dos projetos de forma a eliminar os problemas antes da execução. Com a adoção da ES é normal haver uma alteração na estrutura organizacional da empresa por exigir a formação de equipes multidisciplinares, treinamento e motivação de pessoal, comunicação sistemática, alterações funcionais, parcerias, maior integração entre todos os participantes do processo executivo e inserção de novos métodos de procedimentos (FABRICIO & MELHADO, 1998).

KRUGLIANSKAS (1993) afirma ser freqüente a ocorrência de mudanças na estrutura organizacional da empresa decorrentes da implantação da ES, uma vez que a integração necessária, exige novas formas de coordenação e gerenciamento das pessoas, com a formação de equipes multidisciplinares.

Desta forma, as empresas que estiverem elaborando projetos no ambiente da ES deverão ser menos burocráticas para que as diversas informações obtidas pelos participantes do processo de integração retroalimentem-o com informações concisas obtendo resultados confiáveis e com qualidade.

Todos os fatores relacionados à Engenharia Simultânea são igualmente importantes para a redução global dos prazos, como um bom relacionamento com os projetistas e a integração dos aspectos técnicos e econômicos na etapa de concepção. Há uma grande necessidade de cooperação com os projetistas, procurando introduzir, na fase de concepção, inovações tecnológicas para a implantação de novos métodos construtivos.

Para isso, as empresas devem ter um critério rigoroso quanto à seleção destes projetistas, a qual deve ser avaliada pelas suas experiências anteriores, quanto ao cumprimento de prazos estipulados pelos empreendedores, pelas características de edificações projetadas anteriormente e pelo interesse e disponibilidade do projetista em acompanhar a obra. A finalidade de manter uma equipe integrada, não apenas para a execução de um único empreendimento, mas em vários projetos, é que à medida em que a equipe estiver mais entrosada, muitos problemas ocorridos anteriormente serão eliminados em projetos futuros.

#### **2.4.4.2 Aproximação entre construtoras e projetistas: “parcerias”**

Para buscar a qualidade nos projetos é necessário maior integração entre construtoras e projetistas com uma participação efetiva dos contratados durante todo o processo de execução. O escopo dos projetos e essa integração devem

funcionar segundo lógicas distintas que valorizem diferentes características dos projetos e do processo de elaboração e execução destes em função da estratégia adotada pela empresa.

Portanto, o estabelecimento de parcerias é de fundamental importância para o processo de execução de um empreendimento, e dentro deste aspecto, a empresa precisa suprir os projetistas com as informações necessárias para a tomada de decisão na fase de concepção, tais como os métodos, processos e sistemas construtivos adotados, da mesma forma em que os projetos devem fornecer um nível de detalhes suficiente para que as atividades operacionais de execução ocorram dentro de parâmetros bem definidos (CARDOSO et al., 1998b).

FABRÍCIO & MELHADO (1998) definem esta parceria entre os escritórios de projeto e construtoras como:

*“uma ligação duradoura baseada na competência técnica e no intercâmbio de informações, no qual o preço do serviço de projeto fica relativizado pelo potencial de melhoria no processo de produção e na qualidade do produto, que podem ser conseguidos com projetos melhores e mais adequados às necessidades construtivas”.*

Para isso, todos os participantes do processo construtivo como o arquiteto, o calculista, os projetistas de instalações prediais, os projetistas dos projetos complementares, os consultores da área de racionalização construtiva, os fornecedores de materiais, os profissionais responsáveis pela área de planejamento e orçamento, o empreendedor, o usuário, o construtor, devem estar envolvidos nas etapas iniciais do processo de elaboração do projeto arquitetônico, pois, todos eles têm o mesmo objetivo em comum: elaborar um produto com qualidade.

A equipe pode ser constituída por vários desses profissionais mas, segundo MELHADO & VIOLANI (1992), são quatro os principais participantes que atuam em um empreendimento :

- a. o empreendedor pela geração do produto;
- b. os projetistas pela formalização do produto;
- c. o usuário pela utilização do produto;
- d. o construtor pela execução do produto.

A qualidade do projeto interessa a todos da seguinte forma:

- a. ao empreendedor pela fácil aceitação de venda, pelo resultado econômico obtendo desta forma maior competitividade;
- b. aos projetistas pelo currículo, realização profissional e pessoal;
- c. ao construtor pela eficiência da execução e menos retrabalho na fase de obra ou após a entrega;
- d. ao usuário pelo desempenho em uso e durabilidade adequada ao retorno do capital investido.

Verifica-se que a melhoria da qualidade dos projetos depende de uma análise crítica de todos os participantes do processo de elaboração dos projetos, relacionada aos aspectos técnicos, ou seja, elaboração dos projetos, execução das obras e soluções adotadas para o atendimento às exigências dos clientes, o processo construtivo e questões de *marketing*. Esta análise deve ser realizada nas várias interfaces do processo de projeto, ou seja, desde a fase de elaboração dos anteprojetos até a entrega dos projetos.

Na etapa de elaboração de projeto, a maior parte das atividades se concentram nos projetistas, porém, com uma intensa participação do usuário e do construtor. O usuário interage apenas em algumas situações quanto à demanda, necessidades e expectativas; e o construtor com a responsabilidade em sugerir soluções relacionadas à racionalização construtiva durante a análise crítica dos projetos bem como sua implantação.

O nível de satisfação dos usuários está condicionado à qualidade do produto e, conseqüentemente, à qualidade da solução de projeto. Na etapa de elaboração do programa de necessidades são identificadas as expectativas dos usuários, definidas pelo cliente e complementadas pelos projetistas.

Segundo OLIVEIRA & FREITAS (1998),

*“a interface que existe entre os intervenientes de cada etapa e entre os intervenientes que participam de uma mesma etapa são pontos vulneráveis. É onde, normalmente, ocorre o maior número de problemas, fazendo com que exista uma organização do fluxo de informações entre os intervenientes e uma maior preocupação com a gestão destas interfaces, para que isto não prejudique a qualidade do produto”.*

Para MCGEE & PRUSAK (1994), a precisão das informações é um aspecto essencial para que uma organização se mantenha em um mercado tão competitivo. Sendo assim, uma informação detalhada e precisa é essencial para o atendimento às necessidades e expectativas dos clientes quando na geração do produto final. No setor de construção de edifícios, esta interação do cliente com o processo de projeto é fundamental para que se alcance o objetivo almejado.

Assim, propõe-se a utilização da avaliação de desempenho e da avaliação pós-ocupação como fonte de informações para a atividade de projeto. Estas informações podem ser aproveitadas para o desenvolvimento e aperfeiçoamento do processo de projeto, definindo diretrizes para elaboração dos projetos das diversas especialidades; e para compor um banco de tecnologia construtiva, tanto para projetos envolvendo o processo construtivo tradicional, com dados organizados *“para consulta de orientação na seleção de alternativas para as especificações e detalhes necessários”*, quanto para projetos envolvendo sistemas construtivos inovadores, *“contendo um conjunto de informações essenciais, critérios e restrições próprias do sistema”* (MELHADO, 1994).

Diante disso, percebe-se que a implantação dos Sistemas de Gestão da Qualidade proporciona o atingimento de resultados amplos dentro da empresa construtora como um todo e de seus canteiros de obras, não se restringindo apenas ao alcance de objetivos pontuais. Muitas vezes é difícil quantificar tais resultados, mas constata-se claramente que qualquer alteração que vise melhorar a gestão do desenvolvimento dos projetos, refletir-se-á na ponta da cadeia de produção, isto é, proporcionará a melhoria da gestão dos canteiros de obras, que é o que vem acontecendo.

#### **2.4.4.3 A gestão da qualidade na coordenação**

Vários são os obstáculos que dificultam a implantação de um sistema de qualidade em escritórios de projeto; são eles:

- a. falta de motivação e comprometimento dos funcionários da empresa quanto à implantação do sistema de gestão da qualidade;
- b. insegurança e impaciência quanto à obtenção dos resultados;
- c. dificuldades de treinamento de pessoal;
- d. dificuldades na aplicação de ferramentas da qualidade na padronização quanto aos procedimentos (BAÍA, 1998).

Tendo em vista essas dificuldades, é imprescindível que sejam implantados programas austeros de controle e melhoria da qualidade, de forma mútua entre as fases de projeto e produção. Para isso, algumas empresas formularam um processo de projeto (ainda em discussão) a ser seguido na construção de edifícios.

O Programa Setorial da Qualidade (PSQ, 1997), elaborado por entidades brasileiras que representam o setor de projetos, afirma que, devido à competição acirrada entre as empresas de projeto e as exigências dos contratantes, algumas mudanças podem ser observadas no setor de projeto (BAÍA & MELHADO, 1998):

- a. as mudanças de caráter sistêmico, que podem ser descritas como: uma maior interferência do consumidor final nas características do produto, pela exigência junto ao construtor e incorporador<sup>13</sup>; aumento das exigências dos contratantes privados quanto às características solicitadas do projeto e dos contratantes públicos, que exercem seu poder de compra, estabelecendo critérios de classificação de projetistas ligados à qualidade;
- b. no intuito de mudanças de caráter estrutural/setorial, observam-se as alterações na tecnologia de produção e nas relações entre os agentes envolvidos no processo de produção;
- c. já as mudanças de caráter empresarial, que vêm ocorrendo no âmbito da empresa de projeto, dizem respeito ao processo de informatização e, principalmente, aos processos de busca de metodologias adequadas à formalização da gestão da qualidade.

É neste sentido que várias empresas construtoras têm adotado algumas medidas e posturas na gestão do processo de projeto no sentido de aperfeiçoá-lo como um todo, sendo destacadas:

- a. o estabelecimento de parâmetros para a contratação e avaliação de projetistas, bem como de padrões de projeto definidos pela construtora;
- b. preocupação em retroalimentar dados provenientes dos canteiros de obras para a fase de projeto, embora algumas empresas ainda não tenham um processo formalizado para isso;
- c. maior cuidado no processo de coordenação de projetos, seja ele realizado pela própria empresa, por arquitetos ou por empresas subcontratadas.
- d. a organização de um departamento técnico de projeto, com a função de coordenar os diversos projetos, de forma a serem compatíveis;
- e. a contratação de projetos específicos para subsistemas até então não considerados (como o da alvenaria de vedação);
- f. a elaboração do manual de procedimentos de execução e controle da empresa, consolidando a tecnologia construtiva, que embasa a atividade de projeto.

---

<sup>13</sup> Pessoa Física ou Jurídica, comerciante ou não que, embora realize ou não a construção, prometa vender ou venda frações ideais de um terreno, vinculadas a unidades autônomas de edificações a serem

A integração entre projetistas e construtoras é condição fundamental para a obtenção de melhoria da qualidade nos projetos e nos empreendimentos de edificações. Isto ocorre pelo fato dos profissionais relacionados à elaboração dos projetos serem mais qualificados e a empresa poder contar com projetos mais realistas com seu sistema produtivo resultando em um aumento da competitividade e maior eficácia no seu posicionamento no mercado.

A implantação dos sistemas da qualidade tem trazido vários benefícios, como:

- a. aumento da produtividade;
- b. obtenção de desempenho do produto;
- c. redução dos custos de produção;
- d. redução das interferências entre os projetos;
- e. redução de retrabalho e alterações de projeto;
- f. introdução de decisões embasadas tecnologicamente;
- g. otimização das atividades de execução;
- h. satisfação dos clientes;
- i. manutenção da competitividade;

#### **2.4.4.4 O processo de coordenação**

Um novo enfoque à forma de elaboração de projetos deve ser dado quanto ao atendimento aos processos construtivos, à padronização na forma de apresentação dos desenhos, ao atendimento dos fatores de sucesso do produto e na busca da industrialização e capacitação de projetistas e usuários de projeto. É neste sentido que os projetos devem ser elaborados simultaneamente, sendo a coordenação de projetos o elemento fundamental para o alcance destes fatores.

Para que um projeto seja um produto de qualidade e atenda a todas as expectativas, é necessário que este seja elaborado de forma coordenada e a obra não seja interrompida por problemas de interferência ou alterações resolvidas “in loco”. Para isso, é necessário que haja uma reorganização em todo o processo de projeto, buscando o desenvolvimento coordenado do projeto nas diversas etapas do edifício e a introdução de tecnologias construtivas racionalizadas.

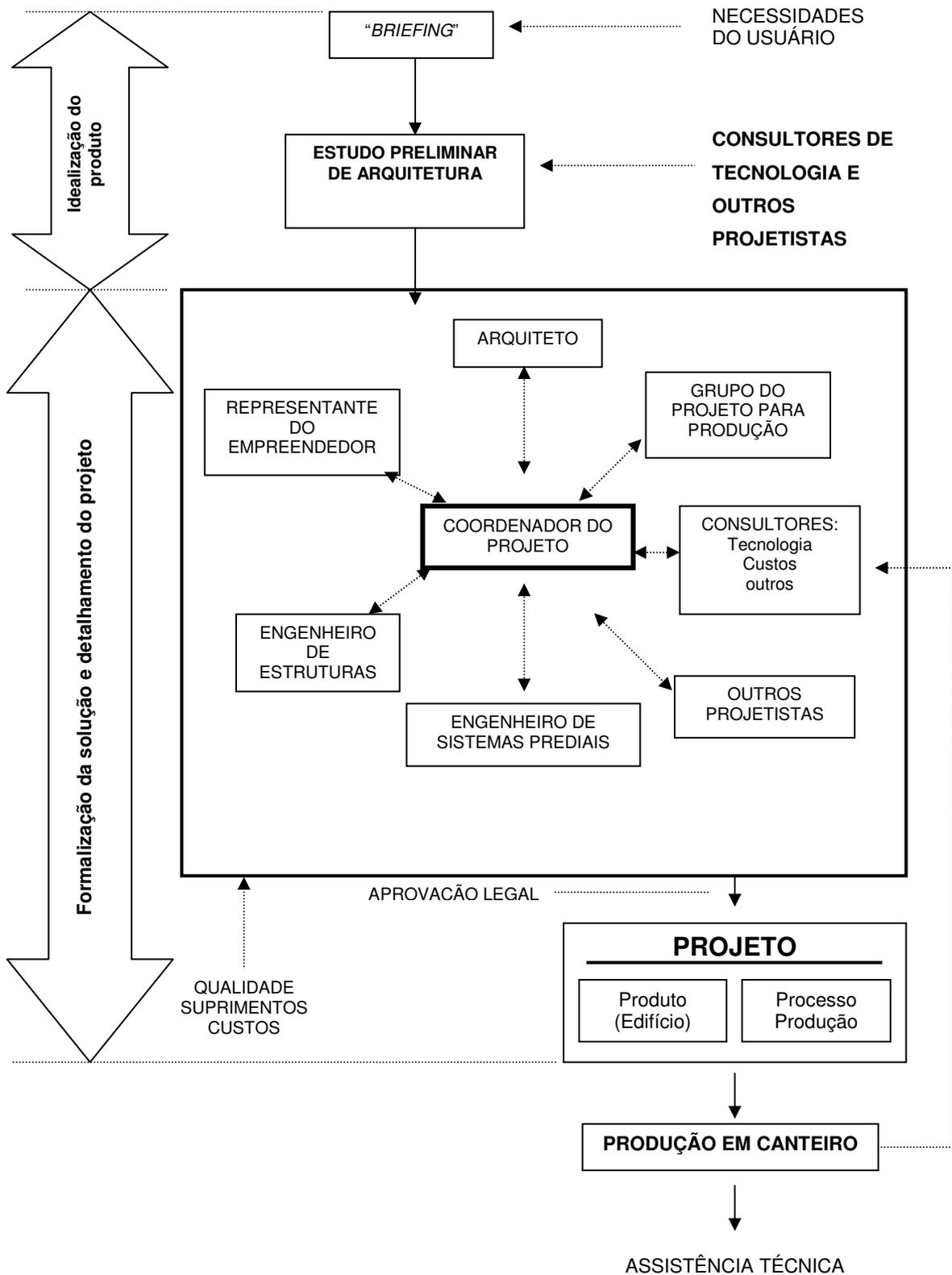
Sendo assim, os projetos deverão apresentar uma visão global do empreendimento, contendo todas as características do produto e um planejamento das atividades a serem executadas visando atender às necessidades dos clientes e aos sistemas construtivos da empresa.

Para se implantar a coordenação de projetos, é necessário:

- a. estreitar o relacionamento entre projeto/obra, de modo a atender todas as necessidades dos usuários e obter uma boa aceitação do produto no mercado;
- b. elaborar um documento contendo as informações relacionadas aos problemas de manutenção ocorridos nas fases de pós-ocupação para retroalimentar as decisões quanto à elaboração do projeto;
- c. incluir o projetista em todas as etapas dos processos de elaboração, planejamento e execução;
- d. elaboração dos projetos por uma equipe multidisciplinar;
- e. compatibilizar os projetos, ainda na fase de elaboração, eliminando todas as interferências;
- f. estreitar o relacionamento com os fabricantes e distribuidores de materiais e componentes com o intuito de implantar novas tecnologias.

A coordenação de projetos pode adotar os princípios da ES, onde os projetistas têm que trabalhar em conjunto e coordenadamente de maneira a retroalimentar os projetos com informações acerca de novos métodos executivos aplicados a construtibilidade. A FIG. 2.12 apresenta a incorporação do projeto simultâneo ao desenvolvimento de projetos de edifícios aos empreendimentos de uma empresa de incorporação e construção estudada por MELHADO et al. (1998).

O caráter multidisciplinar do projeto simultâneo, envolvendo vários especialistas de formação e postura diferentes, traz consigo a necessidade de coordenação do projeto. Neste aspecto, caberá ao empreendedor exigir do coordenador os resultados esperados e apoiá-lo nas tomadas de decisões e tentar evitar ao máximo o envolvimento com parceiros, atravessando o processo de coordenação.



**FIGURA 2.12 - Esquema do desenvolvimento do projeto**  
 Fonte: (MELHADO et al., (1996)

Algumas vantagens são obtidas quando existe a coordenação, como:

- a. a execução ocorre de forma contínua e sem interrupções;
- b. maior produtividade pela obtenção de menor rotatividade, tarefas menores, equipes perfeitamente integradas;
- c. redução de custos e retrabalho;
- d. melhoria da qualidade dos projeto;
- e. maior compatibilização dos projetos complementares, durante a fase de projeto propriamente dita;
- f. confiabilidade nos cronogramas de entregas;
- g. redução das alterações em projetos;
- h. redução do desperdício de material e mão-de-obra;

#### **2.4.4.5 O papel do coordenador**

É fundamental a presença de um coordenador de projeto, pois ele é uma figura preponderante no processo. A mesma pesquisa feita com 35 profissionais envolvidos na área de projeto, constatou pela maioria dos entrevistados que o coordenador não precisa necessariamente ser o arquiteto, mas que seja uma pessoa com as seguintes características:

- a. tenha experiência na área de execução e saiba lidar bem com todos os projetos;
- b. consiga resolver todos os problemas e se houver algum ele saiba em qual projeto aquele problema afetará;
- c. consiga manter uma equipe bem integrada com o comprometimento de todos os envolvidos;
- d. saiba transmitir claramente as informações;
- e. tenha características de liderança;
- f. possua um senso crítico na avaliação das decisões;
- g. seja flexível na avaliação das informações;
- h. tenha uma visão global de todos os projetos;
- i. tenha autonomia para fazer a coordenação e uma visão de custo a longo prazo;

- j. mantenha um canal de comunicação único: informações dos projetos e para os projetos, devem passar pelo coordenador; ou seja, consiga ordenar o fluxo de informações dos projeto:
  - arquiteto  $\Leftrightarrow$  coordenador  $\Leftrightarrow$  projetistas;
- k. saiba determinar o cumprimento dos prazos esperados;
- l. saiba programar e controlar todas as fases do projeto;
- m. atenda aos processos construtivos privilegiando a produção;
- n. mantenha um banco de dados de todos os setores da empresa envolvidos no processo.

Na construção de edifícios a função de coordenador de projetos pode ser exercida pelo próprio arquiteto autor do projeto, pela construtora ou por profissional ou empresa contratada, sem estar diretamente ligada aos projetistas ou aos construtores (MELHADO, 1998) embora muitos arquitetos defendam a idéia que essa coordenação deveria ficar sob a responsabilidade do próprio autor do projeto arquitetônico.

MARQUES (1979), simboliza a atividade de coordenação como um processo iterativo em eserial, onde afirma que é nesta etapa que são analisadas todas as interferências e as compatibilizações dos distintos projetos.

#### **2.4.4.6 A compatibilização de projetos**

Pelo fato da compatibilização<sup>14</sup> de projetos e análise crítica dos mesmos ser um dos fatores essenciais da coordenação de projetos, é fundamental que todas as etapas do processo de elaboração estejam comprometidas com os princípios de construtibilidade e racionalização construtiva para que a integração das atividades estejam envolvidas na mesma linguagem.

---

<sup>14</sup> Define-se compatibilização como uma atividade de gerenciar e integrar projetos correlatos, visando ao perfeito ajuste entre os mesmos e conduzindo para a obtenção dos padrões de controle de qualidade total de determinada obra (SEBRAE, 1995).

A compatibilização de projetos tem como objetivo principal eliminar ou minimizar conflitos entre os projetos inerentes à determinada obra, simplificando a execução e otimizando a utilização de materiais e da mão-de-obra, bem como a subsequente manutenção (SEBRAE, 1995).

As etapas do processo de compatibilização estão representadas na FIG. 2.13. O maior ou menor grau de confiabilidade neste processo é razão diretamente proporcional à habilidade do gerenciamento de projetos.

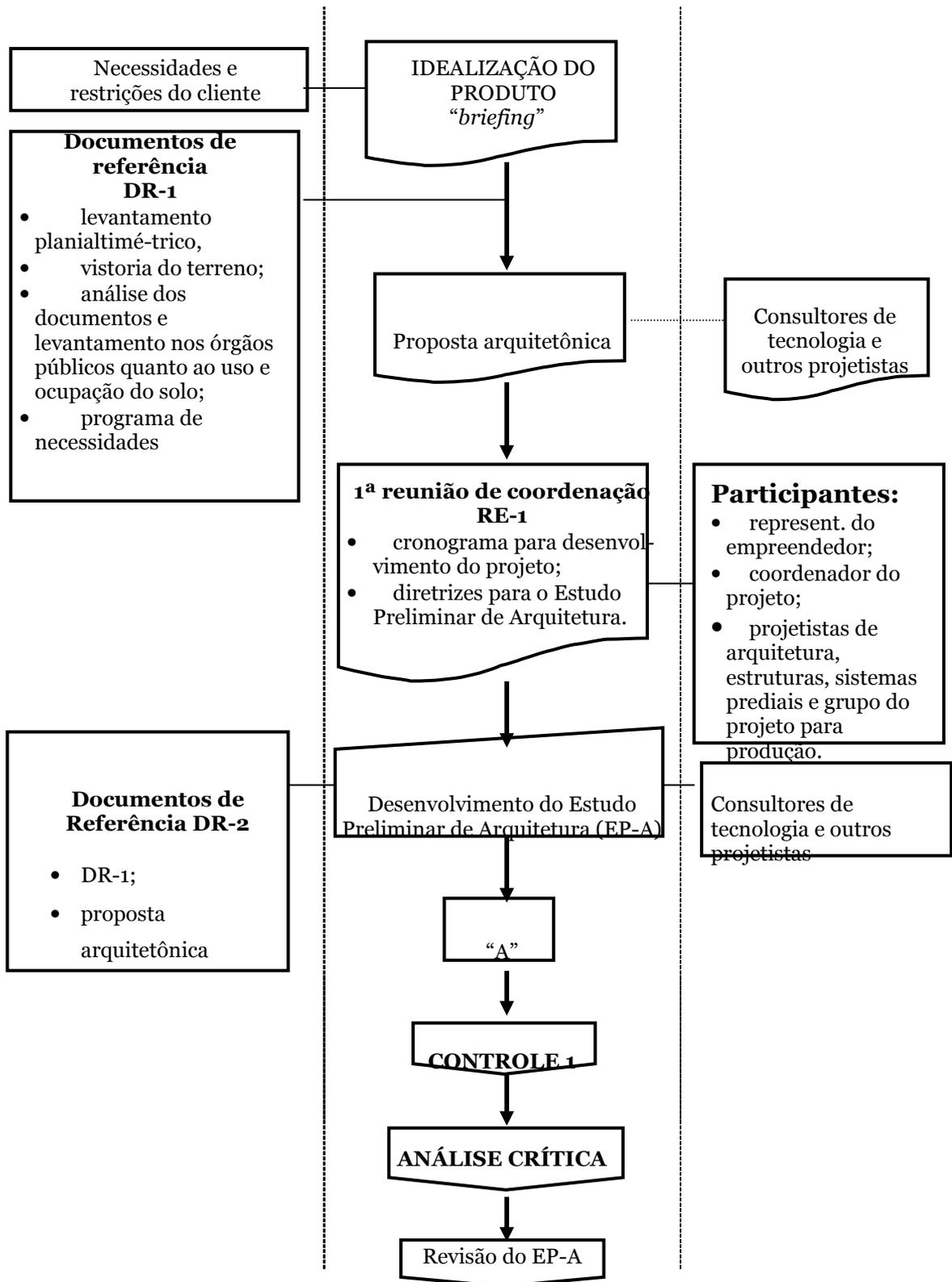
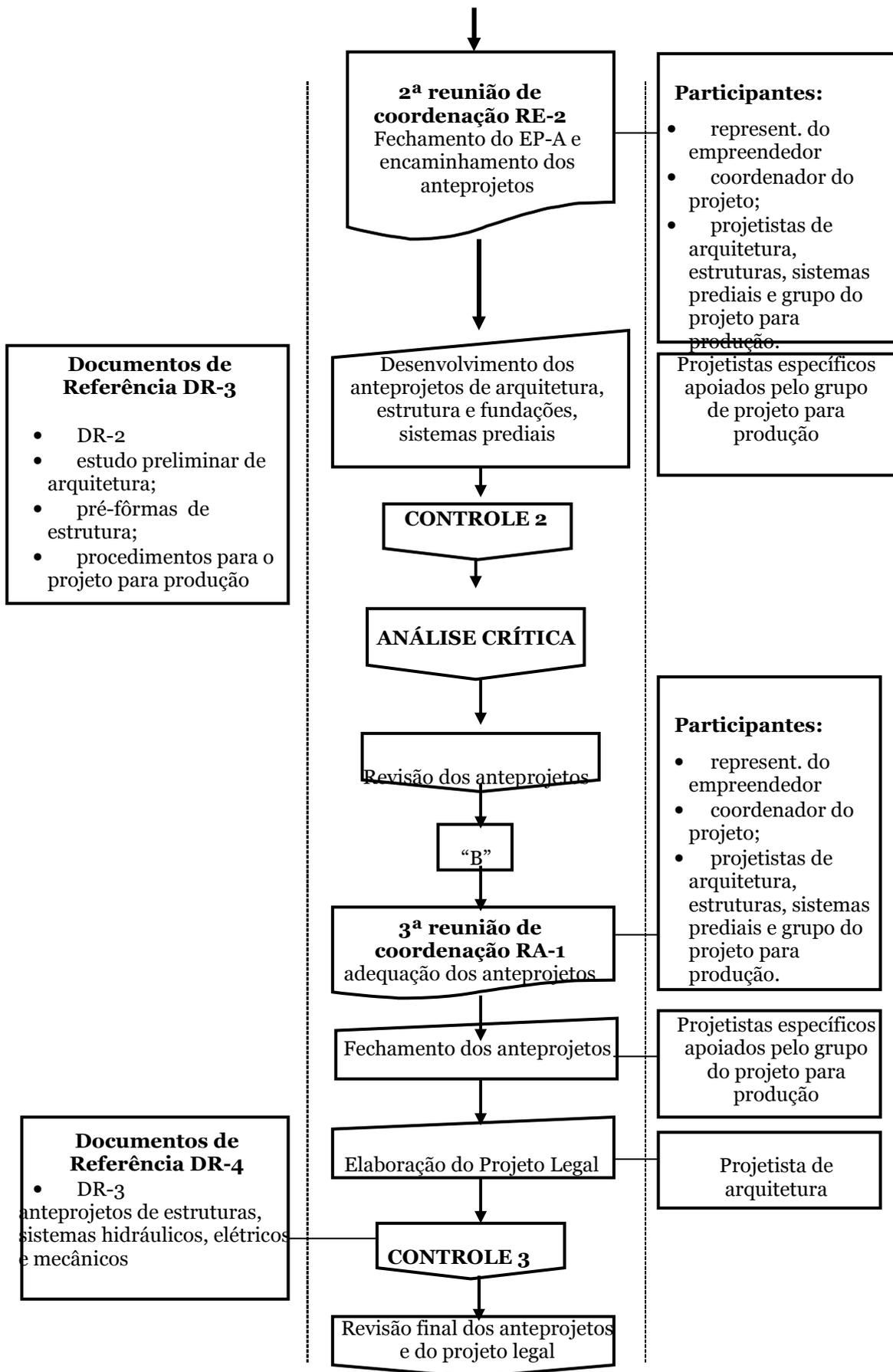
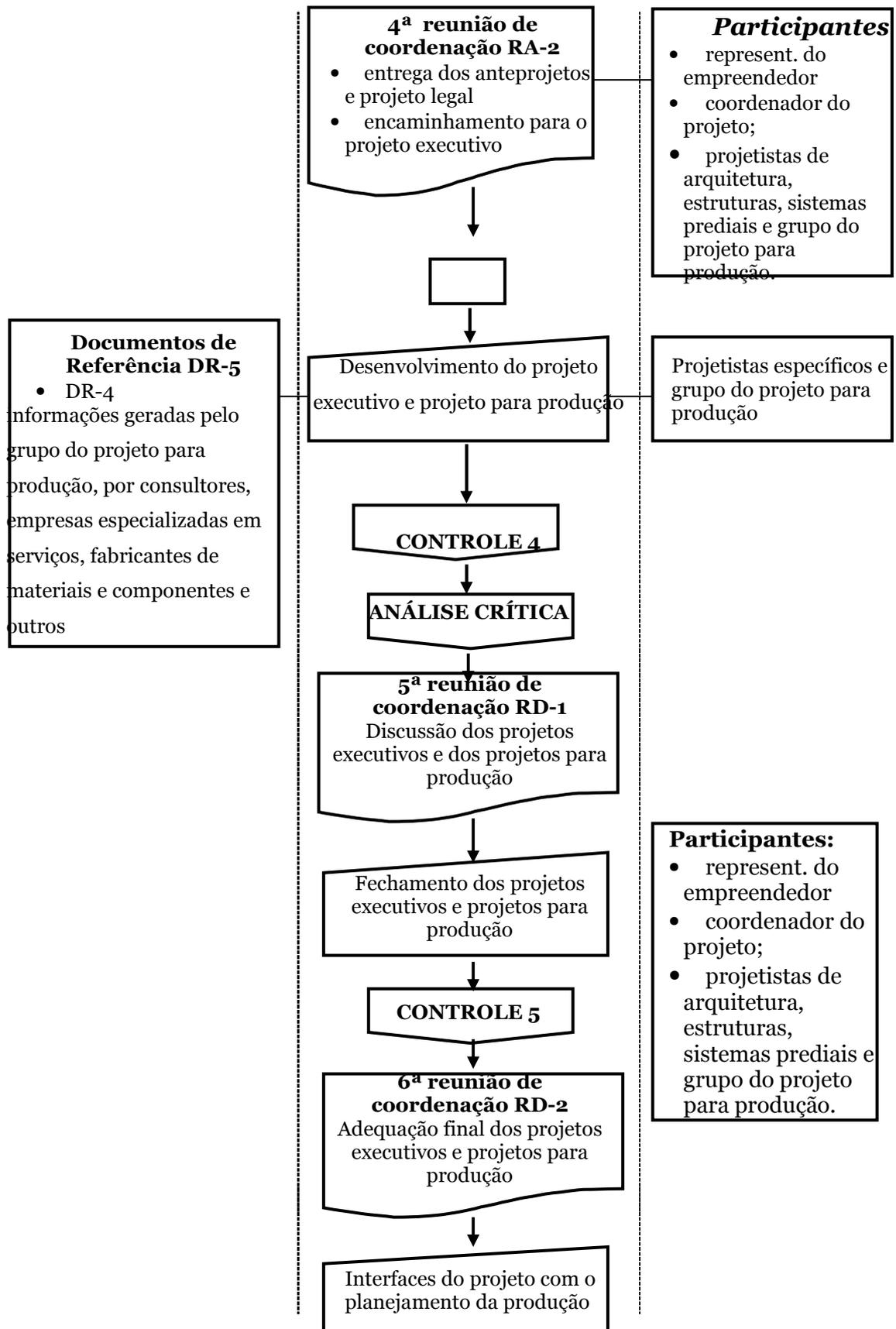


FIGURA 2.13 – Fluxograma para elaboração de projetos (continua)



**FIGURA 2.13 – Fluxograma para elaboração de projeto (continua)**  
 Fonte: MELHADO et al., 1995.



**FIGURA 2.13 – Fluxograma para elaboração de projeto (modificado)**  
 Fonte: MELHADO et al., 1995.

Os projetos e os serviços de engenharia devem estar voltados à busca de soluções inovadoras de produtos e processos que atendam diferencialmente às necessidades dos clientes e usuários. Portanto, é essencial analisar as raízes dos problemas para que estes possam ser eliminados e para que as empresas possam caminhar juntas com os avanços que surgem a cada dia. Desta forma, a utilização de uma metodologia de análise de falhas na etapa de elaboração de projetos garantirá a qualidade do produto, bem como de todas as etapas do processo de execução.

## **2.5 Análise de falhas**

### **2.5.1 Introdução**

A garantia da qualidade no desenvolvimento de produtos e processos envolve um enfoque de toda a análise e estabelecimento de contra-medidas a falhas potenciais, ou seja, problemas que ainda não ocorreram mas que estão embutidos no próprio modelo de produção.

Desta forma, torna-se conveniente o emprego de procedimentos analíticos formais visando uma estrutura lógica preestabelecida para detecção e estabelecimento de planos de ação frente a essas falhas. É nesse contexto de design review que inserem-se os métodos de análise de falhas discutidos na presente seção.

### **2.5.2 Confiabilidade**

A confiabilidade é um parâmetro que deve ser incorporado na fase de elaboração de projeto, com o objetivo de analisar a capacidade de um sistema, seu desempenho e o poder de avaliação do produto final. O nível de confiabilidade deve passar por todas as etapas do processo de produção. Quanto mais próximo da fase de desenvolvimento se iniciar este procedimento, maiores as probabilidades de adquirir a confiabilidade e a satisfação dos clientes, pois

quanto mais complexo for o sistema, mais difícil se torna alcançar a confiabilidade nas etapas finais (HELMAN & ANDERY, 1995).

Nos casos onde a confiabilidade foi implantada, houve maior controle durante todo o processo de produção, controle nas especificações exigidas pelo projeto tendo, desta forma, condições de acompanhar todo o ciclo de vida do sistema.

Para KAPUR (1997), a efetividade é freqüentemente usada para descrever a capacidade total de um sistema em realizar sua missão ou desempenhar sua função pretendida. É definida como a probabilidade de sucesso de um sistema em responder a uma demanda operacional dentro de um determinado período de tempo, quando operando sob condições específicas. Para os produtos direcionados ao consumo, a efetividade de um sistema está relacionada à satisfação dos clientes.

O mesmo autor afirma que a confiabilidade é um dos maiores atributos que determina a efetividade de um sistema, sendo influenciada pelo caminho em que um sistema é projetado, manufaturado, utilizado e mantido. Conseqüentemente é a função de todas as atividades do ciclo de vida bem como as características de adequação do projeto, medidas de desempenho, segurança, confiabilidade, qualidade, produtividade, manutenção e utilidade.

### **2.5.3 *Design review* (KAPUR , 1997)**

O *design review* é uma revisão documentada e formal de um sistema de projeto, conduzido por um comitê constituído por um grupo sênior de uma companhia e se estende por todas as fases do desenvolvimento de um produto, ou seja, desde a etapa de projeto, confiabilidade, produção, materiais, análise, fatores humanos, segurança, logística até a manutenção. Em todas essas etapas o trabalho deve ser documentado para que as informações atualizadas possam ser passadas para as etapas posteriores.

Os objetivos específicos do *design review* devem ser declarados e relacionados com o objetivo global, isto é, alcançar o projeto máximo de um produto é ter um melhor controle sob o ponto de vista da confiabilidade, desempenho, função, custo, aparência e outras exigências do cliente.

Para a implantação do *design review*, deve ser formado um comitê constituído por um presidente, com conhecimento técnico de todas as atividades envolvidas, amplo entendimento das exigências de projeto e que tenha, principalmente, um bom relacionamento com todos os integrantes da equipe. A equipe deve ser constituída por um gerente (engenheiro de projeto) para que dê suporte ao presidente e pessoas envolvidas nas áreas de engenharia, produção, *marketing*, compra, confiabilidade, controle de qualidade e orçamento.

Os comentários introdutórios do presidente devem estabelecer uma tonalidade e um clima construtivo para a reunião, cabendo a ele encaminhar o sumário formal e documentado com todas as informações necessárias para análise do grupo. O engenheiro de projeto tem como função aceitar ou reivindicar as idéias incorporadas ao documento e retorná-las ao presidente para que este faça uma análise final e apresente as ações a serem tomadas. A formação desta equipe é fundamental para o alcance da confiabilidade em todas as etapas de desenvolvimento e durante o processo de produção.

Para o sucesso da formalização do documento do *design review*, deve ser incorporado um detalhamento da estrutura de gerenciamento e vários conceitos, pois, todos estes fatores são importantes para garantir a confiabilidade do processo de produção. Com este procedimento documentado e formalizado, torna-se mais fácil analisar em qual etapa do processo de desenvolvimento ocorre a falha e sua causa e, a partir daí, se consegue alcançar o objetivo desejado no produto final.

O encontro deverá seguir uma sistemática preparada, antecipadamente, fazendo uso de um *check list* para que nenhuma consideração importante seja

esquecida. O *check list* é baseado em experiências anteriores de projetos, produção e utilização. Alguns itens devem ser considerados pelos participantes durante as revisões, tais como:

- a. qualidade dos produtos definida pelos clientes;
- b. análise das expectativas e necessidades dos clientes;
- c. revisão de desempenho do cliente e as exigências do meio;
- d. documentação das informações;
- e. alteração das especificações para o aumento da confiabilidade;
- f. simplificação do projeto;
- g. análise de projetos e componentes;
- h. conferência de todas as interfaces do subsistema para problemas de falhas;
- i. análise potencial dos modos de falhas, efeitos e índice de risco;
- j. análise preventiva dos piores casos.

A simplificação na configuração do sistema contribui para a melhoria da confiabilidade e para a redução dos modos de falhas. A confiabilidade alcançada pode ser melhorada com a introdução de métodos e planos para detecção e impedimento de falhas como a análise das partes e componentes e por uma lista de manutenção periódica.

Por haver certa dificuldade na implantação de uma manutenção preventiva este procedimento deve ser considerado como uma etapa de projeto, conseguindo, desta forma, alcançar a efetividade e aumentar a confiabilidade do produto.

É neste contexto que a metodologia da Análise dos Modos e Efeitos das Falhas (FMEA), será de extrema importância para identificar todos os modos de falhas potenciais concebíveis e determinar o efeito de cada uma no desempenho do sistema. É um documento formal que serve:

- a. para padronizar os procedimentos;
- b. como um termo de documentação histórica;
- c. como base para melhoria futura.

A FMEA consiste de uma seqüência de etapas lógicas como um componente ou nível baixo de um subsistema. A análise assume um ponto de vista da falha e identifica todos os modos potenciais de falhas acompanhados de um agente causativo, no qual é designado o mecanismo de falha. O efeito de cada modo de falha é, então, traçado no nível superior do sistema. A avaliação é baseada na probabilidade de ocorrência, gravidade e detecção. Quando houver altos índices na avaliação, algumas ações a serem tomadas, como mudanças de projeto serão recomendadas para a redução do índice de criticidade.

O uso correto do FMEA resulta:

- a. na melhoria da confiabilidade do produto através da antecipação de problemas e instituição de correções anteriores à fase de produção;
- b. em uma melhoria na validade dos próprios métodos analíticos através de uma documentação rigorosa.

Um estudo mais detalhado desta ferramenta será apresentado a seguir.

#### **2.5.4 FMEA - Análise dos modos e efeitos das falhas**

A técnica Análise dos Modos e Efeitos das Falhas, conhecida como FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) foi desenvolvida a quatro décadas com a finalidade de encontrar a qualidade e confiabilidade nos programas aeroespaciais da NASA. Posteriormente esta técnica foi utilizada em indústrias através das exigências pelos clientes. Na década de 80, grandes corporações começaram a exigir dos fornecedores a FMEA de seus produtos e nos anos 90 a FMEA tornou-se um pré-requisito para a certificação da série QS 9000, hoje considerada ISO 9000 (International Organization for Standardization). Esta norma torna obrigatória a utilização da FMEA na revisão de projetos de produtos e processos, através de procedimentos específicos normalizados (JAKUBA, 1997).

Entre as situações contratuais previstas pela norma ISO 9001 está aquela em que o contrato requer especificamente a documentação correspondente à concepção do produto e desenvolvimento do processo. Estabelecidas as

especificações do produto, a norma prevê que seja feita uma verificação do projeto, incluindo uma análise de falhas e seus correspondentes efeitos. Esta verificação deve confirmar que os dados resultantes do projeto cumpram as exigências estabelecidas, por meio de atividades de controle do projeto, tais como: “*realização e registro de análises críticas do projeto*” (JAKUBA, 1997). É neste contexto que torna-se útil a ferramenta de análise de falhas, em especial a FMEA.

HELMAN & ANDERY (1995) definem a FMEA como uma atividade formal, estruturada, aplicada no desenvolvimento de um projeto, produto, processo, software, desenvolvimento de uma idéia e no desenvolvimento organizacional, usada para identificar todos os possíveis modos potenciais de falha (problemas que ainda não aconteceram, mas que estão embutidos nos distintos projetos) e determinar o efeito de cada uma sobre o desempenho do sistema, mediante um raciocínio basicamente dedutivo.

Existem vários tipos de FMEA, mas, o mais conhecido é o FMEA Tabular que se divide em duas versões, o *Project Design FMEA*, ou simplesmente *Design FMEA* e o Processo de Projeto FMEA, ou simplesmente Processo FMEA (JAKUBA, 1997).

Para o autor, o *Project Design FMEA*, ou *Design FMEA* identifica as áreas dos problemas potenciais que exigem maior consideração em termos de projeto, análise ou teste. Este procedimento implementa os *inputs*<sup>15</sup> de projeto que são usados pela produção, qualidade, confiabilidade, serviço, marketing, fornecedores, clientes e outros, associados a projeto de produto e desenvolvimento, como engenharia, teste e análise. O processo FMEA é aplicado à produção e identifica a área do problema potencial que requer mais análise e que influencia na repetitividade de um processo.

---

<sup>15</sup> Entende-se por *inputs* como entradas de dados ou informações em um sistema

A FMEA é, portanto, um método analítico padronizado para detectar e eliminar problemas potenciais de forma sistemática e completa. Na FMEA, raciocina-se de “baixo para cima”: parte da análise específica de cada uma das etapas do processo, verificando todos os modos potenciais de falha e seus efeitos sobre o processo como um todo, ou seja, os pontos problemáticos são enfocados a partir das causas, raciocinando na direção dos efeitos e de que maneira elas afetam os níveis superiores do sistema. Desta forma, esta análise permite, segundo HELMAN & ANDERY (1998):

- a. reconhecer o potencial de falha de cada etapa e avaliar a sua repercussão no processo, encarado de maneira global e sistêmica;
- b. hierarquizar as falhas, pela determinação de um índice de risco atribuído a cada uma: as falhas que apresentarem maiores índices de risco serão objetos de plano de ação específicos;
- c. documentar o trabalho de garantia de qualidade em projetos.

De acordo com os mesmos autores algumas advertências práticas devem ser tomadas quando da implantação da ferramenta de Análise de Falhas, como:

#### **2.5.4.1 Escolha dos primeiros temas de análise**

HELMAN & ANDERY (1998) afirmam existir algumas ferramentas da qualidade que apresentam resultados rápidos em projetos de curto prazo, como PDCA-MASP (Plan, Do, Check, Action - ) e ferramentas de solução de problemas, mas isso não ocorre com a utilização da FMEA, pois, este método necessita de uma análise mais profunda e criteriosa. Conforme explicado anteriormente, a FMEA identifica as áreas dos problemas potenciais que requerem maior análise e que influenciam na repetitividade de um processo e analisa cada uma das etapas, verificando todos os modos de falha, suas causas e seus efeitos sobre o processo, ou seja, os pontos problemáticos são enfocados com a finalidade de detectar o índice de ocorrência, gravidade, o grau de detecção e de que maneira estes índices afetam os níveis superiores do sistema. Desta forma visa eliminar os problemas que já ocorreram, tornando o processo mais eficiente.

Os autores afirmam também que, pelo fato desta ferramenta exigir um resultado a longo prazo, é necessário que a equipe tenha uma certa persistência quanto à sua aplicação. Embora essas ferramentas de análise de falhas possam ser usadas na solução de uma ampla gama de problemas, recomendam a utilização desses métodos, em equipes ainda não familiarizadas com sua utilização, como nos seguintes casos:

- a. em processos (ou etapas dos mesmos) sobre os quais a equipe de trabalho tenha um excelente domínio da tecnologia nele envolvida;
- b. em processos padronizados e submetidos a controle estatístico, sobre os quais se disponha de critérios objetivos (fatos e dados) para análise de falhas, em especial a existência de relatórios de anomalias ou não-conformidades. Nesses processos tornar-se-á viável a implementação de planos de ação, com introdução de contra-medidas à ocorrência de falhas;
- c. em processos que possam ser objeto de estudos mais aprofundados, sem a pressão do tempo ou a existência de problemas que necessitem ser imediatamente solucionados.

Normalmente, a implantação de uma nova metodologia requer disponibilidade de tempo e recursos financeiros e o envolvimento de toda a equipe, até que se conclua a implantação. Portanto, não é recomendável a utilização dessa ferramenta quando houver pressão nos aspectos relacionados à custos e soluções imediatas.

#### **2.5.4.2 Formação de equipes de trabalho**

Para o sucesso da implantação da FMEA em uma empresa, deve ser formada uma equipe multidisciplinar e multi-hierárquica, com grande domínio técnico em relação ao objeto de análise. É recomendável que na coordenação esteja uma pessoa com visão global de todo o processo, vivência na área, autoridade suficiente para coordenar os projetos de melhoria e autonomia para resolver todos os problemas, pois, caso eles surjam, ela possa identificar qual etapa será afetada. Sua participação não deve inibir os demais participantes, tendo, portanto, autoridade suficiente para coordenar os projetos de melhoria.

A necessidade desta equipe multidisciplinar e multi-hierárquica, é a troca de informações e conhecimentos, onde cada um saiba entender bem quais são seus objetivos, suas regras e obrigações para que cheguem a um consenso, pois uma das propostas da FMEA é a boa comunicação entre as pessoas. Estas informações têm que ser concisas, claramente documentadas e organizadas pelo grupo. É importante a participação de pessoas envolvidas com outras etapas da cadeia cliente-fornecedor, ou seja, processos que ora são “fornecedores” ora “clientes” do objeto de análise.

### **2.5.4.3 Coleta de dados**

A entrada de dados deve ser devidamente analisada para que nenhuma consideração importante seja esquecida, pois, é aí que se encontra o sucesso da ferramenta. As formas nas quais os dados são analisados e padronizados dentro de uma companhia servem como parâmetro para a revisão de outros produtos e processos similares, permitindo assim, a redução de custos e retrabalho. As informações contidas nos relatórios mostram como as mudanças devem ser incorporadas durante o desenvolvimento e o ciclo de vida do produto ou processo (HELMAN & ANDERY,1998).

Para que a análise de falhas seja ampla e criteriosa, *todas* as informações relevantes devem ser reunidas sobre o processo em questão, destacando-se:

- a. planos de fabricação;
- b. fluxograma do processo;
- c. padrões técnicos de operação;
- d. normas pertinentes;
- e. procedimentos de solução de problemas (“*trouble shooting*”);
- f. mapas de alocação de itens de controle e itens de verificação;
- g. procedimentos de ensaios e inspeção;
- h. relatórios sobre a capacidade do processo, obtidos a partir das ferramentas de CEP;
- i. FMEA realizado anteriormente em processos similares;
- j. relatórios de anomalias (não conformidades).

Os relatórios de anomalias são de grande utilidade na elaboração da FMEA, principalmente quando acrescido de informações obtidas diretamente pelos clientes e consumidores finais dos produtos. As perguntas básicas que são feitas em uma análise via FMEA segundo HELMAN & ANDERY (1995) são:

- a. Que tipos de falhas são observadas?
- b. Que etapas do processo são afetadas?
- c. Qual a repercussão da falha no produto final?
- d. Como preveni-la?
- e. Que ações corretivas foram ou podem ser tomadas?

As falhas que obtiverem maiores índices de risco serão priorizadas e a elas serão aplicadas medidas preventivas. Uma vez utilizada a FMEA, haverá uma redução de custos em análises posteriores.

#### **2.5.4.4 Dificuldades na implementação da Análise de Falhas**

##### **a. Visão burocrática do emprego de FMEA**

A utilização da FMEA não se baseia ao mero preenchimento de um formulário, de uma maneira superficial e burocrática, e sim em um preenchimento com informações precisas e objetivas, onde serão categorizadas e documentadas as considerações importantes. Este não deverá ser encarado como um formulário feito apenas para agradar aos clientes, pois isso criaria uma imagem falsa a respeito desta ferramenta.

##### **b. Visão “reducionista” da aplicação da ferramenta**

O fato das análises serem baseadas em informações dedutivas, não implica que o trabalho seja uma atividade inútil, pois é fundamentado na experiência de profissionais e contribui fortemente para o sucesso da ferramenta. A FMEA exige uma análise mais profunda do processo, e é por esse motivo, que o

formulário não deve ser preenchido superficialmente, pois a efetividade das melhorias ficaria comprometida.

### **c. Treinamento inadequado**

Todos os integrantes do grupo devem ser treinados antecipadamente em procedimentos mais simples, cabendo a cada um entender seus objetivos, regras, procedimentos e capacidade de expressar suas opiniões. Na FMEA as pessoas devem estar acostumadas a pensar “no que poderia dar errado”, ao passo que, normalmente, pensam exatamente o contrário, “como vamos fazer para dar certo”.

### **d. Tempo insuficiente para a execução**

Nas fases iniciais para a implantação da FMEA, é necessário o apoio administrativo, não pelo fato de ser uma ferramenta complexa, e sim por exigir análises mais profundas. Portanto, os grupos devem ter tempo suficiente para revisar todos os procedimentos e documentá-los, e, principalmente, para que os trabalhos sejam conduzidos em conformidade. Os grupos de trabalho devem estabelecer mecanismos para assegurar que as providências e recomendações resultantes das análises sejam efetivamente incorporadas aos processos.

A ferramenta de análise de falhas pode ser útil na revisão de processos, pois apresenta características favoráveis às atividades de *design review*, como o elevado nível de padronização e automação, e razoável conhecimento de parâmetro desses processos. O fato da necessidade dos processos passarem por “filtros”, ou seja, uma busca sistemática no sentido “do que pode dar errado e nós não sabemos”, contribui para o desempenho do sistema. Desta forma, o emprego desta ferramenta atenderá aos propósitos simultâneos de auditoria e melhoria contínua dos processos em operação.

Em empresas nas quais o emprego da FMEA encontra-se em fase mais avançada, essa retroalimentação, que leva a modificações nos processos, se dá

de maneira contínua, e é uma atividade absorvida pela própria “cultura empresarial”. Pesquisas atuais revelam que o emprego sistemático dessa ferramenta tem conduzido a excelentes resultados no que diz respeito à melhoria da confiabilidade dos processos.

### **2.5.5 Estudo nos moldes da FMEA**

HELMAN & ANDERY (1995) relatam que para se iniciar um estudo nos moldes da FMEA, deve-se selecionar um item a ser analisado e verificar qual a sua função no sistema. Para gerar o formulário, este item selecionado deverá ser analisado a partir de seu desempenho no sistema, verificando todas as interfaces e analisar o que ocasionou a falha. Na FMEA, as falhas são analisadas a partir dos níveis decrescentes até o nível mais alto exigido pelo processo.

#### **Diretrizes:**

- a. a análise deverá ser iniciada no nível mais baixo do sistema, analisando todos os detalhes e o desempenho do componente no sistema;
- b. o nível de estudo será o nível que o componente se encontrar contendo todas as informações e descrições;
- c. os resultados obtidos a partir deste nível de análise serão utilizados para determinar o desempenho do nível subsequente;
- d. a FMEA exige que um componente do sistema que apresentar alto nível de falha deve ser mais detalhado para aumentar a confiabilidade no sistema;
- e. o baixo nível de detalhamento só pode ser feito para componentes que apresentam baixo nível de falhas e não influenciam outros níveis do sistema.

#### **2.5.5.1 Modos de falhas**

O modo de falha é a maneira na qual um componente não atende às especificações do projeto ou às necessidades dos clientes. Devem ser identificados todos os modos de falha, e estes devem ser descritos e analisados individualmente. HELMAN & ANDERY (1995), definem modo de falha como sendo “*os eventos que levam, associados à eles uma diminuição parcial ou total da função do produto e de suas metas de desempenho*”.

### **2.5.5.2 Causa das falhas**

A próxima etapa a ser analisada é a causa da falha. Um modo de falha pode ter mais do que uma causa e todas as possíveis causas podem ser independentes, e esta deve ser analisada no nível inferior que se encontrar. Para HELMAN & ANDERY (1995), “*Causa da Falha são os eventos que geram o aparecimento do modo de falha. Estas devem ser descritas de tal maneira que possam ser propostas ações corretivas ou preventivas*”.

### **2.5.5.3 Efeito das falhas**

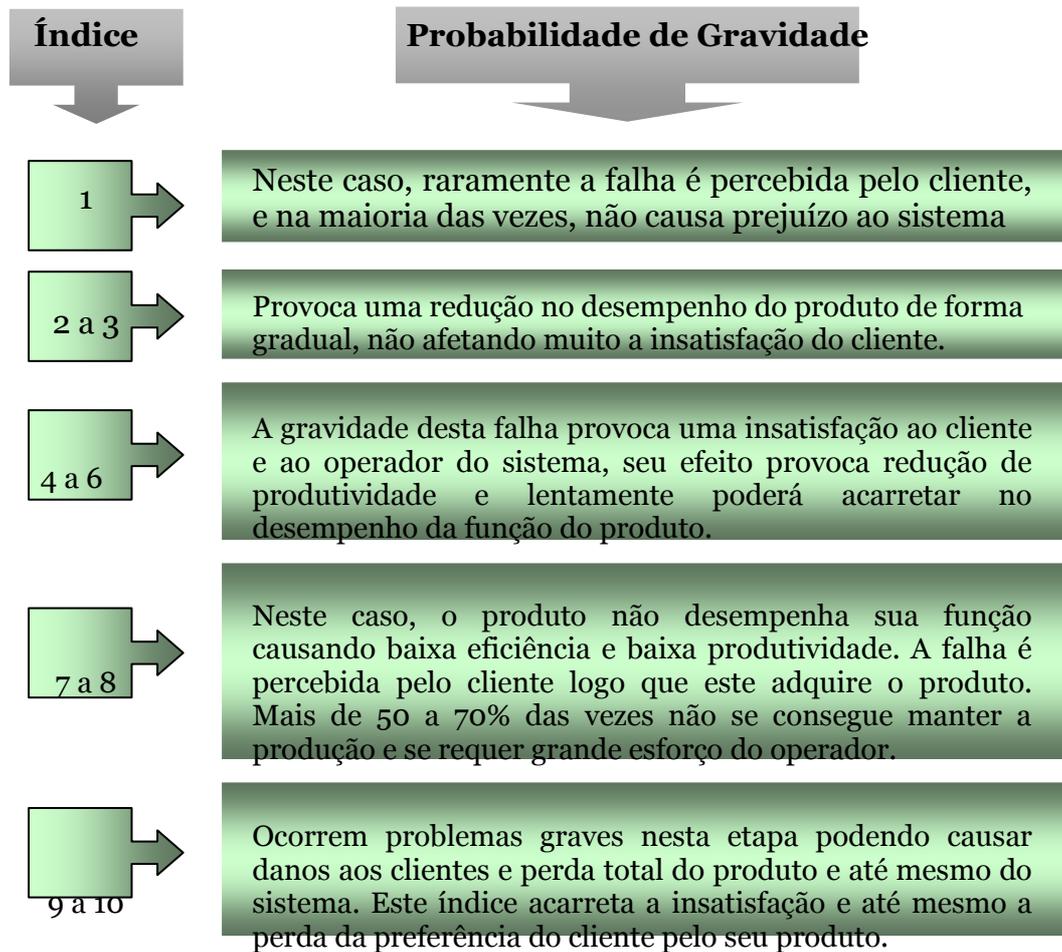
HELMAN & ANDERY (1995) entendem por “efeito das falhas” *as conseqüências que estas falhas causam ao sistema*. Portanto, estas devem ser identificadas e registradas para um estudo mais pormenorizado para que possa ser analisada sua origem. Este estudo deve ser baseado tanto no nível superior como no nível inferior do sistema, para que a falha realmente seja eliminada.

### **2.5.5.4 Controles atuais**

Segundo os autores são medidas de controle que permitem prevenir a ocorrência de falhas, gravidade e detecção, procurando evitar que esta chegue ao cliente. Com a análise baseada nestes índices, as falhas são hierarquizadas e aplicadas contra-medidas à elas.

### **2.5.5.5 Índice de gravidade**

De acordo com os mesmos autores, índice de gravidade é definido como sendo *aquele que reflete a gravidade do efeito da falha sobre o cliente*. A atribuição do índice de gravidade deve ser analisada pelo efeito, verificando o quanto pode incomodar o cliente. Uma falha pode ter vários índices de gravidade e vários efeitos que serão analisados de acordo com o transtorno que esta irá causar. A avaliação das conseqüências que o cliente sofre são analisadas pelos seguintes critérios (FIG. 2.14).



**FIGURA 2.14 - Critérios de avaliação de gravidade**

### 2.5.5.6 Índice de ocorrência

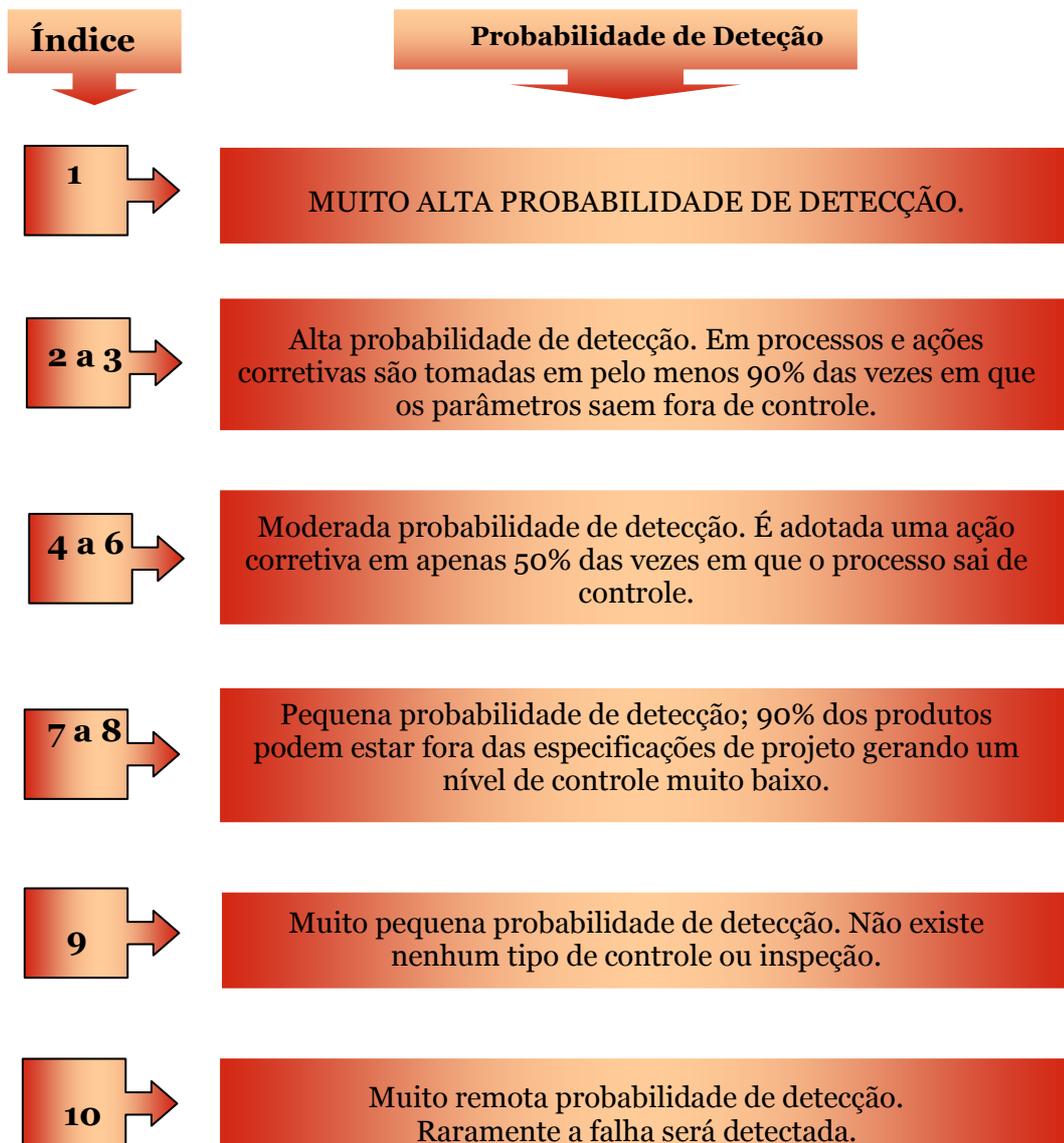
HELMAN & ANDERY (1995) afirmam que a probabilidade de ocorrência é obtida através de uma análise quantitativa de ocorrência da falha no sistema. É definida através de cada modo de falha analisado em certo intervalo de tempo obtido através do desempenho do produto. Os critérios para verificar a probabilidade de ocorrência devem ser definidos em termos qualitativos e quantitativos, conforme indicação a seguir:



**FIGURA 2.15 - Critérios de avaliação de ocorrência**

### 2.5.5.7 Índice de detecção

É o índice que avalia a probabilidade de detecção da falha antes que o produto chegue ao cliente. Através da análise de detecção é adotada uma ação específica para evitar a ocorrência desta falha, de forma a não causar insatisfação ao cliente. Os índices apresentados na FIG. 2.16 indicam a possibilidade de detecção segundo, HELMAN & ANDERY (1995):



**FIGURA 2.16 - Critérios de avaliação de detecção**

### 2.5.5.8 Análise de risco ou de criticidade

A análise de risco ou criticidade é obtida através do produto dos três índices descritos acima, ocorrência, gravidade e detecção. As falhas que obtiverem maiores índices de risco serão hierarquizadas e a elas será feito um plano de ação estabelecendo medidas preventiva (HELMAN & ANDERY, 1995).

Os autores esclarecem que uma falha com alto índice de gravidade não terá, necessariamente, alto índice de risco, pois a mesma pode ter baixa probabilidade de ocorrência. O mesmo ocorre se um modo de falha estiver com alto índice de detecção e baixo índice de ocorrência. Em ambos os casos o modo de falha terá baixo índice de risco. Esta é a maneira mais fácil de hierarquizar as falhas e fazer uma análise preventiva.

#### **2.5.5.9 Ações preventivas recomendadas**

As ações preventivas recomendadas pelos autores servirão para estabelecer contramedidas para as falhas com alto grau de criticidade, mas nem sempre são aplicadas por razões técnicas ou financeiras.

#### **2.5.5.10 Ações preventivas adotadas**

Através da análise das ações recomendadas é feita uma seleção para verificar quais ações serão adotadas. Os critérios de seleção são baseados pelo custo ou pela factibilidade de sua implementação.

No presente trabalho será utilizada uma reestilização da FMEA aplicada à compatibilização de projetos em obras de construção civil, conforme apresentado no estudo de caso.

### 3. METODOLOGIA DE PESQUISA

#### 3.1 Introdução

Antes de apresentar a estratégia de pesquisa e as etapas de procedimento para elaboração de um modelo auxiliar à compatibilização de projetos baseado na ferramenta análise de falhas, será descrita a metodologia de pesquisa aplicada.

Segundo Thiollent (1996), a metodologia lida com a avaliação de técnicas de pesquisa e com a geração ou a experimentação de novos métodos que remetem aos modos efetivos de captar e processar informações e resolver diversas categorias de problemas teóricos e práticos da investigação. Este processo, por sua vez, foi guiado pela metodologia de pesquisa-ação.

Oliveira e Oliveira (1983) definem a metodologia de pesquisa-ação como:

*“uma proposta político-pedagógica que busca realizar uma síntese entre o estudo dos processos de mudança social e o envolvimento do pesquisador na dinâmica da mesma destes processos. Adotando uma dupla postura de observador crítico e de participante ativo, o objetivo do pesquisador será colocar as ferramentas científicas de que se dispõe a serviço do movimento social com que está comprometido”.*

A metodologia de pesquisa-ação apresenta algumas técnicas adequadas à captação de informações como: a observação participante, o questionário e as entrevistas individuais.

Durante a pesquisa, procurou-se confirmar na prática a proposta para solução de um problema real das empresas relacionadas à elaboração de projetos. Este processo, por sua vez, foi guiado pela metodologia de pesquisa-ação.

Para o mesmo autor, “a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou

com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo”<sup>16</sup>. Além do objetivo de conhecimento, tem-se um objetivo prático que é o de resolver ou pelo menos esclarecer esses problemas. Na pesquisa-ação as informações são obtidas em situações interativas, de modo que as formas de argumentação e raciocínio são bastante flexíveis.

Além dos objetivos relacionados à solução prática dos problemas das pessoas e de produção da ciência social, Susman & Evered (1978) acrescentam um terceiro e muito importante objetivo, qual seja, o da capacitação dessas pessoas para solução de problemas.

O método ou técnica de observação participante pode ser definido por Lindeman & Kluckhohn como uma importante técnica de coleta de dados, tais como o questionário e a entrevista. SCHWARTZ & SCHWARTZ concebem a observação participante não só como um instrumento de captação de dados mas, também, como instrumento de modificação do meio pesquisado, ou seja, de mudança social.

CICOUREL (1969) define a observação participante como:

“um processo no qual a presença do observador numa situação social é mantida para fins de investigação científica. O observador está em relação face a face com os observados, e, em participando com eles em seu ambiente natural de vida, coleta dados. Logo, o observador é parte do contexto, sendo observado, no qual ele ao mesmo tempo modifica e é modificado por este contexto”.

A definição de SCHWARTZ & SCHWARTZ aceita não só a presença constante do observador no contexto observado como a interação face a face com pré-requisitos da observação participante, já constantes das definições anteriores. Estes autores incorporam, entretanto, quatro aspectos novos:

---

<sup>16</sup> THIOLENT, 1996, p. 14

o fato de que a observação participante tem como finalidade a coleta de dados; esclarecimentos sobre o papel do observador, que pode ser revelado ou encoberto, formal, ou informal, parte integral ou periférica quanto à estrutura social; referências ao tempo necessário para que a observação se realize, o que pode acontecer em um espaço de tempo curto como longo; chamam a atenção para o papel ativo do observador enquanto modificador do contexto e, ao mesmo tempo, como receptáculo de influências do mesmo contexto observado.

Sendo assim, a observação participante pode ser considerada como a técnica de captação de dados menos estruturada nas ciências sociais. Ela não supõe nenhum instrumento específico para direcionar a observação, tal como um questionário ou um roteiro de entrevista, e por esta razão, a responsabilidade de seu sucesso pesa quase que inteiramente sobre os ombros do observador salvo, obviamente, naqueles aspectos que são fontes de vieses e que emanam do exterior, ou seja, da própria situação da observação (inibições provocadas pela presença de um estranho ao meio, o pesquisador, por exemplo).

A entrevista pode ser definida como um processo de interação social entre duas pessoas na qual uma delas, o entrevistador, tem por objetivo a obtenção de informações por parte do outro, o entrevistado. As informações são obtidas através de um roteiro de entrevista constando de uma lista de pontos ou tópicos previamente estabelecidos de acordo com uma problemática central e que deve ser seguida. O processo de interação contém quatro componentes que devem ser explicitados, enfatizando-se suas vantagens, desvantagens e limitações. São eles:

o entrevistador;

o entrevistado;

a situação da entrevista;

o instrumento de captação de dados ou roteiro de entrevista.

Como instrumento de coleta de dados, a entrevista, como qualquer outro instrumento, está submetida aos cânones do método científico, um dos quais é a busca de objetividade, ou seja, a tentativa de captação do real, sem contaminações indesejáveis nem da parte do pesquisador nem dos fatores externos que possam modificar aquele real original.

Na entrevista a fonte de viés se localiza tanto nos fatores externos ao observador, tais como o próprio roteiro e o entrevistado, como na situação interacional entre entrevistador e entrevistado. Estes últimos, irão influir na forma e no conteúdo da entrevista, exercendo ora papel de coator seletivo, ora o de coator omitivo na construção do instrumento formal de captação de dados, o roteiro da entrevista.

A quantidade de informações obtidas, sobretudo, através da observação participante é tão grande que a própria escolha das variáveis significativas se torna problemática.

O observador de campo pode alocar motivos e/ou intenções com maior chance de validade pela oportunidade que tem de contrastar ideais afirmados com comportamentos, podendo descrevê-los na forma como eles se lhes impõem, para futura colaboração ou modificação.

O volume de observações que um pesquisador absorve durante a observação participante é tão grande, que parte delas é considerada insignificante. Entretanto, à proporção que ele cria uma certa distância entre elas e a si próprio, descobre, muitas vezes, que elas são de grande valia.

O trabalho foi desenvolvido seguindo os passos preconizados para a metodologia de pesquisa-ação participante, especificamente buscando-se atender ao objetivo proposto que é o de apresentar um novo procedimento, baseado na ferramenta análise de falhas, como procedimento auxiliar à compatibilização de projetos detalhados e necessários à construção civil.

De acordo com DEMO (1985 : 126) a pesquisa participante pode ser definida como: um processo de pesquisa no qual a comunidade participa na análise de sua própria realidade, com vistas a promover uma transformação social em benefício dos participantes.

GIANOTTEN E DE WITH (1985) apresentam sete características que definem a pesquisa participante. São elas:

1. a investigação não pode aceitar a distância tradicional entre sujeito e objeto de pesquisa, por isso deve-se buscar a participação ativa da comunidade em todo o processo da investigação;
2. a comunidade tem um acúmulo de experiências vividas e de conhecimentos; existe, portanto, um saber popular que deve servir de base para qualquer atividade de investigação em benefício dela. É a comunidade que deve ser o sujeito da investigação em benefício sobre sua própria realidade;
3. a pesquisa participante estabelece assim um nova relação entre teoria e prática, entendida esta última como a ação para a transformação;
4. o processo de pesquisa participante considera a si mesmo como parte de uma experiência educativa que serve para determinar as necessidades da comunidade e para aumentar a consciência;
5. a pesquisa participante é um processo permanente de investigação e ação. A ação cria a necessidade de investigação. A pesquisa participante nunca será isolada da ação, desde que não trate de conhecer por conhecer;
6. a participação não pode se efetivar sem um nível adequado de organização, ou seja, as ações devem ser organizadas;
7. a pesquisa participante necessita da presença de uma organização que gera a ação, uma vez que a ação em última instância é uma ação política. É a organização que caracteriza o esforço da pesquisa como um trabalho de assessoria.

LE BOTERF (1985) também apresenta algumas características da pesquisa participante, como:

1. a escolha dos problemas a serem estudados não se efetua a partir de um conjunto de hipóteses previamente estabelecidas pelos pesquisadores, mas tem sua origem nas situações sociais concretas que os pesquisadores que participam do processo de pesquisa querem estudar e resolver. A tarefa dos pesquisadores consiste em auxiliar os grupos interessados a formular e analisar os problemas que estes mesmos desejam estudar;
2. existe entre pesquisa e a ação uma interação permanente. A produção de conhecimento se realiza através da transformação da realidade social. A ação é a fonte do conhecimento e a pesquisa constitui, ela própria, uma ação transformadora. A pesquisa-ação realiza a unidade dialética entre a teoria e a prática. Através da pesquisa, produzem-se conhecimentos que são úteis e relevantes para a prática social e política;
3. a pesquisa-ação intervém em situações reais. Trata-se de um trabalho com grupos reais com as limitações e recursos existentes, na sua real grandeza, não nas condições artificiais em que se dá, por exemplo, a maioria das experiências de dinâmica de grupo oriundas da corrente psicossociológica;
4. a intervenção se dá numa escala relativamente restrita. Essa limitação voluntária da área de ação deve permitir um controle melhor do processo e uma avaliação mais rigorosa dos resultados obtidos. Esta característica é acompanhada, aliás, de hipótese (implícita ou explícita) e da possibilidade de generalização dos resultados e do processo a uma escala mais ampla;
5. a pesquisa participante se coloca a serviço dos grupos ou categorias sociais mais desprovidas e exploradas. Ela busca não somente desencadear ações suscetíveis de melhorar as suas condições de vida, mas também desenvolver a capacidade de análise e resolução dos problemas que enfrentam ou com os quais convivem cotidianamente.
6. a pesquisa-ação consiste num processo educativo. Ao participar do próprio processo da pesquisa e da discussão permanente dos resultados obtidos, os pesquisados podem adquirir um conhecimento mais objetivo de sua situação, assim como analisar com maior precisão os seus problemas, descobrir recursos de que dispõem e formular ações pertinentes;
7. os 'pesquisados' participam não apenas da discussão dos resultados da pesquisa, mas, sobretudo, do processo desta.

Segundo BUDD (1981, citado por DEMO 1985), a pesquisa-participante tem como características:

- a. “o problema se origina na comunidade ou no próprio local de trabalho;
- b. a finalidade última da pesquisa é a transformação estrutural fundamental e a melhoria de vida dos envolvidos;
- c. a pesquisa participante envolve o povo no local de trabalho ou a comunidade no controle do processo inteiro da pesquisa;
- d. a ênfase da pesquisa-participante está no trabalho com uma larga camada de grupo explorados ou oprimidos;
- e. é central para a pesquisa-participante o papel de reforço à conscientização do povo de suas próprias habilidades e recursos, e o apoio à mobilização e à organização;
- f. o termo ‘pesquisador’ pode referi-se tanto à comunidade ou às pessoas envolvidas no local de trabalho, como àqueles com treinamento especializado;
- g. embora aqueles com saber-treinamento especializado muitas vezes provenham de fora da situação, são participantes comprometidos e aprendizes num processo que conduz mais à militância que ao distanciamento”.

A metodologia da pesquisa-participante, coerente com os pressupostos teóricos e epistemológicos que informam, difere em vários sentidos da pesquisa convencional:

- a. o objeto da pesquisa deve ser definido pela população interessada, considerada “pesquisadora”, mediante a assessoria de um ou vários investigadores profissionais de fora da área, comprometidos com a causa popular;
- b. os pesquisadores profissionais devem tomar conhecimento da realidade na qual vão trabalhar através de estudos prévios, dados secundários e entrevistas com lideranças locais;
- c. a equipe de pesquisa é composta dos pesquisadores profissionais e da população interessada ou seus representantes;

- d. o planejamento da pesquisa é elaborado pela equipe mista;
- e. os objetivos da investigação são definidos pela população interessada a partir dos temas que são prioritários para ela;
- f. não existe uma fase de “trabalho de campo” como na pesquisa tradicional, mas uma geração de conhecimento dentro da ação da pesquisa onde os pesquisadores profissionais e população interessada se beneficiam mutuamente da experiência uns dos outros;
- g. em alguns casos são usadas as técnicas de coleta de dados da pesquisa convencional, como o questionário, a observação participante e a entrevista;
- h. a análise dos dados é feita através de técnicas “dialogais” com a participação de todos;
- i. quando apenas alguns representantes da comunidade se incorporam à pesquisa, a equipe procede à “devolução” dos resultados através de reuniões amplas, onde se espera um efeito de *feedback* para a validação dos dados e onde “técnicas simples” de comunicação são utilizadas;
- j. propostas de ação são definidas em função das necessidades da população.

Uma outra estrutura para orientação da pesquisa-ação é apresentada por Thiollent (1996). Nesta abordagem, são descritos o ponto de partida da pesquisa, denominado “fase exploratória”; a parte final (quando da divulgação dos resultados) e alguns temas intermediários. Estes temas intermediários seguem, de certa forma, uma seqüência temporal. São eles: o “tema da pesquisa”; a “colocação dos problemas”; o “lugar da pesquisa”; as “hipóteses”; o “seminário”; o “campo de observação, amostragem e representatividade qualitativa”; a “coleta de dados”; a “aprendizagem”; o “saber formal/informal” e o “plano de ação”.

A fase exploratória é praticamente um diagnóstico inicial do meio a ser estudado, onde são estabelecidos os primeiros contatos com os interessados, identificadas as expectativas, os problemas, as eventuais ações, as características do grupo, a coleta das informações disponíveis etc. Após o levantamento de todas as informações, as pessoas envolvidas devem determinar

os principais objetivos da pesquisa. Além disso, deve-se também avaliar a viabilidade de uma intervenção do tipo pesquisa-ação na situação em questão. Nesta fase são também estabelecidas as condições iniciais da pesquisa, no âmbito da estratégia metodológica e da divisão das tarefas entre os pesquisadores e da forma de colaboração entre pesquisadores e participantes. Na presente pesquisa, a fase exploratória não foi previamente estruturada.

“O tema da pesquisa é a designação do problema prático e da área de conhecimento a serem abordados”<sup>17</sup>, podendo ser definido num campo bem delimitado. Na pesquisa-ação o tema deve ser de interesse dos pesquisadores e dos participantes. Sendo assim, a problemática a ser estudada e o enfoque são determinados a partir de um processo de discussão entre ambos, para que a pesquisa seja organizada em torno da busca de soluções. Além da formulação descritiva do tema, há também uma formulação de caráter normativo para a orientação das ações. Após definido, o tema da pesquisa deve identificar as áreas de conhecimento relevantes e ser inserido num marco teórico, dentro do qual um marco específico direcionará a pesquisa. A partir desse momento, a progressão do conhecimento teórico ocorrerá paralelamente à resolução dos problemas práticos. No caso específico desta investigação, foram os problemas provenientes a incompatibilização de projeto bem como da utilização da metodologia análise de falhas, em particular a FMEA, para o tratamento e organização da informação. Esta foi a base teórica que deu sustentação à construção do conhecimento necessário à solução da problemática.

A colocação dos problemas a serem resolvidos na pesquisa-ação - problemas de ordem prática - ocorre juntamente com a definição dos temas e objetivos. A partir da análise e delimitação da situação inicial, determina-se uma situação final desejada. São identificados, então, os problemas a serem resolvidos que permitirão alcançar essa situação final. De acordo com Thiollent (1996), “uma problemática pode ser considerada como a colocação dos problemas que se

---

<sup>17</sup> THIOULENT, 1996, p. 50

pretende resolver dentro de um certo campo teórico e prático”<sup>18</sup>. Durante a investigação, o desdobramento do problema identificado inicialmente permitiu a definição mais objetiva da problemática a ser resolvida e a visualização de uma situação pós-pesquisa, ou seja, após a realização das ações para a solução desses problemas.

Como já mencionado anteriormente, a pesquisa deve ser organizada dentro de uma problemática e com um referencial teórico relacionado à situação. Para Thiollent (1996), “o papel da teoria consiste em gerar idéias, hipóteses ou diretrizes para orientar a pesquisa e as interpretações”<sup>19</sup>. Portanto, a discussão teórica deve ser objeto de cuidado dos pesquisadores por vários motivos. Deve-se ter a preocupação de tornar esse processo acessível aos demais participantes da pesquisa, como também não se devem construir teorias a partir apenas das informações coletadas e interpretadas a nível local da pesquisa. Essas informações devem ser interpretadas à luz de uma teoria. Este processo foi viabilizado pela apresentação das informações de caráter teórico feita pelo pesquisador aos participantes, através de um seminário. O enfoque deste seminário foi no compartilhamento e discussão dessas informações.

“Uma hipótese é simplesmente definida como suposição formulada pelo pesquisador a respeito de possíveis soluções a um problema colocado na pesquisa, principalmente ao nível observacional ... a partir de sua formulação, o pesquisador identifica as informações necessárias, evita a dispersão, focaliza determinados segmentos do campo de observação, seleciona dados etc.”<sup>20</sup>

Desta forma, a formulação de hipóteses vai depender de fatores tais como o marco teórico referencial, os insights que surgem durante a pesquisa, as analogias feitas com problemas anteriores, entre outros. Sob forma de diretriz (no plano normativo), a hipótese é utilizada para direcionar as ações, a coleta de informações e as técnicas de coleta a serem utilizadas, com aspectos estratégicos

---

<sup>18</sup> THIOLENT, 1996, p. 53

<sup>19</sup> THIOLENT, 1996 p. 55

<sup>20</sup> THIOLENT, 1996, p. 56

e táticos. No caso específico desta pesquisa, a hipótese para solução do problema foi formulada a partir do diagnóstico inicial e refinada ao longo do processo. Esta formulação prévia da hipótese foi de grande valia para o direcionamento do levantamento de informações e das ações tomadas durante a investigação.

Após o consenso entre pesquisadores e projetistas sobre os objetivos e a problemática da pesquisa, normalmente constitui-se grupos que irão conduzir todo o processo

Na pesquisa-ação, a coleta de dados necessários ao andamento da pesquisa é feita por grupos formados por pesquisador e participantes. Dentre as principais técnicas utilizadas estão as entrevistas individuais e os questionários. Quanto à concepção destes instrumentos de coleta de dados, THIOLENT (1996) salienta a importância dos elementos explicativos associados à obtenção da informação. É a partir de suas explicações que os respondentes exercem um papel ativo na pesquisa. Um outro importante aspecto a respeito dos questionários consiste no fato de que “o processamento adequado sempre requer uma função argumentativa dando relevo e conteúdo social às interpretações”<sup>21</sup>. No caso da presente pesquisa, as informações levantadas foram provenientes de duas fontes: interna e externa à empresa. Deste modo, as informações obtidas com os profissionais relacionados com a elaboração de projeto foram coletadas mediante entrevistas com as pessoas, em particular, com os arquitetos, calculistas, projetistas de instalações, etc.. Para o levantamento das informações externas, foram feitas entrevistas estruturadas a partir da definição prévia de itens a ser avaliados em 2 empresas e com os profissionais relacionados execução das obras.

A aprendizagem, tanto por parte dos participantes quanto dos pesquisadores, é uma consequência natural do processo de investigação através da pesquisa-ação, devido a suas características participativas. A necessidade de gerar, utilizar e fazer circular as informações; de elucidar e tomar decisões; de

orientar, investigar e discutir possíveis ações, bem como a colaboração temporária de especialistas externos propicia em muito a aprendizagem. Estes vários fatores, inerentes à pesquisa-ação, facilitam bastante esse processo.

O correto relacionamento do saber formal dos especialistas com o saber informal dos participantes comuns é de grande importância dentro da pesquisa-ação. Segundo Thiollent (1996), “o participante comum conhece os problemas e as situações nas quais está vivendo, (...) quando existem condições para sua expressão, o saber popular é rico, espontâneo, muito apropriado à situação local. (...) Por sua vez, o saber do especialista é sempre incompleto, não se aplica satisfatoriamente a todas as situações”<sup>22</sup>. Desta forma, o pesquisador deve estabelecer uma forma de comunicação e intercompreensão com os possuidores do saber informal.

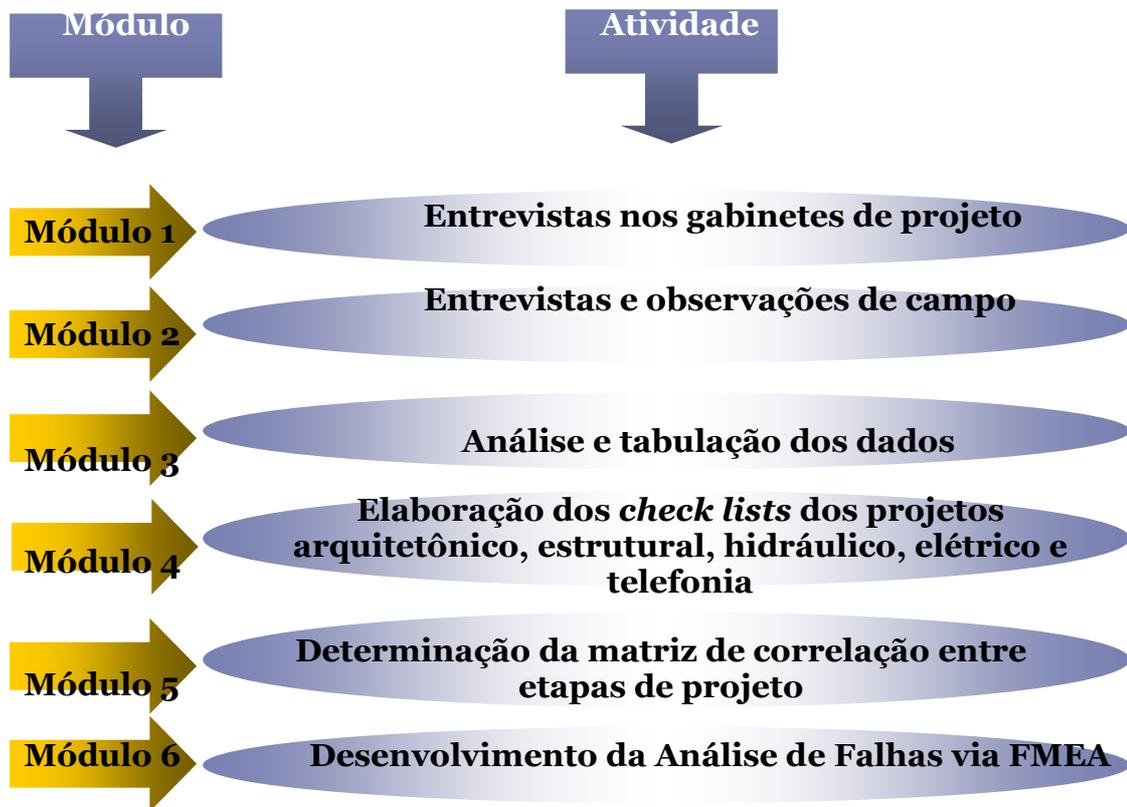
### **3.2 Estratégia de pesquisa**

Os procedimentos metodológicos utilizados para o levantamento de dados necessários constituiu-se de: (a) aplicação de questionário, previamente elaborado, em escritórios de projetos mediante o desenvolvimento de entrevistas estruturadas e direcionadas aos responsáveis pelos departamentos de projeto; (b) visitas às obras prediais, com o objetivo de avaliar “in situ” os problemas ocasionados pela não compatibilização prévia dos projetos, mediante entrevista estruturada e tendo como alvo a captação das informações prestadas pelos engenheiros construtores, mestres de obra, encarregados de produção (concreto, forma, armação, alvenaria, instalações e acabamentos); (c) numa visão global o trabalho foi assentado na sua divisão em seis módulos, cobertos ao longo de oito meses, conforme pode ser observado na FIGURA 3.1.

---

<sup>21</sup> THIOLENT, 1996, p. 65

<sup>22</sup> THIOLENT, 1996, p. 67-68



**FIGURA 3.1 - Relação dos módulos constituintes da metodologia de pesquisa**

Foram os seguintes princípios básicos que nortearam o desenvolvimento da metodologia de trabalho adotada:

- as informações a serem levantadas e obtidas junto aos profissionais, que atuam no âmbito da elaboração dos projetos necessários à construção de edifícios, deveriam permitir quantificar e auxiliar o quadro atual das etapas de desenvolvimento dos projetos adotadas pelas empresas, enfocando o aspecto prático em detrimento do grande academicismo que comumente tem debilitado alguns trabalhos de pesquisa;
- que a metodologia de análise proposta fosse simples de ser aplicada e estivesse integralmente adaptada à realidade brasileira;
- que a metodologia aquinhoasse a flexibilidade necessária, ou seja, fosse um procedimento visado por várias empresas, em níveis distintos de profundidade, atendendo a pequenas, médias e grandes construtoras, bem como departamentos da função pública, especializados em projetos;

- d. que o enfoque do trabalho fosse voltado à construtibilidade, facilitando e viabilizando a construção cada vez mais enxuta e isenta de desperdícios;
- e. que a linha de orientação fosse a do “*lean thinking*”, voltada para a minimização de tarefas não produtivas e buscando otimizar o fluxo de informações.

A seguir, será detalhada a metodologia utilizada visando contextualizar a metodologia de pesquisa.

### **3.3 Etapas de procedimento**

#### **3.3.1 Entrevistas**

A construção da problemática central desta dissertação foi baseada na demanda detectada nas entrevistas iniciais com os responsáveis pela elaboração de projetos; arquitetos, calculistas, projetistas de instalações, de sondagem, etc.

Inicialmente, foi elaborado um questionário constituído de três partes (Anexo A). Na primeira procurou-se analisar o que é necessário para elaborar um projeto, quais as etapas de elaboração, como é a sistemática de trabalho de cada um destes profissionais e se existe uma padronização quanto ao trabalho de cada um. No segundo momento foram analisados os problemas provenientes de erros de projetos, procurando saber se a informática tem contribuído para a sua diminuição, quais os problemas enfrentados por cada profissional e quais itens de outros projetos que poderiam afetar os demais. Na terceira e última parte da entrevista, foi analisado como é o relacionamento com os outros projetistas, o que poderia mudar na maneira com que normalmente é tratada a coordenação de projetos (quando houver) e como é vista a execução de obras fora do Brasil.

Participaram desse programa cinco empresas de projeto de arquitetura, três de projeto estrutural, quatro de projetos de instalações hidráulicas, elétricas e telefonia, duas de fundações, uma de combate a incêndio, uma de luminotecnica, uma de paisagismo, duas de arquitetura de interiores, três de instalações de ar condicionado e duas construtoras e incorporadoras, além de consultores da área

de qualidade, todos atuantes no subsetor de edificações no Estado de Minas Gerais (Anexo B).

Após a pesquisa com os profissionais de escritórios de projetos, pôde-se perceber que a coordenação foi apontada como essencial para alcançar as metas propostas, devendo ser delegada a um profissional com grande experiência em obras e que tenha uma visão abrangente sobre as várias especialidades de projeto. Contudo, acredita-se que as empresas tenham dificuldade de selecionar profissionais com este perfil e que esta é uma atividade problemática que deve ser melhorada.

### **3.3.2 Observações de campo**

Na pesquisa-ação, os limites do campo de observação prática devem ser objeto de discussão entre o pesquisador e os interessados. A questão da amostragem e da representatividade deve ser colocada quando se tratar de um campo de grandes proporções, o que não vem a ser o caso do presente trabalho.

Além de um questionário básico respondido pelos profissionais de escritórios de projeto, foram feitas visitas em uma obra de grande porte. A empresa se mostrou disposta a fornecer os dados necessários, permitindo o contato da pesquisadora com os vários níveis hierárquicos.

As observações de campo se deram em três etapas, pelo fato de as informações necessárias não terem sido detectadas inicialmente. A primeira etapa da pesquisa foi realizada com o responsável pela coordenação de projetos, tendo-se notado que o mesmo não estava a par de todos os problemas ocorridos na obra pelo ritmo de execução que esta se encontrava. Tratando-se de uma obra de grande porte e que funcionava em três turnos, percebeu-se que os problemas que chegavam ao setor de coordenação não retratavam a realidade.

Detectou-se a necessidade de procurar mais informações em campo com cada engenheiro responsável<sup>23</sup> analisando quais os problemas que as pessoas tinham no trabalho, que lhes dificultava a execução de suas tarefas. Como ainda assim fossem insuficientes as informações obtidas, optou-se pela entrevista com cada encarregado e detecção dos problemas de uma maneira mais informal. Nesta etapa da entrevista, sentiu-se certa dificuldade em obter as informações, porque as pessoas envolvidas só passaram a falar mais abertamente quando souberam que as mesmas seriam usadas para um projeto de pesquisa da Universidade e não para o conhecimento da construtora.

Durante as diversas etapas de execução, observaram-se problemas de compatibilização entre os protejo de arquitetura x estrutura, estrutura x instalações hidráulicas, instalações elétricas x instalações de ar condicionado, instalações hidráulicas x instalações de ar condicionado, instalações elétricas x instalações de combate a incêndio.

A seguir são apresentados alguns exemplos de incompatibilização entre projetos verificados nas obras e que acarretaram modificações não previstas, retrabalho e/ou utilização de soluções que implicaram em uma clara diminuição da funcionalidade dos edifícios.

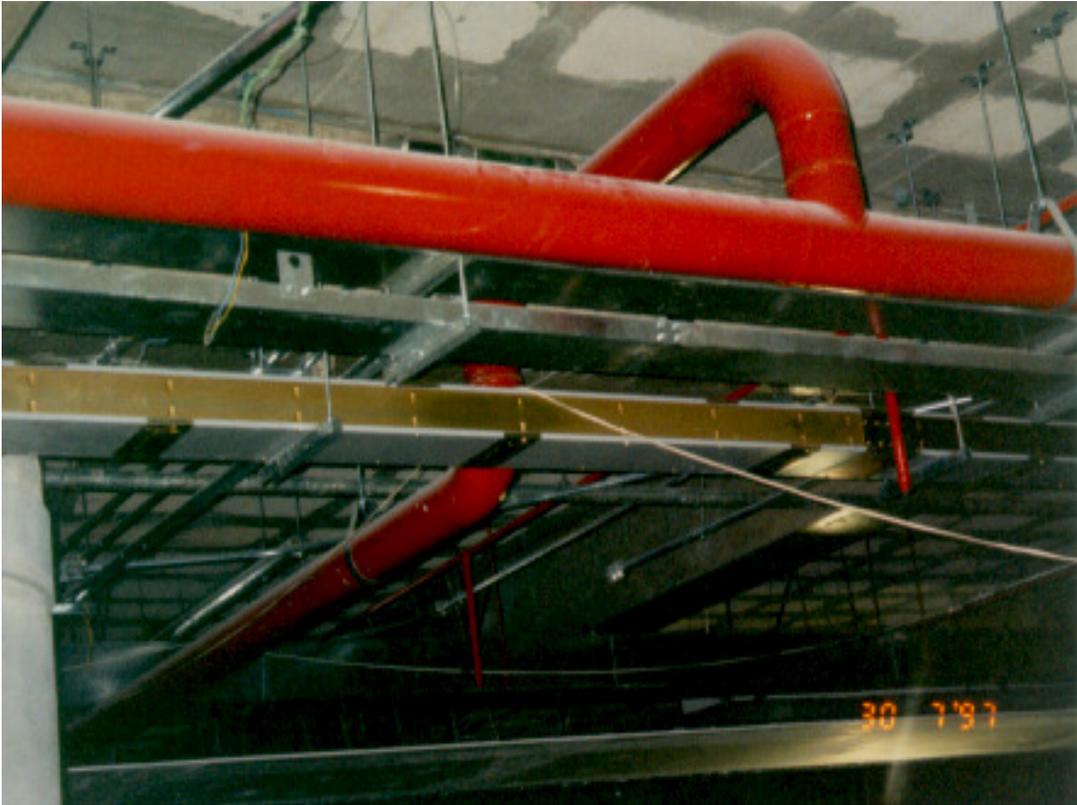
---

<sup>23</sup> Como era uma obra de grande porte, haviam sete engenheiros responsáveis pela execução.



**FOTO 3.2 – INCOMPATIBILIZAÇÃO ENTRE O PROJETO ESTRUTURAL E O PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO**

Na Figura 3.2 percebe-se a necessidade de execução de um engrossamento na base do pilar, devido à falta de previsão no projeto estrutural de um rebaixo no mesmo para uma perfeita adaptação ao sistema de impermeabilização adotado.



**FOTO 3.3 – INCOMPATIBILIZAÇÃO ENTRE O PROJETO HIDRÁULICO E O PROJETO DE COMBATE A INCÊNDIO**

Pode-se observar na Figura 3.3 a interferência do projeto de incêndio com o elétrico, provocando a criação de um desvio não previsto de tubulação de incêndio com relação à eletrocalha.

O resultado obtido foi que os problemas não chegavam ao setor de coordenação de projetos pelo fato dos entrevistados na segunda e terceira etapas (engenheiros e encarregados respectivamente) acharem que a solução demoraria a ser encontrada, pois a coordenadora teria que contatar os projetistas<sup>24</sup> para fazer as devidas alterações, e estes teriam que se reunir para estudar a melhor solução a ser adotada para o problema. Como se sentiam

---

<sup>24</sup> Muitos projetistas não eram do mesmo estado em que a obra se encontrava, alguns do RJ, outros de SP e até mesmo do ES.

peessoas experientes, eles próprios resolviam os problemas da maneira que achavam mais conveniente sem atrasar o cronograma da obra.

Deve-se ressaltar que o objetivo da análise em campo era levantar os pontos problemáticos ocasionados por erros de projeto e os problemas das pessoas no dia-a-dia de seu trabalho, havendo um direcionamento em busca de falhas, mal-entendimentos e interferências entre os distintos projetos, bem como das soluções que estavam sendo adotadas. Este procedimento se deu de maneira superficial, pois o objetivo era apenas provar que existem falhas ocasionados por interferência entre projetos.

A partir dos dados obtidos nas entrevistas e em campo, foi feita uma análise e dado seguimento ao projeto de pesquisa.

### **3.3.3 Análise e tabulação dos dados**

Neste item são apresentados os dados do estudo de caso realizado junto a um grupo de 35 profissionais de 20 empresas, incluindo escritórios de projeto, construtoras e incorporadoras no ramo de edificações de Belo Horizonte.

É importante destacar que os dados da pesquisa foram tabulados, estratificados e analisados por uma equipe de engenheiros e consultores, no âmbito da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, permitindo desenvolver e aplicar uma metodologia a projetos de edifícios. Adicionalmente, foi feita uma ampla pesquisa na literatura, envolvendo a análise de experiências passadas de compatibilização de projetos e visando, especialmente, a determinação dos diversos itens de cada tipo de projeto que podem interferir nos demais.

Discutidas e aprovadas as diretrizes propostas e com o objetivo de fazer uma análise mais simplificada devido ao tempo disponível, a mesma equipe optou por estudar mais detalhadamente os cinco principais projetos envolvidos em

uma obra de edificações: arquitetura, estrutura, instalações hidráulicas, elétricas e telefonia, visando analisar os principais pontos de interferência.

A coleta de dados das entrevistas e das observações de campo objetivaram objetivando uma melhor compreensão do impacto das decisões tomadas diante aos problemas de interferência entre os distintos projetos. Ao final ficam documentadas as boas e também as más impressões, evitando-se repetir erros anteriormente cometidos pelos projetistas.

#### **3.3.4 Estabelecimento de uma lista de verificação de tópicos de projeto**

Coletados e analisados os dados, elaborou-se um conjunto de propostas que foram formalizadas através da edição de um documento denominado check list (Anexo C). Este documento inclui os distintos tópicos de cada tipo de projeto e informações a serem verificadas em cada uma das etapas de projeto objetivando auxiliar a empresa construtora na contratação de projetistas e no controle da qualidade dos projetos.

Isto se refere ao controle da qualidade durante o processo de elaboração, exercido pelos próprios projetistas, pela coordenação de projeto, e ao controle de recebimento de projeto (PINI, 1995). No anexo C são apresentados *check-lists* dos cinco tipos de projetos analisados.

#### **3.3.5 Determinação de uma matriz de correlação**

após elaboração dos check lists foi feito um feedback com os profissionais afim de validar as informações obtidas inicialmente e para que os mesmos pudessem selecionar os principais tópicos do check list que poderiam interferir nos demais.

Uma vez determinados todos os itens de cada tipo de projeto que seriam considerados, foram elaboradas matrizes de correlação entre os principais tópicos dos vários tipos de projeto. Entende-se por correlação a possibilidade de um item de um projeto, uma vez definido, interferir com um item de outro tipo de projeto.

Assim sendo, pode-se observar na TABELA 3.1 a matriz de correlação entre o projeto arquitetônico e o projeto estrutural.

Na TABELA 3.2 observa-se a correlação entre o projeto arquitetônico e o projeto de instalações hidráulicas. Já a correlação entre o projeto arquitetônico e o de instalações elétricas pode ser visualizado na TABELA 3.3, e o projeto arquitetônico com o projeto de telefonia é mostrado na TABELA 3.4.

São apresentadas nas TABELAS 3.5, 3.6 e 3.7 a correlação entre o projeto estrutural e, respectivamente, o projeto de instalações hidráulicas, elétricas e o de telefonia.

Já a correlação entre o projeto de instalações hidráulicas com o de instalações elétricas e de telefonia, é mostrada, respectivamente, nas TABELAS 3.8 e 3.9.

Finalmente, visualiza-se na TABELA 3.10 a correlação entre e o projeto elétrico e o projeto de telefonia.

Nestas matrizes de correlação apresentadas, os itens relacionados nas linhas e colunas correspondem aos tópicos necessários ao desenvolvimento dos diversos projetos considerados, extraídos de uma síntese das etapas referenciadas nos check lists constantes do Anexo C. Baseado no fato de que dez níveis de dependência referenciado na literatura é exagerado para este caso, na medida em que a sua escolha baseia-se em um carácter dedutível, optou-se por utilizar apenas 4 níveis.

Portanto, nas matrizes mencionadas os números existentes nas interseções entre linhas e colunas indicam o índice de correlação entre os tópicos de um projeto com os tópicos do outro projeto. Obedeceu-se a seguinte convenção:

3 = correlação alta;

2 = correlação média;

1 = correlação baixa;

0 = correlação inexistente.

As matrizes foram preenchidas pelos profissionais entrevistados e pela equipe de engenheiros e consultores da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Cada matriz foi preenchida por cinco profissionais de áreas distintas e o resultado foi obtido a partir da média, arredondando-se para o inteiro mais próximo, independente de sua fração.

Uma vez estabelecidas essas correlações, alguns pares de itens dos projetos que envolvem correlações altas (índices 3) foram objeto de uma análise de falhas, nos moldes da FMEA, o que correspondeu à terceira etapa do procedimento proposto.

**TABELA 3.1**  
***ARQUITETURA x ESTRUTURA***

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	
<i>Descrição</i>	Data de entrega das várias etapas de projeto	Normas de apresentação gráfica	Materiais e sistemas construtivos existentes na região	Tipo de estrutura do edifício	Tipo de laje	Previsão de rebaixo na laje com sua localização e dimensão	Previsão de flexibilidade futura (ex. retirada de parede)	Tipo de estrutura da escada	Tipo de alvenaria a ser utilizada	Tipo de concreto a ser utilizado	Tipo de junta de dilatação	Lançamento da estrutura no esboço aprovado pelo cliente da planta do pavimento tipo	Pré-dimensionamento desta estrutura	Lançamento da estrutura de níveis	Dimensionamento dos elementos estruturais	Planta de forma	Planta de locação de pilares e mapa de carga	Armadura de todos os elementos estruturais	
A1	Data de entrega das várias etapas de projeto	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
A2	Planta de situação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	Indicação da Estrutura	2	1	2	3	3	1	1	3	1	1	1	3	2	2	2	2	2	2
A4	Cotas parciais e totais dos pavimentos	1	1	2	3	3	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1
A5	Indicação dos níveis de piso acabado	1	1	2	3	3	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
A6	Indicação da função e da área do ambiente	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	3	3	2	2	2	3	2
A7	Indicação de forros, rebaixos e projeções	1	1	3	3	3	3	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
A8	Layout com todo o mobiliário	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9	Tabela com indicação dos revestimentos e acabamentos	1	1	3	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
A10	Indicação de vagas de garagem	0	1	0	3	3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1
A11	Existência de opções de plantas nos pavimentos	3	1	2	3	3	1	3	1	1	0	1	3	3	3	3	3	1	3
A12	Planta de Coberutra	2	1	2	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1

A13	Cortes	2	1	1	3	3	2	1	2	1	1	0	2	2	2	2	3	1	2
A14	Fachadas e demais elevações	1	1	1	3	3	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	1	0	1
A15	Instalações Mecânicas	1	1	1	3	3	2	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1
A16	Instalações Hidráulicas	1	1	1	2	2	2	2	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1
A17	Instalações Elétricas	1	1	1	2	2	2	2	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1
A18	Instalação de Gás	1	1	1	2	2	2	2	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1
A19	Instalações de Telefonia	1	1	1	1	1	1	2	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1
A20	Indicação da solução de impermeabilização	1	1	1	1	1	2	2	0	1	1	2	1	1	1	1	1	0	1
A21	Detalhes de execução de elementos, componentes e instalações críticas	2	1	1	3	3	2	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
A22	Detalhamento de áreas molhadas	1	1	1	1	1	2	1	0	0	1	2	1	1	1	1	1	0	1
A23	Detalhamento de escadas / rampas	2	1	1	2	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
A24	Detalhamento de esquadrias	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A25	Cobertura - detalhes de execução de rufos, calhas, telhas	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A26	Arremates de materiais, principalmente em relação a soleiras, peitoris, rodapés, revestimentos e elementos de acabamento em geral	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A27	Projeto executivo de alvenarias	2	1	1	1	1	1	3	1	3	1	0	3	2	1	1	1	1	0
A28	Caderno de Especificações	2	0	3	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	0	0	0

**TABELA 3.2**  
**ARQUITETURA x INSTALAÇÃO HIDRÁULICA**

		H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19
<b>Descrição</b>		Data de entrega das várias etapas de projeto	Avaliação da disposição das peças sanitárias	Disposição das tubulações de água fria, água quente, esgoto sanitário, água pluvial e incêndio	Disposição das caixas	Localização de água potável	Apresentação do corte esquemático de água fria e quente, esgoto, água pluvial e incêndio	Dimensionamento global das tubulações de água fria e quente	Dimensionamento do sistema de bombeamento e das reservas de água potável (R.L.)	Dimensionamento e detalhamento das caixas e ralos de esgoto e água pluvial	Isométrico de todos os compartimentos consumidores de água fria e quente	Planta baixa do pilotis e garagem mostrando locais de descida da coluna e ramais de distribuição, localização e alimentação via padrão de água fria	Planta baixa do pavimento tipo mostrando locais de descida da coluna de distribuição, dos ramais de distribuição de água fria	Planta baixa da cobertura e/ou telhado mostrando a localização do barrilete e a projeção do reservatório superior de água fria	Planta baixa do pilotis e garagem mostrando chegados dos TQS, de distribuição dos subcoletores e caixas com a ligação à rede pública (esgoto sanitário)	Planta baixa do pavimento tipo, mostrando descidas dos tubos de queda, ramais de esgoto e de descarga e principalmente rede de ventilação (esgoto sanitário)	Planta baixa do pilotis e garagem sinalizando a posição, inclinação dos condutores verticais que chegam, dos condutores horizontais derivados, das caixas de areia, das grelhas e do local de descarga (água pluvial)	Planta do telhado/cobertura mostrando calhas, grelhas, rufos existentes e os condutores verticais derivados (água pluvial)	Planta baixa do pilotis e garagem e do pavimento mostrando os pontos de chegada do tubo de incêndio, localização de hidrantes, e extintores	Legenda das simbologias e convenções gráficas
A1	Data de entrega das várias etapas de projeto	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
A2	Planta de situação	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	Indicação da Estrutura	2	3	3	3	2	2	2	2	2	1	3	3	1	3	3	3	1	3	0
A4	Cotas parciais e totais dos pavimentos	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	Indicação dos níveis de piso acabado	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	Indicação da função e da área do pavimento e de cada ambiente	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0





**TABELA 3.3**  
***ARQUITETURA x INSTALAÇÃO ELÉTRICA***

		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17
	<b>Descrição</b>	Data de entrega das várias etapas de projeto	Dimensionamento do sistema adotado e localização precisa de seus componentes	Localização e dimensionamento das redes externas de energia elétrica	Localização dos quadros de distribuição	Localização do centro de medição e transformação (se houver)	Posicionamento e dimensionamento dos equipamentos	Projeto de aterramento e do sistema de pára-raios	Localização e dimensionamento dos pontos de consumo de energia elétrica, com respectiva carga, seus comandos e identificação dos circuitos	Trajetos dos condutores	Localização e dimensionamento das caixas	Definição e utilização dos aparelhos e respectivas cargas	Previsão de carga dos circuitos e alimentação de instalações especiais	Detalhamento do centro de medição	Implantação dos postes e luminárias	Detalhes dos quadros gerais e parciais de distribuição	Detalhes de todos os tubos necessários nos elementos de estrutura e de todas as peças a serem embutidas ou fixadas nas estruturas de concreto ou metálicas para passagem e suporte da instalação	Legenda das simbologias e convenções gráficas
A1	Data de entrega das várias etapas de projeto	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
A2	Planta de situação	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
A3	Indicação da Estrutura	0	1	1	1	1	1	1	1	1	3	0	0	0	0	3	3	0
A4	Cotas parciais e totais dos pavimentos	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
A5	Indicação dos níveis de piso acabado	0	1	0	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	Indicação da função e da área do pavimento e de cada ambiente	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
A7	Indicação de forros, rebaixos e projeções	0	0	0	1	1	1	0	0	2	1	0	0	0	3	1	2	0
A8	Layout com todo o mobiliário	2	3	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0



A26	Arremates de materiais, principalmente em relação a soleiras, peitoris, rodapés, revestimentos e elementos de acabamento em geral	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A27	Projeto executivo de alvenarias	2	1	1	1	1	1	0	1	3	1	0	0	1	1	1	0	0
A28	Caderno de Especificações	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	3	0	0	0

**ARQUITETURA x TELEFONIA**

		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
	<b>Descrição</b>	Dimensionamento do sistema adotado e localização precisa de seus componentes	Layout preliminar da central de comutação	Planta de cada nível da edificação com locação definitiva e dimensionamento das caixas de distribuição de área e geral, prumadas e toda a rede de tubulação secundária e de entrada (Projeto de tubulações)	Corte da prumadas e tubulações de entrada (Projeto de tubulações)	Apresentação das capacidades (Projeto de redes de cabos e fios)	Apresentação da distribuição dos cabos e da rede interna (Projeto de redes de cabos e fios)	Carga de cada caixa de distribuição, cargas acumuladas e o número ideal de pares terminados em cada trecho (Projeto de redes de cabos e fios)	Detalhes gerais da caixa subterrânea de entrada ou entrada aérea, poços de elevação, cubículos de distribuição	Detalhamento do corte esquemático do distribuidor geral da edificação, mostrando a disposição dos blocos de rede interna e do lado da rede externa	Legenda das simbologias e convenções gráficas
A1	Data de entrega das várias etapas de projeto	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0
A2	Planta de situação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	Indicação da Estrutura	1	1	2	2	2	2	2	1	1	0
A4	Cotas parciais e totais dos pavimentos	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
A5	Indicação dos níveis de piso acabado	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
A6	Indicação da função e da área do pavimento e de cada ambiente	2	0	1	1	1	1	1	1	1	0
A7	Indicação de forros, rebaxos e projeções	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A8	Layout com todo o mobiliário	3	0	0	0	3	3	3	0	0	0
A9	Tabela com indicação dos revestimentos e acabamentos	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0
A10	Indicação de vagas de garagem	1	2	1	1	1	1	1	2	0	0

A11	Existência de opções de plantas nos pavimentos	2	1	1	1	2	2	2	1	0	0
A12	Planta de Coberutra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A13	Cortes	1	0	1	1	1	1	1	1	2	0
A14	Fachadas e demais elevações	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A15	Instalações mecânicas	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0
A16	Instalações hidráulicas	2	1	2	2	1	1	1	1	1	0
A17	Instalações elétricas	3	2	2	2	2	2	2	2	1	3
A18	Instalação de gás	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
A19	Instalações de telefonia	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
A20	Indicação da solução de impermeabilização	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
A21	Detalhes de execução de alguns elementos, componentes e instalações críticas	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0
A22	Detalhamento de áreas molhadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A23	Detalhamento de escadas / rampas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A24	Detalhamento de esquadrias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A25	Cobertura - detalhes de execução de rufos, calhas, telhas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A26	Arremates de materiais, principalmente em relação a soleiras, peitoris, rodapés, revestimentos e elementos de acabamento em geral	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A27	Projeto executivo de alvenarias	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
A28	Caderno de Especificações	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0

























### 3.3.6 Desenvolvimento da análise de falhas via FMEA

Para os pares de itens de projeto considerados, foi feita um análise para verificar:

- a. de que maneira pode ocorrer uma interferência negativa entre os itens considerados; por exemplo, que *falha* na especificação de um item do projeto arquitetônico implica em um efeito negativo em um item do projeto estrutural;
- b. de que forma os modos das falhas afetam o desempenho do processo, do ponto de vista do cliente. O que acontecerá se ocorrer o tipo de falha e quais as conseqüências o cliente poderá sofrer;
- c. quais os eventos que induzem o aparecimento do modo de falha, ou seja, quais as variáveis do processo podem provocar este modo de falha;
- d. qual é a *gravidade* desse efeito, a sua probabilidade de *ocorrência* e a possibilidade dos atuais mecanismos de projeto *detectarem* essa falha, antes de terminada a especificação dos itens considerados;
- e. qual é a *ação preventiva* (contra-medida) que deve ser tomada para evitar a ocorrência da falha;
- f. como deve ser implementada no projeto essa *medida preventiva*

A última etapa do processo de pesquisa consiste na divulgação dos resultados. Além da divulgação externa nos diversos canais apropriados a todos os interessados, as informações e conhecimentos gerados durante a pesquisa devem também ser difundidos entre os participantes, o que foi feito mediante a realização de um seminário final. Este retorno é de grande importância face a visão de conjunto que proporciona aos participantes, bem como o fortalecimento da convicção e da conscientização.

No capítulo seguinte são apresentadas algumas análises, práticas e reais, de interferência entre os projetos, selecionadas e avaliadas a partir das observações de campo.

#### **4. RESULTADOS E EXEMPLIFICAÇÃO DE ANÁLISE**

A partir das matrizes de correlação e das observações de campo, será feita uma breve análise dos resultados obtidos visando melhor exemplificar a metodologia proposta. A partir desta análise cuidadosa dos dados obtidos, podem ser sugeridas ações preventivas com a finalidade de eliminar as falhas passíveis de ocorrência ainda na etapa inicial do processo.

Acredita-se que estes exemplos representam e reforçam, de forma sintética, a importância da utilização desta ferramenta atuando como método fundamental de controle para a eliminação das interferências entre os diversos projetos necessários à construção de edifícios.

Nas FIGURAS 4.1 e 4.2 pode-se observar dois exemplos obtidos do cruzamento do projeto arquitetônico com o projeto estrutural.

Nas FIGURAS 4.3 e 4.4 encontram-se dois outros exemplos do cruzamento do projeto arquitetônico com o de instalações hidráulicas.

Já o cruzamento do projeto arquitetônico com o de instalações elétricas é apresentado na FIGURA 4.5, e o cruzamento do projeto estrutural com o projeto de instalações hidráulicas na FIGURA 4.6.

Apresenta-se nas FIGURAS 4.7 e 4.8 exemplos do cruzamento do projeto estrutural com o de instalações elétricas e, finalmente, na FIGURA 4.9 o cruzamento do projeto de instalações elétricas com o projeto de telefonia.

### PROJETO ARQUITETÔNICO X PROJETO ESTRUTURAL

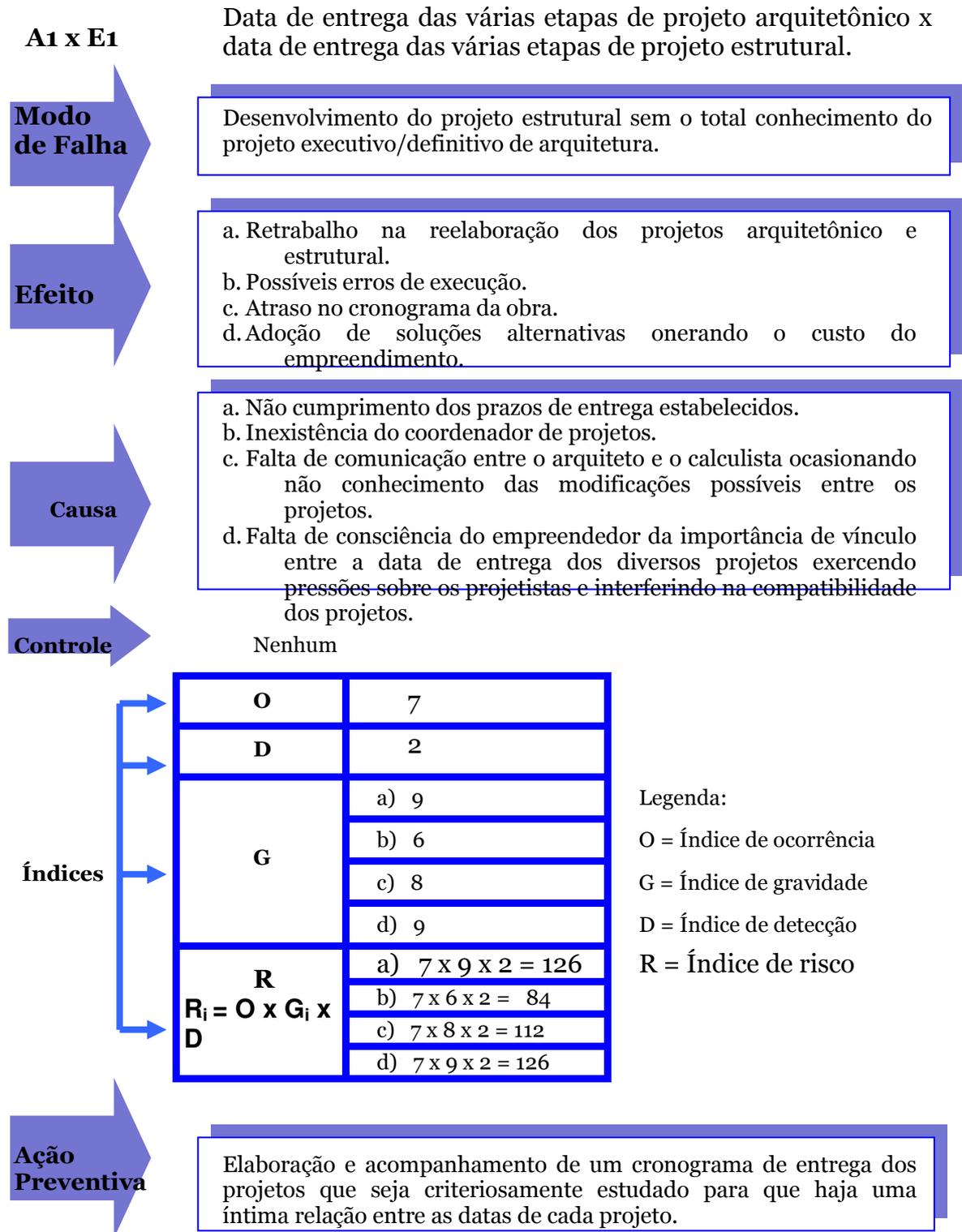
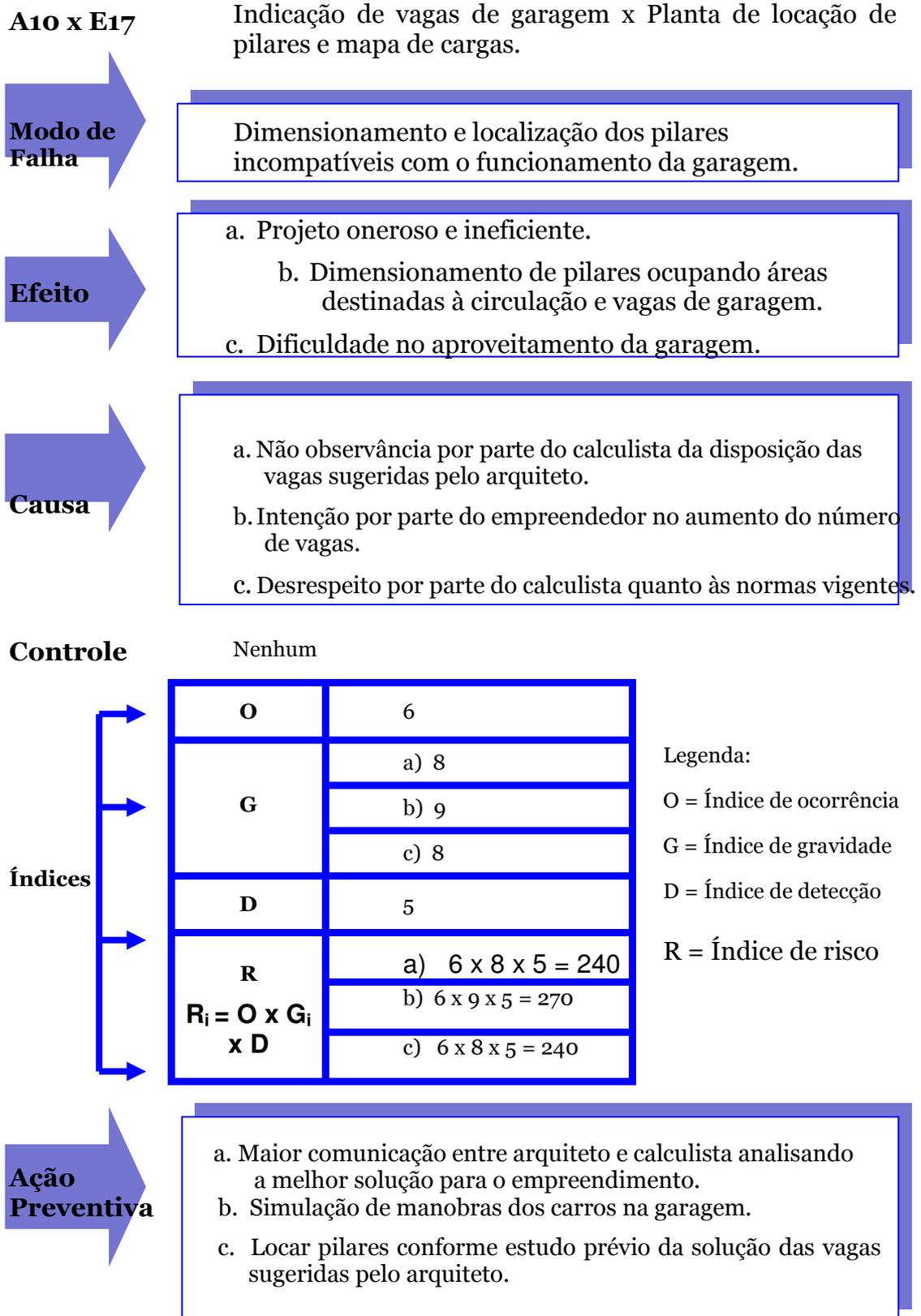


FIGURA 4.1 - Cruzamento arquitetônico x estrutural – exemplo 1

### PROJETO ARQUITETÔNICO X PROJETO ESTRUTURAL



**FIGURA 4.2 - Cruzamento arquitetônico x estrutural – exemplo 2**

### PROJETO ARQUITETÔNICO X PROJETO HIDRÁULICO

**A12 x H13** Planta de cobertura x planta baixa do apartamento de cobertura mostrando a localização do barrilete e a projeção do reservatório superior de água fria.

**Modo de Falha** Interferência da altura do telhado devido à inclinação das telhas com o posicionamento das tubulações.

**Efeito** Inclinação insuficiente do telhado.  
Telhado saliente com relação à platibanda do edifício.

**Causa** Falta de análise do projeto de cobertura quanto ao lançamento do barrilete e/ou vice-versa.

**Controle** Nenhum

Índices	O	7	<b>Legenda:</b> O = Índice de ocorrência G = Índice de gravidade D = Índice de detecção R = Índice de risco
	G	7	
	D	6	
	R	294	
	$R_i = O \times G_i \times D$		

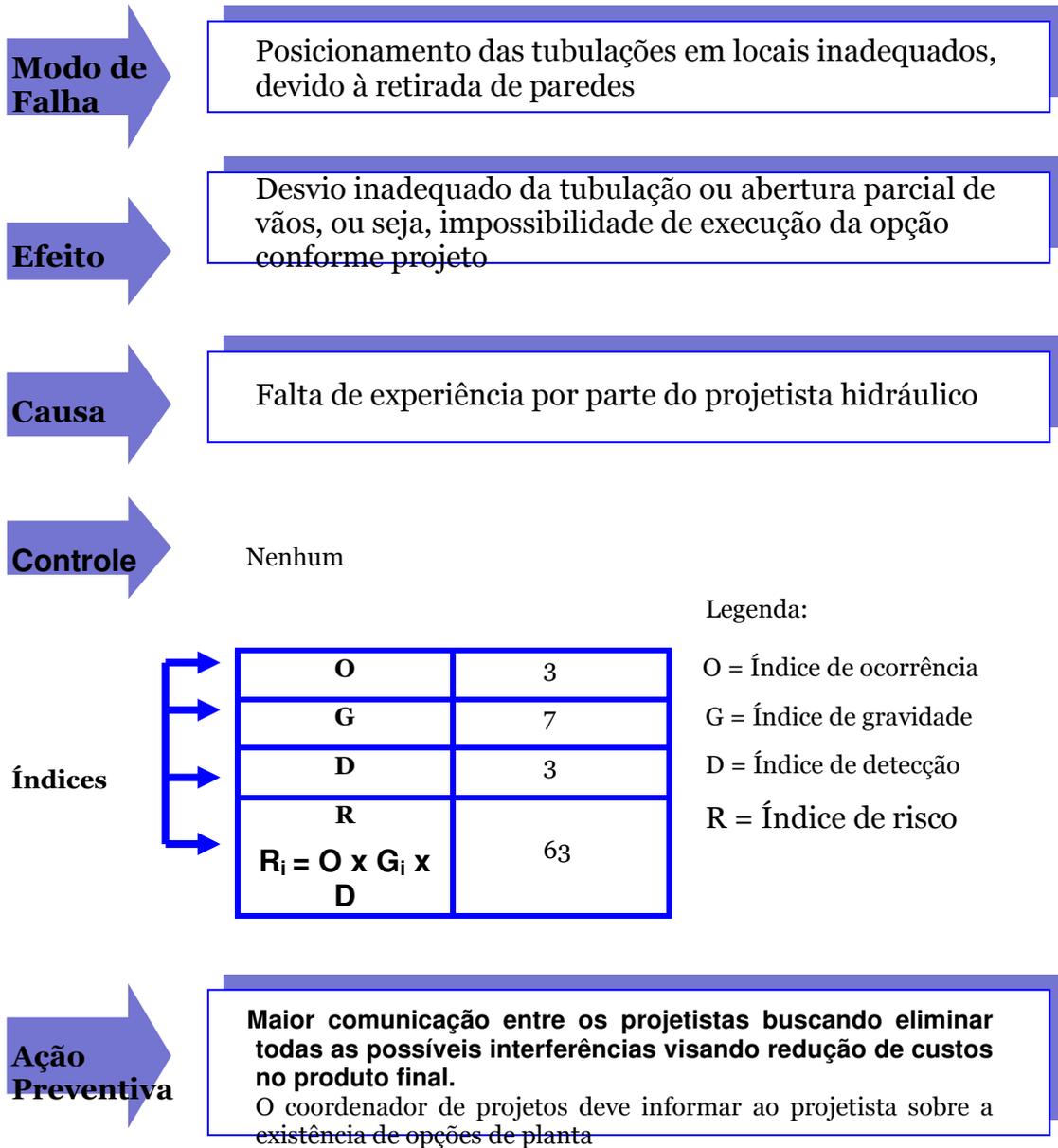
**Ação Preventiva** Comunicação entre os projetistas no momento de elaboração das etapas envolvidas

**FIGURA 4.3 - Cruzamento arquitetônico x hidráulico – exemplo 1**

## PROJETO ARQUITETÔNICO X PROJETO HIDRÁULICO

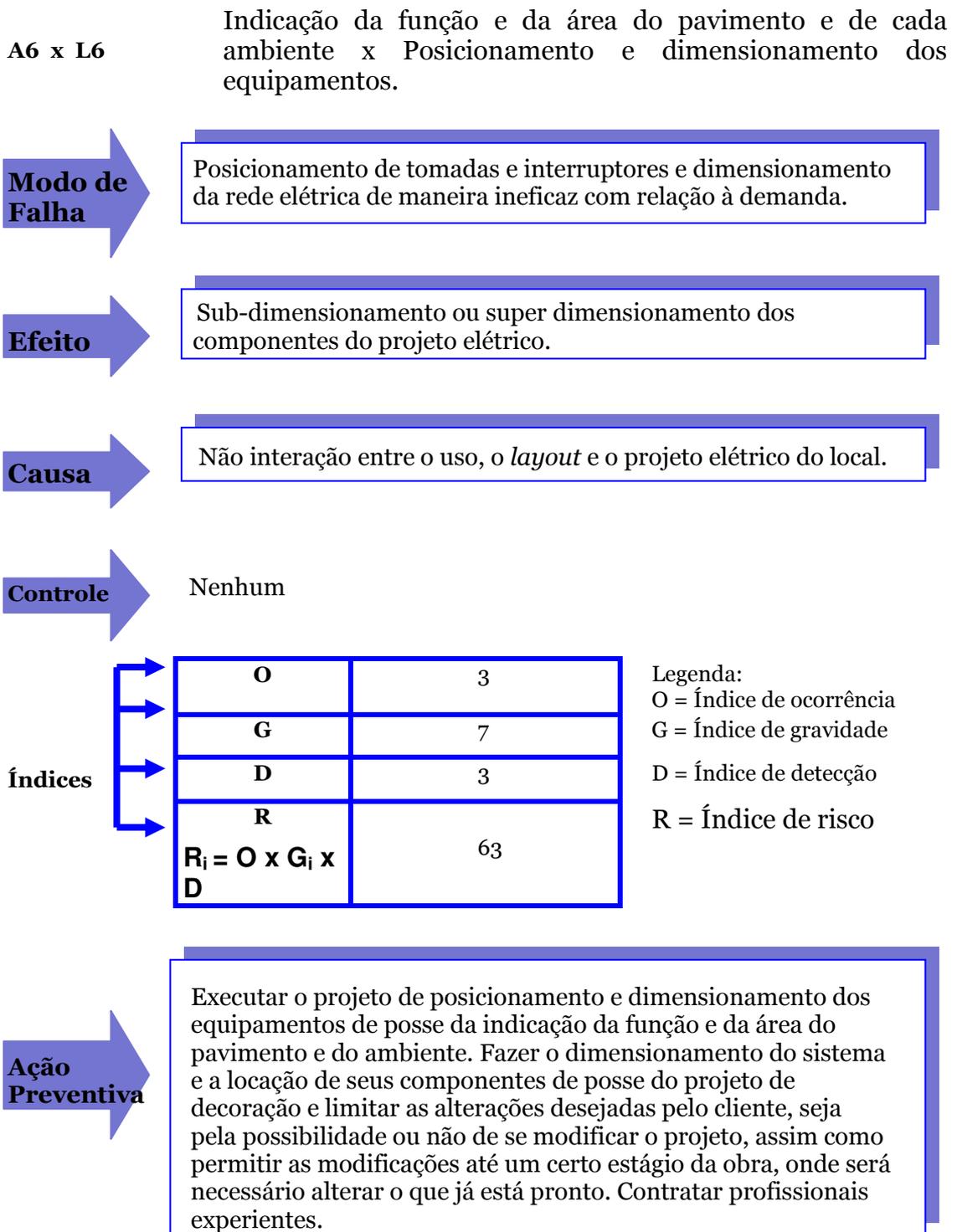
A11 x H 12

**Existência de opções de plantas nos pavimentos x Planta baixa do pavimento tipo mostrando locais de descida da coluna de distribuição, dos ramais de distribuição de água fria**



**FIGURA 4.4 - Cruzamento arquitetônico x hidráulico – exemplo 2**

### PROJETO ARQUITETÔNICO X PROJETO ELÉTRICO

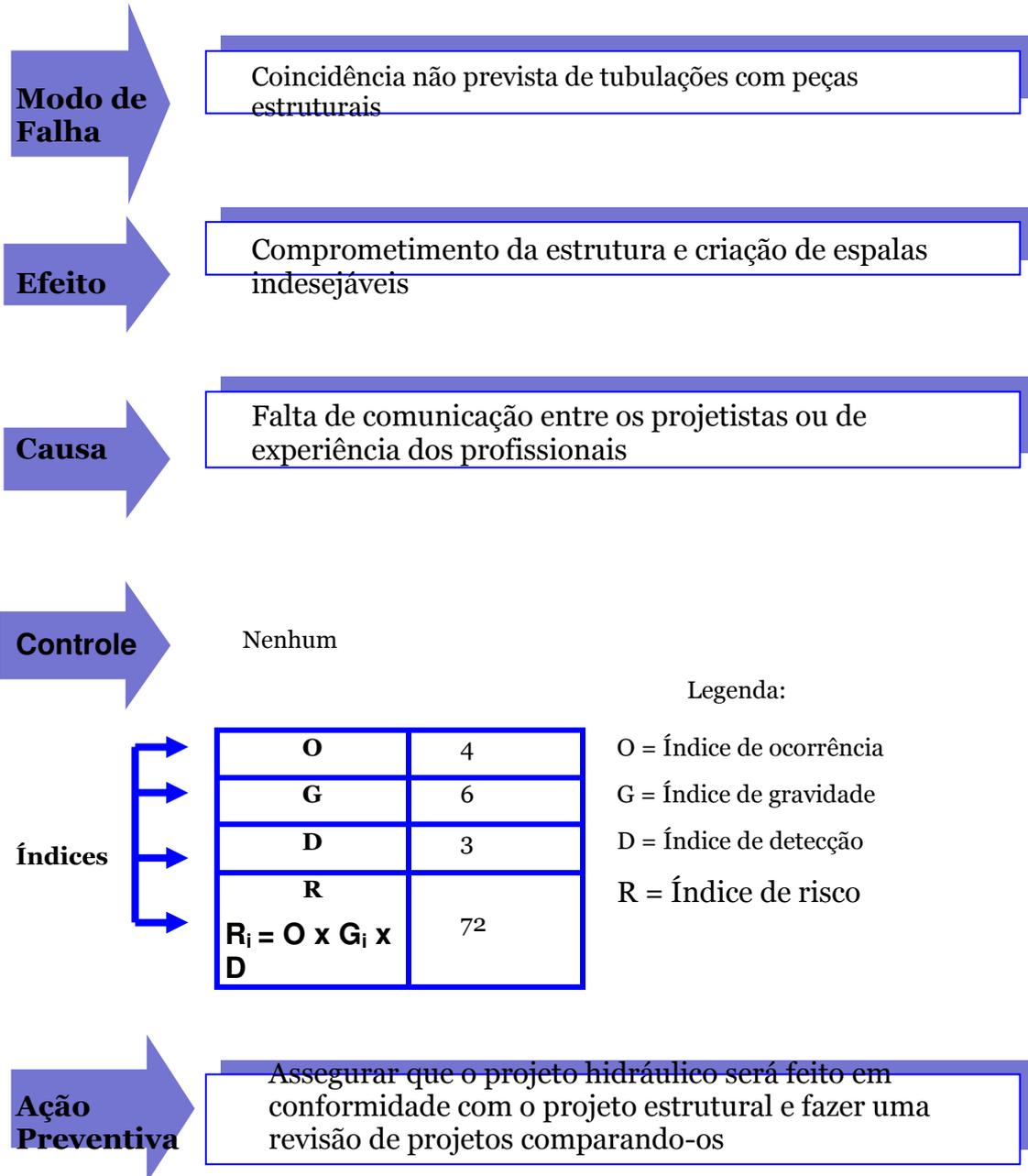


**FIGURA 4.5 - Cruzamento arquitetônico x elétrico - exemplo 1**

16 x H3

**ESTRUTURAL X PROJETO HIDRÁULICO**

Planta de forma x Disposição das tubulações de água fria, água quente, esgoto sanitário, água pluvial e incêndio



**FIGURA 4.6 - Cruzamento estrutural x hidráulico - exemplo 1**

### PROJETO ESTRUTURAL X PROJETO ELÉTRICO

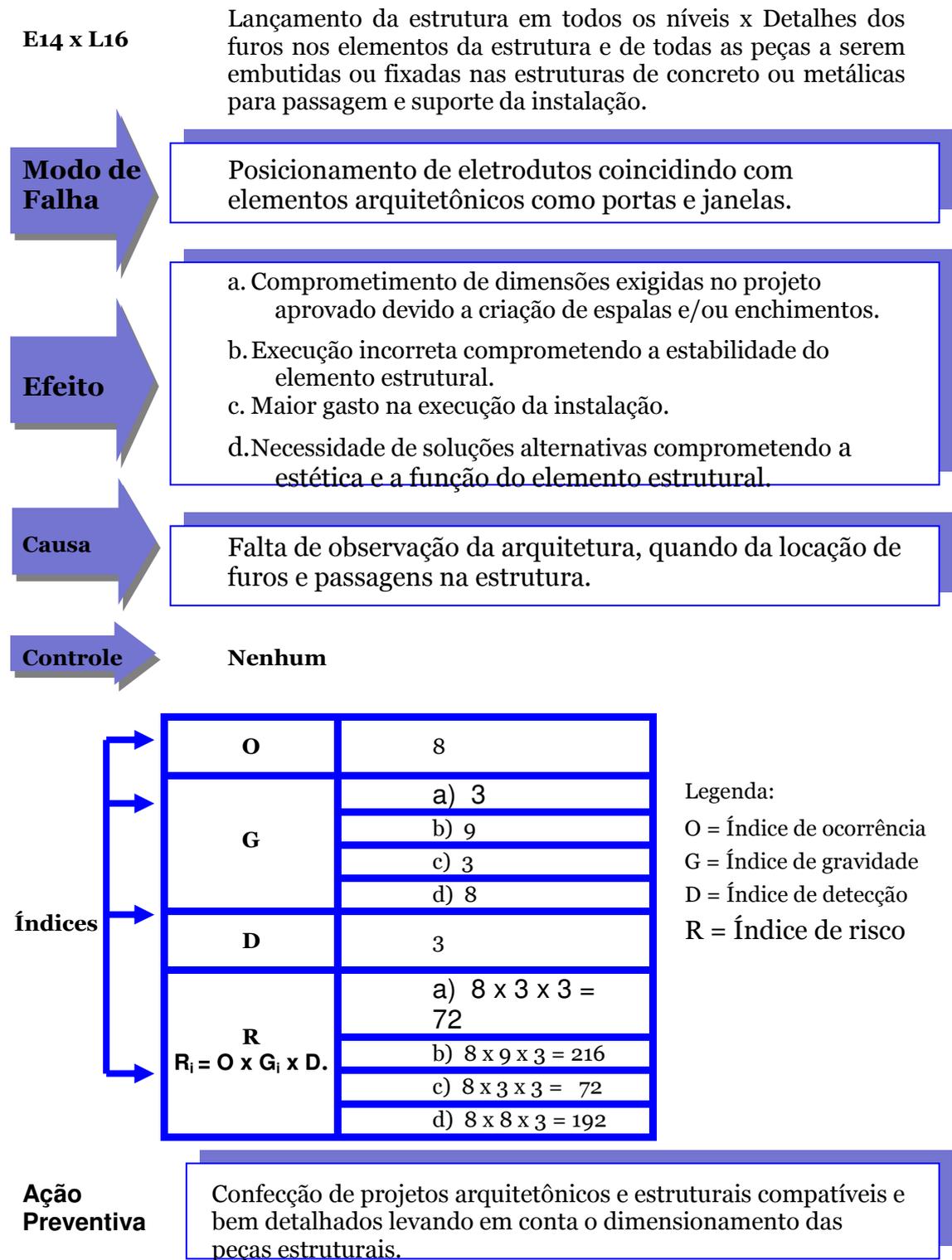
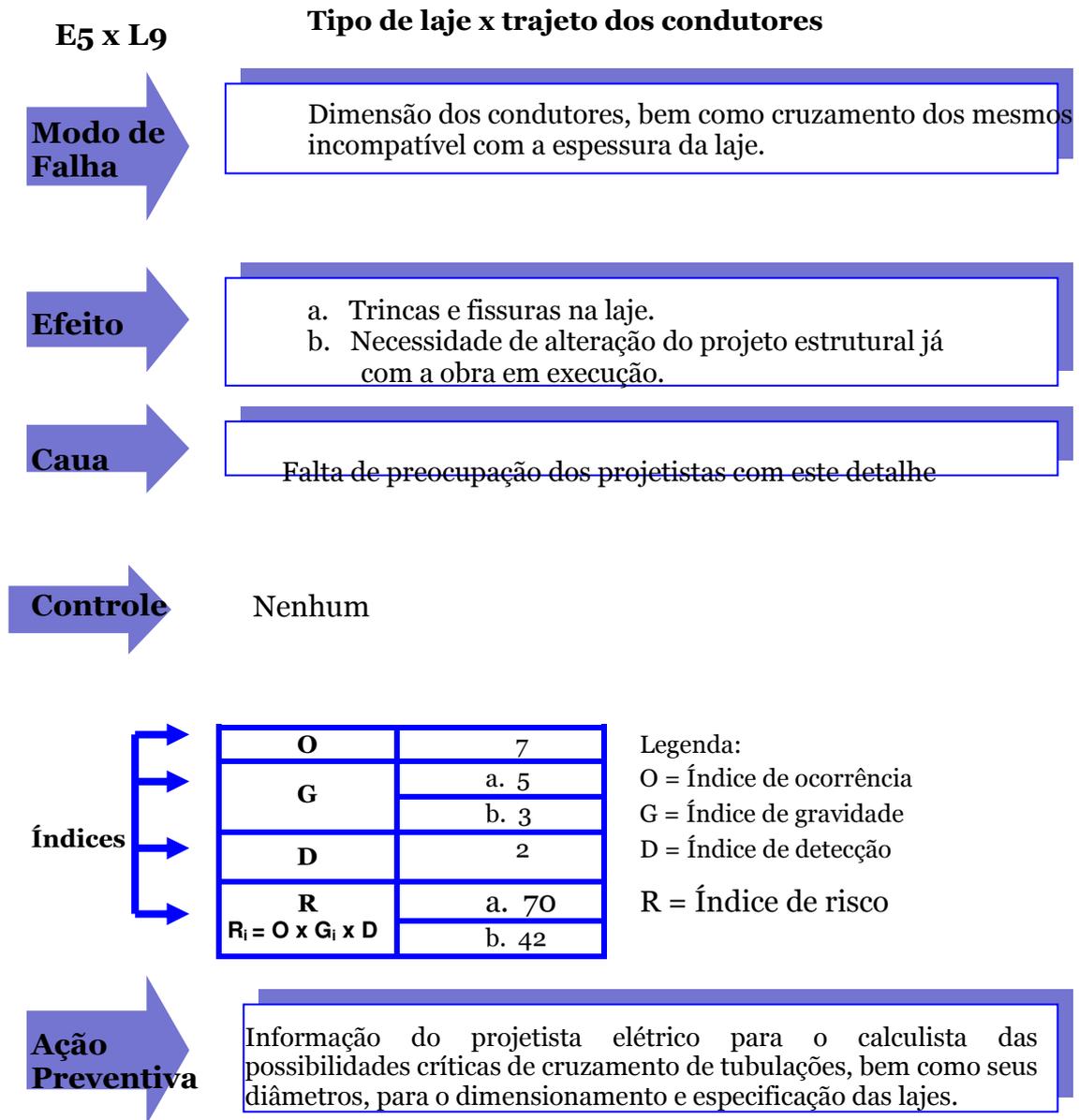


FIGURA 4.7 - Cruzamento estrutural x elétrico – exemplo 1

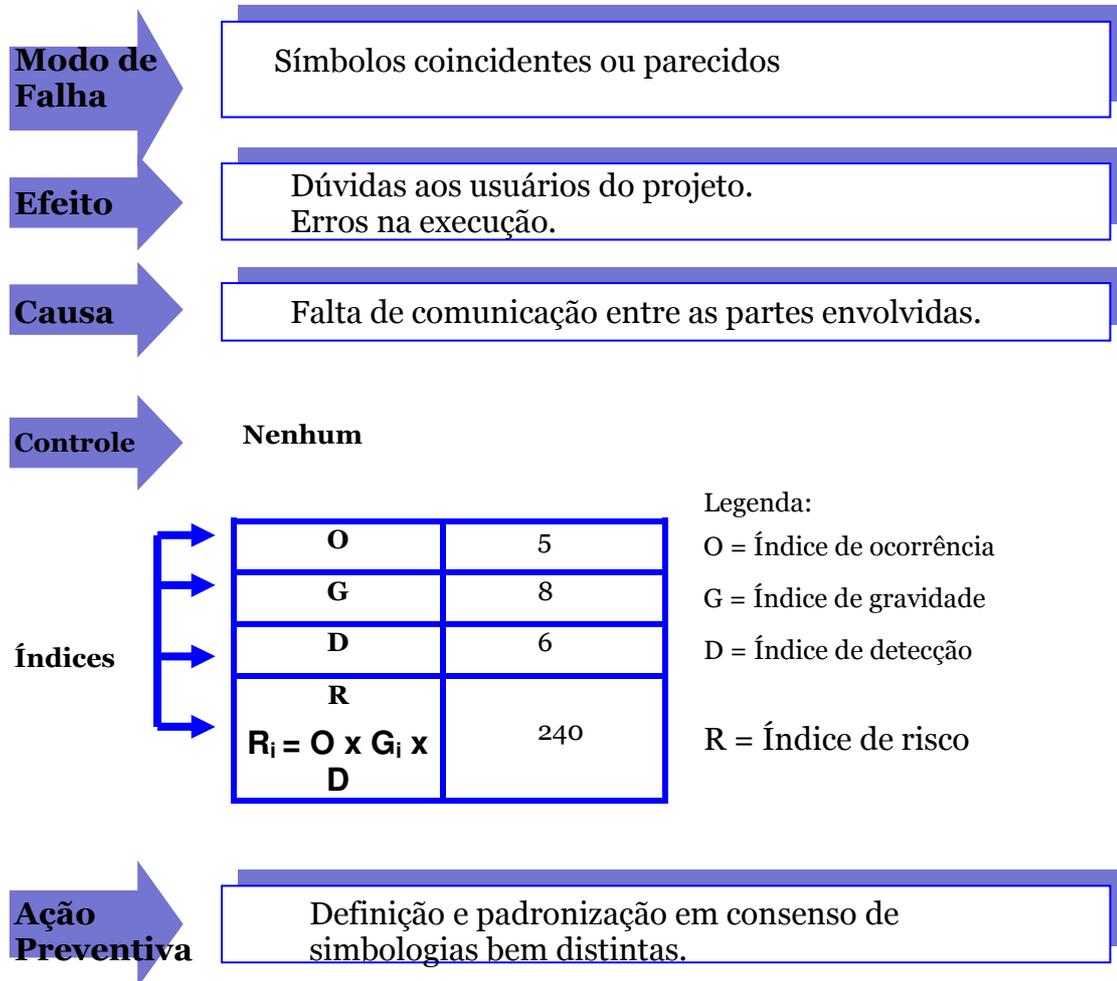
### PROJETO ESTRUTURAL X PROJETO ELÉTRICO



**FIGURA 4.8 - Cruzamento estrutural x elétrico – exemplo 2**

## PROJETO ELÉTRICO X PROJETO TELEFONIA

**L17 x T10**    Legenda das simbologias e convenções gráficas x Legenda das simbologias e convenções gráficas



**FIGURA 4.9 - Cruzamento elétrico x telefonia - exemplo 1**

Dessa forma, uma vez realizada a análise via FMEA, consegue-se hierarquizar as falhas de maior risco (determinadas pelos maiores índices de risco) e, para essas falhas, implementam-se ações preventivas, ou seja, mecanismos de controle de projeto que permitam evitar uma incompatibilidade entre os itens de projeto considerados.

Em resumo, o procedimento proposto compreende as seguintes etapas:

- 1º passo:** estabelecimento de uma lista de verificação, com os tópicos de cada projeto que serão considerados;
- 2º passo:** determinação de uma matriz de correlação entre os itens de cada tipo de projeto. A análise é feita para pares de projeto, na forma “Arquitetônico x Estrutural”, posteriormente, “Arquitetônico x Instalações”, “Estrutural x Instalações”, etc.;
- 3º passo:** análise via FMEA, com a hierarquização das potenciais incompatibilidades e estabelecimento de contra-medidas para as falhas mais críticas. A determinação das contra-medidas a essas falhas potenciais conduz ao estabelecimento de planos de ação, nos moldes do Gerenciamento da Rotina do GQT.

Esse projeto, por ser voltado à análise das interferências, é destinado a profissionais que irão elaborar os distintos projetos e também aos profissionais responsáveis pela execução das obras, não obstante, constitui-se em um marco significativo na aplicação de conhecimentos e métodos, os quais hoje podem ser aplicados no âmbito da iniciativa pública e privada.

Pela sua contribuição ao entendimento do processo de projeto e sua inserção no processo do empreendimento, a experiência descrita reveste-se de grande utilidade na discussão dos sistemas de qualidade que norteia esse trabalho.

## **5. Conclusões**

### **5.1 Considerações finais**

A inexistência, em grande parte das empresas da construção civil, de instrumentos sistemáticos de análise de incompatibilidades entre os distintos projetos é reconhecida no setor da construção, e pouco se tem discutido sobre a forma de implementar uma rotina de análise de dados na geração de informações úteis em um processo de melhoria da qualidade. O uso da FMEA apresenta grande potencial no preenchimento desta lacuna.

A metodologia proposta aparece como uma forma adequada de obter informações e oferece um roteiro de como prevenir estas falhas nos processos construtivos, em função do índice de risco. Deste modo, a FMEA vem buscar ações adequadas de prevenção com a finalidade de obter qualidade nos projetos e conseqüentemente na execução das obras.

O presente trabalho apresentou um procedimento auxiliar na compatibilização de projetos de edificações, baseado nos métodos de análise de falhas. O procedimento está direcionado a uma análise sistemática de incompatibilidades potenciais entre tópicos dos vários projetos das edificações, propondo mecanismos preventivos à sua ocorrência e introduzindo, assim, um maior nível de confiabilidade nos projetos. Cabe ressaltar alguns aspectos complementares observados durante a implementação dessa metodologia:

- a. a necessidade de formarem-se equipes multidisciplinares para efetuar a análise. Uma vez que parte-se do princípio de que o projeto deve ser voltado a um aumento da construtibilidade, torna-se necessária uma interação entre os diversos profissionais envolvidos na etapa de projeto e de construção. Os profissionais envolvidos com o “canteiro da obra” devem participar da análise, uma vez que são eles que vão utilizar os projetos e avaliar seu grau de eficiência no que diz respeito a exequibilidade;

- b. é necessário conscientizar os profissionais envolvidos a respeito da importância do uso da ferramenta FMEA, evitando-se assim uma visão “burocrática” da mesma, ou seja, uma visão desinteressada, sem qualquer esforço de retroalimentação dos projetos com os mecanismos de controle propostos como resultado da análise. Vale ressaltar que cada análise deve desembocar em um plano de ação, e os profissionais envolvidos, devem estabelecer mecanismos que garantam a sua efetiva implementação durante a execução do projeto. Dessa forma, o procedimento proposto deve ser implementado nas etapas iniciais do projeto, quando é mais fácil e mais barato propor alterações na concepção dos diversos itens envolvidos.

Foi possível constatar, no decorrer desta pesquisa que, partindo-se de uma hierarquização das falhas, selecionadas através das observações de campo e entrevistas, torna-se muito mais fácil a visualização de sua ocorrência ainda na etapa de projeto.

É preciso que haja uma conscientização por parte das pessoas envolvidas com a produção e elaboração de projetos nas empresas de construção civil, de que as falhas, tomadas sob o ponto de vista mais amplo, dificilmente ocorrem sozinhas e normalmente estão atreladas umas às outras, desencadeando um ciclo que envolve materiais, mão-de-obra e equipamentos, o que as torne ainda mais vultuosas.

Esta metodologia não deve ser encarada como definitiva, mas sim como uma metodologia flexível adaptada ao porte da empresa e que, além de subsidiar a evolução dos procedimentos, serve como banco de informações para a elaboração e coordenação de projetos futuros.

Sua aplicação encontra-se em andamento em projetos de edificações em Belo Horizonte e seus resultados estão sendo satisfatórios. Os profissionais envolvidos têm salientado a importância da metodologia e a conseqüente necessidade do envolvimento de diversos departamentos da empresa e as conclusões obtidas serão objeto de um trabalho futuro.

Assim, este trabalho teve a finalidade de dar um passo significativo no sentido de conscientizar as empresas de construção de edifícios, da necessidade de uma metodologia que conduza a ganhos de eficiência e que as torne mais competitivas.

## **5.2 Proposta para novos trabalhos**

Após a elaboração de uma proposta, voltada à compatibilização de projetos na construção de edifícios, baseada na ferramenta da qualidade denominada de Análise de Falhas, foi possível avaliar o seu alcance e a sua abrangência.

Como era de se esperar, a abrangência desta pesquisa proporcionou a definição exata de algumas novas linhas de trabalho que podem e, sobretudo, devem ser melhor estudadas.

Neste sentido propõe-se o desenvolvimento de alguns estudos complementares e seqüenciais, tais como:

- a. aplicar em todas as etapas de projetos listadas, via “check list”, e cruzadas nas grandes matrizes de correlação, o modelo de análise proposto pelo FMEA e que se encontra apresentado no Capítulo 4, como forma de hierarquizar e adotar uma política de ações preventivas e mecanismos de controle gerencial;
- b. elaborar novas matrizes de correlação, envolvendo os outros projetos necessários à construção de edifícios, tais como: luminotecnica, ar condicionado central, instalações especiais (computadores, TV a cabo, interfone, circuito interno de TV, gás combustível, incêndio, etc), paisagismo, sonorização, etc;
- c. propor um sistema de gerenciamento e de certificação de projetos, baseado no modelo apresentado neste trabalho, visando respaldar e suportar a

proposta contida nas diretrizes e metas referenciadas no programa PBQP- Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade, do governo Brasileiro;

- d. aplicar e estudar mecanismos de adequação para a utilização desta metodologia nos órgãos públicos, buscando minimizar o elevado grau de desperdício e retrabalho gerado pela não compatibilização dos projetos nas obras executadas ou fiscalizadas pela administração pública.

### Referências Bibliográficas

1. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Discriminação de serviços para construção de edifícios.** NBR 12722. Rio de Janeiro, ago. 1992. 14p.
2. **ASCE - AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS.** Quality in the constructed project: a guideline for owners, designers and constructors. **New York, 1988. v.1.**
3. **AURÉLIO Buarque de Holanda Ferreira, J.E.M.M.** Dicionário Aurélio. **Rio de Janeiro: Nova Fronteira S.A.,1986.**
4. AUSTIN, S., BALDWIN, A., NEWTON, A. Manipulating the flow of design information to improve the programming of building design. **Construction Management and Economics**, UK, v.12, n.54, p.445-55, Sept. 1994
5. **BAÍA, J.L., MELHADO, S.B.** Sistemas de gestão da qualidade em empresas de projeto; aplicação ao caso das empresas de arquitetura. **In: Anais. Congresso Latino Americano de Tecnologia e Gestão na Construção de Edifícios – EPUSP- São Paulo, nov. 1998.**
6. **BARROS, M.M.S.B.** Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios. **São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1996. (Tese de Doutorado).**
7. **BARROS, M.M.S.B., MELHADO, S.B.** Produção de estruturas de concreto armado de edifícios. **São Paulo: EPUSP, 1993. (Texto técnico da Escola Politécnica da USP). Departamento de Engenharia de Construção Civil. (TT/PCC/04).**
8. CAMBIAGHI, H. Projeto e obra no difícil caminho da qualidade. **Obra**, n.37, p.10-2, jun.1992.

9. CAMPOS, V.F. **TQC. Controle da qualidade total;** no estilo japonês. 6.ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia UFMG, 1992. 229p.
10. CARDOSO, F.F. **Estratégias empresariais e novas formas de racionalização da produção no setor de edificações no Brasil e na França.** Parte 2: Do estratégico ao tático. Estudos econômicos da Construção. São Paulo: Sinduscon, 1997.
11. **CARDOSO, F.F., SILVA, FRED B., FABRÍCIO, MÁRCIO M.**  
A análise da articulação entre os serviços de engenharia e projetos e as estratégias de produção das empresas construtoras de edifícios. **Anais. Congresso Latino Americano de Tecnologia e Gestão na Construção de Edifícios – EPUSP- São Paulo, nov. 1998b.**
12. **CARDOSO, F.F., SILVA, FRED B., FABRÍCIO, MÁRCIO M.**  
Os fornecedores de serviços de engenharia e projetos e a competitividade das empresas de construção de edifícios. **In: Seminário internacional arquitetura e urbanismo: tecnologias para o século XXI – NUTAU 98. Anais. São Paulo, FAU-USP, 1998a.**
13. CICOUREL 1969 apud FLEURY, A. C.C.; VARGAS, N. – **Organização do trabalho.** São Paulo: Ed. Atlas, 1983.
14. **CONTE, S. I. Racionalização.** Revista Técnica, São Paulo, set. / out. 1998.
15. **CORNICK, T.** Quality management model for building projects; a developed research model in practice. **In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. Quality for building users throughout the world. (s.l.), CIB, 1989, v.2, t.3, p.249-64.**
16. **DIAS, A.M.G.R.V.** Aspecto de projeto que influenciam a construtibilidade. **Rio de Janeiro: Escola de Arquitetura/UFRJ, 1992 (Dissertação de Mestrado).**

17. **DTC. Desenvolvimento e Tecnologia S/C Ltda.** Programa de Desenvolvimento tecnológico de empresas e de profissionais da área de construção civil de edifícios. **Material do Curso de Coordenação de Projetos, 1997.**
18. **FABRÍCIO, M.M., MELHADO, S. B.** A importância do estabelecimento de parcerias construtora-projetistas para a qualidade na construção de edifícios. **ENTAC 98. VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, 1998. p. 456.**
19. **FERGUSON, I.** Buildability in practice. **London: Mitchell, 1989.**
20. **FERREIRA, A. C. M. Entrevista.** Revista Técnica, **São Paulo, set. / out. 1994.**
21. **FLEURY, A. C.C.; VARGAS, N. – Organização do trabalho.** São Paulo: Ed. Atlas, 1983.
22. **FORMOSO, C. T. et al.** Diretrizes para a modelagem do processo de desenvolvimento de projeto de edificações. **ENTAC 98 – VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, 1998b.**
23. **FORMOSO, C. T. et al. Racionalização.** Revista Técnica, **São Paulo, nov. / dez. 1998a.**
24. **FORMOSO, C.T.** Uma experiência de desenvolvimento cooperativo de um modelo para gestão da qualidade. **In: Gestão da qualidade na construção civil; uma abordagem para empresas de pequeno porte. 2.ed. Porto Alegre, 1995.**

25. FRANCHI, C.C., SOIBELMAN, L., FORMOSO, C.T. **As perdas de materiais na indústria da construção civil.** In: SEMINÁRIO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., Porto Alegre, 1993. Gestão e Tecnologia: anais. Porto Alegre, (s.ed), 1993, p.133-198.
26. **FRANCO, L.S.** Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para evolução tecnológica dos processo construtivos em alvenaria estrutural não armada. **São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1992. (Tese Doutorado).**
27. **FRANCO, L.S., AGPOPYAN, V.** Implementação da racionalização construtiva na fase de projeto. **São Paulo, EPUSP, 1993. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/94).**
28. GARCIA MESSEGUER, A G. **Controle e garantia da qualidade na construção.** São Paulo, SINDUSCON-SP, 1991.
29. GRAY, C. **Buildability; the construction contribution.** The Chartered Institute of Building, U. K.
30. GRIFFITH, A. **Buidability: the effect of design and management on construction.** In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 10, Washington, 1986. Advancing building technology: proceedings, Gaithersburg, 1986, v.8, p.3504-12.
31. **GUERRINI, F.M., SACOMANO, J.B.** Um sistema de administração da produção para empresas de construção civil; **uma proposta com projetos de pesquisa integrados.** Congresso Latino Americano de Tecnologia e Gestão na Construção de Edifícios. São Paulo: EPUSP, nov. 1998.
32. **HAMMARLUND, Y., JOSEPHSON, P.E.** Qualidade; cada erro tem seu preço. Trad. de Vera M. C. Fernandes Hachich. *Téchne*, n.1, p.32-4, nov./dez. 1992.

33. HELMAN, H., ANDERY, P. **Análise de falhas; aplicação dos métodos FMEA e FTA.** Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 156p.
34. HELMAN, H., ANDERY, P. **Aplicação da metodologia de análise de falhas em processos siderúrgicos.** VII Seminário sobre Gestão da Qualidade, Belo Horizonte, 03 a 04 de agosto de 1998.
35. HUOVILA, P., KOSKELA, L., LAUTANALA, M. Fast or concurrent; the art of getting construction improved **In: ALARCÓN, L. (Ed.) Lean Construction. Rotterdam: Balkema Publishers, 1997. p.143-160**
36. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Quality; vocabulary. ISO-8401.** Berna, 1986.
37. JAKUBA, S. J. Opinion: FMEA; a curse or blessing? **RAC Journal**, v.5, n.4, 1997.
38. JURAN, J.M., GRZYNA F.M. **Controle da qualidade. 4.ed. São Paulo: Makron/McGraw-Hill, 1991 apud SOUZA, A. L. R.** O projeto para produção das lajes de concreto armado de edifícios. **São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1996. (Tese de Mestrado).**
39. KAPUR, C. K. **Techniques of estimating reability at design stage. In: Handbook of reliability engineering and management. New York: McGraw Hill Book,1997. Cap. 18.**
40. KOSKELA, L. **Lean production in construction. In: ALARCÓN, L.F. (Ed.) Lean construction. Rotherdan: Balkema Publishers, 1997. p.1-9.**
41. KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy in construction.** Technical Report 72. Technical Research Centre of Finland, August, 1992.

42. **KRUGLIANSKAS, I. Engenharia simultânea: organização e implantação em empresas brasileiras.** Revista de Administração, São Paulo, v.28, n.4, p.104-110, outubro/dezembro 1993.
43. LAUTANALA, M. **A process approach to design for construction.** In: ALARCÓN, L. (Ed.) Lean Construction. Rotterdam: Balkema Publishers, 1997.
44. LE BOTERF (1985), apud FLEURY, A. C.C.; VARGAS, N. – **Organização do trabalho.** São Paulo: Ed. Atlas, 1983.
45. **MACIEL, L.L., MELHADO, S.B.** Elaboração e aplicação do projeto de revestimento de argamassa de fachada. **Congresso Latino Americano de Tecnologia e Gestão na Construção de Edifícios.** EPUSP- São Paulo, nov. 1998.
46. **MARQUES, G. A. C.** – O projeto na engenharia civil. **São Paulo, 1979. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo**
47. MATTEI, J. Resultados na obra. **Revista Técnica,** São Paulo, maio / jun. 1998.
48. MAWAKDYE, A. Qualidade. **Revista Técnica,** São Paulo, – nov. / dez. 1993.
49. McGEE, J., PRUSAK, L. **Gerenciamento estratégico da informação.** Rio de Janeiro: Campus, 1994.
50. McGINTY, T. Projeto e processo de projeto. In: SNYDER, J.C., CATANESE, A.J. (Coord.). **Introdução à arquitetura.** Rio de Janeiro: Campus, 1984. p.160-194.
51. MELHADO, S. B. **A qualidade através da integração entre projeto e obra nos empreendimentos habitacionais.** In: Seminário Gerenciamento Versus Desperdício. São Paulo, 1995. Anais. São Paulo: Édile, 1995.
52. **MELHADO, S. B.** Qualidade do projeto na construção de edifícios; aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. **São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São**

- Paulo, 1994. (Tese de Doutorado).**
53. **MELHADO, S. B., AGOPYAN, V. Design quality concept to improve building quality; the organization and management of construction.** Shaping Theory and Practice, v. 2, 1996.
54. **MELHADO, S. B., VIOLANI, M. A. F. A qualidade na construção civil e o projeto de edifícios. São Paulo. Texto Técnico. TT/PCC/02 EPUSP, 1992.**
55. **MELHADO, S.B. Coordenação de projetos na construção de edifícios. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998. 86p.**
56. **MELHADO, S.B.; BARROS, M.M.S.B.; SOUZA, A.L.R.** Qualidade do Projeto de Edifícios: diagnóstico da qualidade de projeto na empresa - São Paulo, EPUSP-PCC (Documento CPqDCC N.20088 – EP/SC, 1998.
57. **MELLES, B. What do we mean by lean production in construction?** In: ALARCÓN, L. (Ed.) Lean Construction. Rotterdam: Balkema Publishers, 1997.
58. **MERLI, G. Eurochallenge; the TQM approach to capturing global markets.** Trad. de Ralph Bullock. Oxford; IFS, 1993 apud **MELHADO, S. B. Qualidade do projeto na construção de edifícios; aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção .** São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1994. (Tese de Doutorado).
59. **MOTTEU, H., CNUUDE, M. La gestion de la qualité durant la construction; action mensee em Belgique par tle comité “Qualité dans la construction”. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11, Paris, 1989. Quality for building users throughout the world.** (s.l.), CIB, 1989, v.1, t.3, p.265-76.

60. **MOTTEU, H., CNUUDE, M.** La gestion de la qualité durant la construction: action menée en Belgique par le comité "Qualité dans la Construction". In: **CIB TRIENNIAL CONGRESS, Paris, 1989. Quality for building users throughout the world. S.l., CIB, 1989. v.1, t.3, p.265-76.**
61. **NORMAS ISO 9000. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas.**
62. **O'CONNOR, J. T., RUSH, S., SCHULZ, M.** Constructability concepts for engineering and procurement. Journal of Construction Engineering and Management. **ASCE. v.113, n.2, USA, June, 1987.**
63. **O'CONNOR, J. T.; TUCKER, R. L .** Industrial project constructability improvement. Journal of Construction Engineering and Management. **ASCE. v.112, n.1, 1986.**
64. **OLIVEIRA, M., FREITAS, H.** Informação para a decisão em protejo de obras de edificação: estudo de caso. **ENTAC 98. VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, 1998.**
65. **PENA, W.M., CAUDILL, W.W.** Architectural analysis; prelude to good design. In: **Techniques of successful practice. New York, Architectural Record, (s.d.).**
66. **PICCHI, F. A.** Entrevista. **Revista Técnica, São Paulo, mar. / abr. 1993**
67. **PICCHI, F.A.** **Gestão da qualidade; impacto na redução de desperdícios.** In: Seminário Gerenciamento Versus Desperdício. São Paulo, 1995. Anais. São Paulo, Édile, 1995.

68. **REIS, P.F. MELHADO, S.B.** Sistemas de gestão da qualidade nas pequenas e médias empresas de construção de edifícios; **principais elementos e relações internas e externas. In: NUTAU 98. Anais, São Paulo, 1998 (No prelo).**
69. **REVISTA OBRA Planejamento e Construção.** Compromisso com a Qualidade, **out./1997.**
70. **REVISTA TÉCNICA.** Dilemas da construção. **v.36, set. / out. 1998**
71. **SABBATINI, F.H.** Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia. **Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1989 (Tese de Doutorado).**
72. SCHMITT, C. M. Qualidade ... ou similar. **Revista Técnica, São Paulo, mar. / abr. 1994.**
73. SEBRAE / SINDUSCON. **Diretrizes gerais para compatibilização de projetos.** Curitiba: SEBRAE, 1995. 120p.
74. SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e seu controle.** Porto Alegre: UFRGS, 1993. (Dissertação de Mestrado).
75. SOUZA, A. L. R. O projeto para produção como ferramenta de gestão da qualidade; aplicação às lajes de concreto armado de edifícios. **Revista Técnica, São Paulo, set. / out. 1998.**
76. SOUZA, A. L. R. **O projeto para produção das lajes de concreto armado de edifícios.** São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1996. (Tese de Mestrado).
77. SOUZA, A. L. R., MELHADO, S. B. **A importância do projeto para produção no incremento a qualidade do produto edifício.** Congresso Latino Americano de Tecnologia e Gestão na CHonstrução de Edifícios. EPUSP- São Paulo, nov. 1998

78. SOUZA, A. L. R., SABBATINI, F. H. **A importância de um sistema de informação no desenvolvimento de projetos de edifícios.** Congresso Latino Americano de Tecnologia e Gestão na Construção de Edifícios. EPUSP- São Paulo, nov. 1998.
79. SOUZA, U.E.L., et al. Simpósio Nacional- **Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obras: A quebra do mito.** São Paulo: PCC/EPUSP,1999.
80. SOUZA, R. et al. **Qualidade na aquisição de materiais e execução de obras.** São Paulo: Pini, 1996. 275p.
81. SOUZA, R. et al. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras.** São Paulo: Pini, 1995. 247p.
82. STUKHART, G. **Construction management responsibilities during desing. Journal of Construction Engineering and Management. ASCE. v.113, n.1, Texas University, March, 1987.**
83. TATUM, C.B. **Improving constructability during conceptual planning. Journal of Construction Engineering and Management, v.113, n.2, p.191-207, June 1987.**
84. THIOLENT 1983 apud FLEURY, A. C.C.; VARGAS, N. – **Organização do trabalho.** São Paulo: Ed. Atlas, 1983.
85. VANNI, C. M. K., GOMES, A. M., ANDERY, P.R.P. **Metodologia análise de falhas aplicada à compatibilização de projetos de obras prediais.** Congresso Latino Americano de Tecnologia e Gestão na Construção de Edifícios. São Paulo: EPUSP, nov. 1998.
86. VIOLANI, M. A. F., MELHADO, S.B., PRADO, R.T.A. **Coordenação de projetos de edifícios.** São Paulo, 1991. Seminário apresentado na EPUSP nov./ 1998
87. YOUSSEF, M. Design for manufacturability and time to market. **International Journal & Production Management**, p.21, 1994.

## CHECK LIST - ARQUITETURA

### **I. Levantamento dos dados**

1. Objetivos do cliente/obra
2. Prazos e recursos disponíveis
3. Padrões de construção e de acabamento pretendidos
4. Levantamento do local
  - a. Planialtimétrico (topográfico)
  - b. Geológico
  - c. Insolação
  - d. Ventilação
  - e. Entorno
5. Levantamentos legais e jurídicos
  - a. Escritura, impostos e registros
  - b. Leis de uso do solo
  - c. Taxas de ocupação
  - d. Coeficientes de aproveitamento
  - e. Gabaritos, alinhamentos e recuos
  - f. Proteção ao patrimônio histórico
  - g. Proteção ambiental
6. Recursos técnico disponíveis
  - a. Qualificação da mão-de-obra
  - b. Materiais e sistemas construtivos
  - c. Seleção e escolha de profissionais dos serviços, consultorias e dos projetos complementares
- 7. Cronograma da obra para definição da entrega das várias etapas do projeto**

### **II. Estudo preliminar**

1. Metodologias a serem empregadas
2. Apresentação de estudos com alternativas para viabilização técnica
3. Apresentação de estudos de viabilidade econômica
4. Apresentação de estudos de viabilidade legal do empreendimento.
5. Croqui de arquitetura (definições do partido arquitetônico adotado, apresentado de forma gráfica, incluindo indicações das funções, usos, dimensões, formas, articulação e localização dos ambientes, níveis da edificação e outras informações básicas para

uma primeira apreciação da solução estrutural, de instalações e pré-orçamento da obra).

6. Justificativa da solução arquitetônica proposta, relacionando-a ao programa de necessidades, às características do terreno e de seu entorno, à legislação pertinente e a outros fatores determinantes.

### **III. Anteprojeto ou projeto preliminar**

1. Apresentação da planta de situação
  - a. Implantação e localização
  - b. Orientação
  - c. Áreas de construção parciais e totais, projeção dos pavimentos, terreno
  - d. Níveis do terreno, cortes, aterros
  - e. Áreas de circulação, estacionamento, jardins
2. Planta do pavimento-tipo
  - a. Denominação e área dos ambientes, cotados
  - b. Elementos da estrutura
  - c. Definição das aberturas
  - d. Indicações de cortes
  - e. Indicações de níveis dos pisos
  - f. Lay-out preliminar dos ambientes
  - g. Indicação de vagas de garagem
3. Plantas de cobertura
  - a. Tipologia de laje impermeabilizada / telhado
  - b. Caimentos / calhas / coletores de águas pluviais
4. Cortes esquemáticos
  - a. Altura de piso a piso
  - b. Indicação de lajes / vigas / demais estruturas
  - c. Indicação de pé-direito / forros
5. Elevações
  - a. Indicação de esquadrias, brises
  - b. Materiais de revestimentos
  - c. Guarda-corpos, terraços, floreiras
6. Definição da concepção estrutural
7. Instalações mecânicas
  - a. Distribuição dos equipamentos pelos diversos espaços
    - Elevadores
    - Ar-condicionado
    - Bombas de sucção / recalques
8. Definição da concepção das instalações hidráulicas

- a. Reservatórios, barriletes
  - b. Pontos de abastecimento / prumadas
  - c. Pontos de esgoto sanitário, locação de fossas
9. Definição da concepção das instalações elétricas
    - a. Dimensionamento de quadros de distribuição
    - b. Dimensionamento de caixas de passagem
    - c. Pontos de luz / tomadas / prumadas
  10. Definição da concepção das instalações de gás
    - a. Pontos de abastecimento / prumadas
  11. Definição da concepção das instalações de telefonia
    - a. Pontos de telefonia / prumadas
  12. Segurança contra-incêndios
    - a. Prumadas / hidrantes / extintores
  13. Impermeabilização
    - a. Áreas a serem impermeabilizadas
  14. Automação predial
    - a. Central de informações
    - b. Locação de cabos / equipamentos / sensores

## **IX. Projeto executivo (Solução definitiva do anteprojeto)**

1. Planta de situação
  - a. Cotas do lote em relação aos limites da quadra
  - b. Denominação e larguras de ruas e passeios
  - c. Orientação
2. Planta de implantação
  - a. Eixo de coordenadas do projeto
  - b. Limites do terreno e indicação dos logradouros adjacentes
  - c. Vias de acesso do terreno e da edificação
  - d. Curvas de nível iniciais e as alteradas em projeto
  - e. Áreas ajardinadas, circulação, estacionamento e outros itens de paisagismo com os materiais e detalhes construtivos
  - f. Cotas de nível de acessos, circulação, áreas externas
  - g. Designação dos edifícios
  - h. Notas gerais de acordo com a especificidade da edificação
3. Pavimentos
  - a. Indicação de todas as coordenadas de projeto
  - b. Indicação de todas as cotas parciais e totais
  - c. Cotas de locais que não receberão desenhos em escala maior nos detalhes executivos

- d. Indicação de cortes, elevações, seções, detalhes
  - e. Indicação de níveis de piso bruto e acabado
  - f. Indicação da função e da área do pavimento e de cada ambiente
  - g. Indicação de forros, rebaixos e projeções
  - h. *Lay-out* com todo o mobiliário, principalmente armários que venham a ser colocados em obra
  - i. Indicação de soleiras, peitoris com suas especificações
  - j. Tabelas com indicações dos revestimentos e acabamentos
  - k. Quadro de referência e dimensões de esquadrias
  - l. Indicação de vagas de garagem
  - m. Existência de opções de plantas nos pavimentos
4. Planta de cobertura
    - a. Indicação do sistema de coordenadas
    - b. Indicação dos planos de cobertura e de calhas, com respectivo sentido de inclinação e escoamento
    - c. Posição e dimensionamento de calhas
    - d. Especificação dos materiais
    - e. Dimensionamento da solução estrutural
    - f. Cortes e seções parciais com cotas e materiais
    - g. Indicação de rufos, cumeeiras e arremates
    - h. Indicação dos elementos de impermeabilização
    - i. Indicação dos elementos de isolamento termoacústico
5. Cortes
    - a. Indicação do sistema de coordenadas
    - b. Distinção gráfica entre estrutura, vedação, instalações
    - c. Indicação dos perfis naturais e alterados do terreno
    - d. Níveis dos pisos seccionados (bruto / acabado)
    - e. Cotas verticais de piso a piso
    - f. Cotas totais e parciais, com indicação de rebaixos / forros
6. Fachadas e demais elevações
    - a. Representação de todas as elevações externas
7. Estruturas
    - a. Indicação dos elementos do sistema estrutural, com especificação completa de revestimentos, distinção gráfica entre estes e as fundações
    - b. Dimensionamento de todas as peças estruturais, com indicação e especificação de armaduras
    - c. Projeto de fôrmas para estruturas de concreto
8. Instalações mecânicas
    - a. Localização e dimensionamento dos equipamentos
    - b. Localização de torres de arrefecimento, *fan-coils*
    - c. Localização e detalhamento de centrais de refrigeração
    - d. Localização e dimensionamento de vão de ar condicionado, quando se tratar de aparelhos individuais

- e. Detalhes relativos a elevadores e casa de máquinas
- 9. Instalações hidráulicas
  - a. Indicação de enchimentos, dutos, prumadas (shafts)
  - b. Pontos de distribuição de água e esgoto, mapeamento de rede de distribuição
  - c. Definição de componentes e louças para banheiro e cozinha
  - d. Localização de fossas e sumidouros
  - e. Detalhamento dos reservatórios de água (inferior / superior) com dimensões e capacidade em litros
- 10. Instalações elétricas
  - a. Indicação de enchimentos, dutos, prumadas (shafts)
  - b. Indicação de quadros e caixas de distribuição
  - c. Especificação de tipos de iluminação e interruptores
- 11. Instalações de gás
  - a. Indicação de prumadas de alimentação
  - b. Indicação dos pontos de atendimento
- 12. Instalações de telefonia
  - a. Indicação de prumadas e caixas de distribuição
  - b. Indicação dos pontos de atendimento
- 13. Projeto de combate à incêndio
  - a. Localização de hidrantes, extintores
  - b. Prumadas de alimentação de água
- 14. Impermeabilização
  - a. Indicação da solução de impermeabilização

## **X. Detalhes de execução / detalhes construtivos**

1. Detalhes de execução de alguns elementos, componentes e instalações críticos que possam ter seu desempenho afetado ao longo da vida útil da edificação:

- 2. Áreas molhadas
  - a. Posição e referência completa:
    - a.1. Louças sanitárias
    - a.2. Ferragens e acessórios
    - a.3. Bancadas e armários
    - a.4. Soleiras, rodapés
    - a.5. Forros, frisos, rodapés
    - a.6. Divisórias, boxes
    - a.7. Arremates em geral

- b. Cotas indicativas, totais e parciais
  - c. Elevações de paredes que contenham prumadas
  - d. Especificação completa de acabamentos
  - e. Detalhes de execução dos revestimentos
  - f. Arremates de impermeabilização
3. Escadas / rampas
    - a. Dimensionamento de pisos e patamares
    - b. Especificação e detalhes de fixação do corrimão
    - c. Revestimentos de pisos e espelhos
    - d. Cortes com indicações dos níveis, altura de espelhos, corrimãos
4. Esquadrias
    - a. Elevações com representação de folhas, montantes, divisões, marcos
    - b. Cotas gerias de todos os componentes
    - c. Indicações dos elementos fixos e móveis
    - d. Indicação dos sentidos das aberturas
    - e. Especificação completa, com os tipos de acabamentos
    - f. Cortes horizontais e verticais, indicando-se os componentes
    - g. Definição das aberturas, relação entre os vãos, luz, ventilação
    - h. Detalhes de montagem e vedação, observando questões de estanqueidade, acústica, segurança física e patrimonial
    - i. Detalhes de peitoris, pingadores
    - j. Detalhes de puxadores e peças de comando
    - k. Especificação de ferragens (dobradiças, pinos, pivôs, fechaduras), com seus respectivos detalhes de fixação
    - l. Especificação de detalhes de colocação de vidros
5. Instalações
    - a. Especificação completa e detalhes de instalação de equipamentos (ar-condicionado, exaustores, aquecedores)
6. Cobertura
    - a. Detalhes de execução de rufos, calhas, telhas
    - b. Arremates de impermeabilização de lajes, ralos
7. Especificação e detalhes de fixação de guarda-corpos, gradis
8. Arremates de materiais, principalmente em relação a soleiras, peitoris, rodapés, revestimentos e elementos de acabamento em geral
9. Dimensionamento e detalhes de fixação de mobiliário, como armários/balcões

10. Detalhamento e indicações de fixação de elementos de suporte de qualquer tipo de equipamento
11. Detalhamento e indicações de fixação de elementos de suporte de qualquer tipo de equipamento
12. Paginação dos revestimentos de piso
13. Projeto executivo de alvenarias

#### **XI. Caderno de especificações**

1. Especificação completa dos materiais e equipamentos, com indicação de fabricante, cor, texturas, linha, modelo, dimensões, observações de uso
2. Caracterização das condições de execução e o padrão de acabamento dos serviços
3. Indicação correta de locais de aplicação de cada um dos tipos de serviço
4. Indicação de normas técnicas aprovadas / recomendadas e métodos de ensaio / verificação específicos de materiais, elementos, instalações, equipamentos

#### **XII. Coordenação / gerenciamento de projetos**

1. Seleção, escolha e contratação de projetistas, consultores
2. Programação de reuniões entre as equipes técnicas para transmitir as recomendações para a elaboração dos projetos e requisitos a serem atendidos
3. Programação de reuniões entre as equipes técnicas de desenvolvimento de projetos para verificar o andamento dos trabalhos e compatibilizar as interferências

#### **XIII. Assistência à execução**

1. Visitas ao canteiro de obras
2. Participação de reuniões técnicas para esclarecimento de dúvidas
3. Alteração, substituição ou complementação de desenhos técnicos

## ***CHECK LIST - ESTRUTURAS***

### **I. Levantamento de Dados**

1. Projeto arquitetônico
2. Projeto de Combate a Incêndio
3. Levantamento planialtimétrico / topográfico (REAL)
4. Relatório de sondagem
5. Cronograma da obra (para acertar data de entrega das várias etapas do projeto)
6. Normas de apresentação gráfica
7. Levantamento da situação das edificações vizinhas, nas divisas (nível, tipo de fundação, profundidade das fundações, etc.)
8. Materiais e sistemas construtivos existentes na região
9. Nome de profissionais que executarão os projetos complementares
10. Nome da empresa que projetará a fundação (projeto geométrico)
11. Cópia da ART de arquitetura ou de execução
12. Definição de um coordenador para os projetos

### **II. Definições com o cliente**

1. Tipo de estrutura do edifício
  - a. Estruturado
  - b. Não estruturado
  - c. Misto
2. Tipo de laje
  - a. Maciça
  - b. Pré-moldada
  - c. Nervurada
  - d. Outro tipo
3. Previsão de rebaixo na laje com sua localização e dimensão
4. Tipo de acabamento a ser utilizado no piso de cada um dos cômodos
5. Altura do pé-direito a ser adotado
6. Previsão de flexibilidade futura (ex. retirada de parede)
7. Existência de apartamento de cobertura com ou sem piscina
8. Tipo de impermeabilização a ser adotada. Qual a solução será adotada para o desnível?
9. Tipo de impermeabilização a ser adotada nas áreas cobertas. Qual a solução será adotada para o desnível?
10. Altura das janelas externas.
  - a. Nivelar todas as vigas externas
  - b. Fazer vergas complementares
11. Confirmação de “paredes hidráulicas”
12. Localização das:
  - a. “caixas de incêndio”,
  - b. “caixas de telefones”

- c. medidores (gás, energia, etc)
- 13. Tipo de estrutura da escada
  - a. Estruturada
  - b. Não estruturada
  - c. Pré-moldada
- 14. Tipo de alvenaria a ser utilizada
  - a. Bloco de concreto
  - b. Tijolo cerâmico furado
  - c. Tijolo maciço
  - d. Bloco SICAL
- 14. Tipo de concreto a ser utilizado
- 15. Tipo de junta de dilatação
- 16. Volume da caixa d`água superior. Haverá caixa subterrânea?

### **III. Anteprojeto**

1. Lançamento da estrutura no esboço aprovado pelo cliente da planta do pavimento tipo.
2. Pré-dimensionamento desta estrutura para orientar ao arquiteto quanto às possíveis dimensões das peças estruturais.
3. Análise da interferência dos projetos complementares com os elementos estruturais definidos

### **IV. Projeto Executivo**

1. Lançamento da estrutura de todos os níveis
2. Cálculo (determinação dos esforços solicitantes nas peças estruturais) de todos os níveis
3. Reunião com o cliente e com o coordenador para definição da seção de todas as peças estruturais (lajes, vigas e pilares) em todos os níveis
4. Entrega das “plantas de formas”, para serem fornecidas aos profissionais que desenvolverão os “projetos complementares”
5. Entrega da planta de “locação de pilares e mapa de carga”, para ser encaminhada ao projetista da fundação e também para permitir a locação da obra
6. Entrega do desenho de forma e armação dos “Blocos de Coroamento” e “cintas” da fundação, dimensionados a partir do projeto geométrico desenvolvido pelo projetista da fundação.

## CHECK LIST - HIDRÁULICA

### **I. Levantamento dos dados**

1. Objetivos do cliente/obra
2. Características funcionais
3. Levantamento planialtimétrico / topográfico / hídrico
4. Levantamento cadastral de serviços públicos
  - a. Rede de água potável
  - b. Rede de esgotos sanitários
  - c. Galerias de águas pluviais
  - d. Proteção contra incêndio
  - e. Rede de gás combustível
5. Informações sobre o terreno
  - a. Limites, dimensões
    - a.1. Caixa retentora de água pluvial
    - a.2. Caixa reguladora de descarga
    - a.3. Área mínima de permeabilização
  - b. Construções existentes
6. Informações sobre o entorno
  - a. Uso e ocupação do solo
  - b. Infra-estrutura urbana disponível
7. Informações regionais relativas ao clima
8. Cronograma da obra para definição da entrega das várias etapas de projeto

### **II. Estudo Preliminar**

1. Padrões de construção e materiais a utilizar
  - a. Tubos e conexões
    - a.1. PVC
    - a.2. Aço galvanizado
    - a.3. Cobre, etc.
  - b. Louças
    - b.1. Cerâmicas
    - b.2. Inox
    - b.3. Sintéticas
  - c. Registros: com acabamento
    - c.1. Luxo
    - c.2. Standard
    - c.3. Popular ou comercial
    - c.4. Sem acabamento
  - d. Caixas
    - d.1. PVC
    - d.2. Fibro cimento
    - d.3. Concreto pré-moldado

- d.4. Aço
- d.5. Plástico especial
- 2. Qualificação e quantificação dos ambientes e do pessoal
- 3. Dimensionamento dos ambientes e especificação do mobiliário dos equipamentos e das instalações
- 4. Apresentação de estudos com alternativas para viabilização técnica
  - a. Usar válvulas de descarga ou caixa silenciosa
  - b. Usar reservatório enterrado ou superior, etc.
- 5. Apresentação de estudos de viabilidade econômica

## V. Anteprojeto

1. Posturas e padrões adotados:
  - a. Reservas de água potável
    - a.1. Consumo de água per capita
    - a.2. População a usufruir do edifício
    - a.3. Determinação do consumo máximo possível
    - a.4. Definição do padrão a adotar
  - b. Reservas de incêndio
  - c. Sistema de bombeamento
  - d. Recepção de água
    - d.1. Via pública
    - d.2. Poço artesiano
    - d.3. Ponteiras
  - e. Sistema direto ou indireto de alimentação
  - f. Sistema de distribuição de água potável
    - f.1. Direto
    - f.2. Indireto
    - f.3. Misto
  - g. Sistema de combate à incêndio
    - g.1. Automático
    - g.2. Sob comando
    - g.3. Extintores
  - h. Automação das bombas
    - h.1. Manual
    - h.2. Integrado (RA x RS x Bom.)
  - i. Descarga de esgoto sanitário
    - i.1. Fossas e sumidouros
    - i.2. Rede pública
    - i.3. Caixa coletora
  - j. Água pluvial
    - j.1. Rede pública
    - j.2. Descarga no pavimento
    - j.3. Descarga através dos vizinhos
    - j.4. Disposição das coberturas e do telhado

- j.5. Possibilidade de recepção de terceiros
      - k. Água quente
        - k.1. Sistema de aquecimento
          - k.1.1. Solar
          - k.1.2. Central com reserva
          - k.1.3. Prumado com reservatório
          - K.1.4. Prumado sem reservatório
2. Avaliação da disposição das peças sanitárias
3. Disposição das tubulações:
  - a. Água fria
    - a.1. Cobertura
    - a.2. Telhado
    - a.3. Pavimento tipo
    - a.4. Pilotis
    - a.5. Garagem
  - b. Água Quente
    - b.1. Cobertura
    - b.2. Pavimento tipo
    - b.3. Pilotis
    - b.4. Garagem
  - c. Esgoto sanitário
    - c.1. Cobertura
    - c.2. Telhado
    - c.3. Pavimento tipo
    - c.4. Pilotis
    - c.5. Garagem
  - d. Água pluvial
    - d.1. Cobertura
    - d.2. Telhado
    - d.3. Pavimento tipo
    - d.4. Pilotis
    - d.5. Garagem
  - e. Incêndio
    - e.1. Cobertura
    - e.2. Pavimento tipo
    - e.3. Pilotis
    - e.4. Garagem
4. Disposição das caixas:
  - a. Gordura
  - b. Retenção
  - c. Areia
  - d. Ralos sifonados
  - e. Inspeção
  - f. Passagem

5. Localização de padrões
  - a. Entrada de água
  - b. Saída de esgoto
  - c. Saída de água pluvial
  
6. Apresentação do corte esquemático
  - a. Água fria
  - b. Água Quente
  - c. Esgoto
  - d. Água pluvial
  - e. Incêndio

## **VI. Projeto básico**

1. Dimensionamento global das tubulações mediante o uso de normas técnicas
  - a. Água fria
  - b. Água Quente
  - c. Esgoto
  - d. Água pluvial
    - d.1. Calhas
    - d.2. Condutores
    - d.3. Rufos
  - e. Incêndio
2. Verificação e adequação das pressões disponíveis nos pontos consumidores de água fria e quente
3. Dimensionamento do sistema de bombeamento e das reservas de água potável (R.I.)
4. Dimensionamento das caixas e ralos
  - a. Esgoto
  - b. Água pluvial
5. Quantificação dos materiais necessários à execução
  - a. Água fria
  - b. Água Quente
  - c. Esgoto
  - d. Água pluvial
  - e. Incêndio

## **VII. Projeto Executivo**

1. Apresentação das plantas:
  - a. Água fria
    - a.1. Baixa do pilotis e garagem mostrando locais de descida da coluna de distribuição, dos ramais de distribuição, localização e alimentação via padrão de água
    - a.2. Baixa do pavimento tipo mostrando locais de descida da coluna de distribuição e dos ramais de distribuição

- a.3. Baixa da cobertura e/ou telhado mostrando a localização do barrilete e a projeção do RS.
- a.4. Corte esquemático geral
- a.5. Isométrico de todos os compartimentos consumidores de água fria
- b. Esgoto sanitário
  - b.1. Planta baixa do pilotis / garagem mostrando chegada dos tubos de queda, distribuição dos sub coletores e caixas com a ligação à rede pública
  - b.2. Planta baixa do pavimento tipo mostrando descidas dos tubos de queda, ramais de esgoto, ramais de descarga e principalmente rede de ventilação
- c. Água quente
  - c.1. Corte esquemático do sistema de aquecimento e distribuição e extração de vapores
  - c.2. Isométrico de todos os compartimentos consumidores de água quente
- d. Água pluvial
  - d.1. Planta baixa do pilotis / garagem sinalizando a posição, inclinação dos condutores verticais que chegam, dos condutores horizontais derivados, das caixas de areia, das grelhas e do local de descarga
  - d.2. Planta do telhado / cobertura mostrando calhas, grelhas, rufos existentes e os condutores verticais derivados
- e. Incêndio
  - e.1. Planta baixa do pilotis / garagem e do pavimento mostrando pontos de descidas do tubo de incêndio, localização de hidrantes e extintores

## **VIII. Detalhes de execução / detalhes construtivos**

1. Água fria
  - a. Planta de detalhamento RA (reservatório acumulação), RS, Bombas
  - b. Ramais de água em perspectiva
2. Esgoto sanitário
  - a. Detalhamento em corte das caixas e ralos
3. Água quente
  - a. Detalhamento do aquecedor utilizado
4. Incêndio
  - a. Detalhamento dos hidrantes, bombas e sprinklers
5. Elementos de suporte ou apoio das tubulações, braçadeiras, pendurais, consolos, pilaretes, muretas, embasamentos contínuos (berços)
6. Impermeabilizações adotadas às piscinas, lajes, reservatórios e jardineiras

7. Fossas sépticas, sumidouros, poços artesianos

## **IX. Caderno de especificações**

1. Especificação completa dos materiais e equipamentos, com indicação de fabricante, cor, texturas, linha, modelo, dimensões, observações de uso
2. Indicação de normas técnicas aprovadas / recomendadas e métodos de ensaio / verificação específicos de materiais, elementos, instalações, equipamentos
3. Relação e quantidade de todos os materiais e equipamentos
4. Legenda das simbologias e convenções gráficas

## **X. Assistência à execução**

1. Visitas ao canteiro de obras
2. Participação de reuniões técnicas para esclarecimento de dúvidas
3. Alteração, substituição ou complementação de desenhos técnicos

## CHECK LIST - ELÉTRICA

### **I. Levantamento dos dados**

1. Objetivos do cliente/obra
2. Características funcionais
3. Levantamento cadastral de serviços públicos
  - a. Rede de energia elétrica
  - b. Rede de iluminação pública
4. Informações sobre o terreno
  - a. Construções existentes
5. Informações sobre o entorno
  - a. Infra-estrutura urbana disponível
6. Cronograma da obra para definição de entrega das várias etapas de projeto

### **II. Estudo Preliminar**

1. Padrões de construção e materiais a utilizar
2. Qualificação e quantificação dos ambientes e do pessoal
3. Dimensionamento dos ambientes e especificação do mobiliário dos equipamentos e das instalações
4. Apresentação de estudos com alternativas para viabilização técnica
5. Apresentação de estudos de viabilidade econômica
6. Proposição e apresentação das instalações elétricas a serem adotadas e seu pré-dimensionamento
7. Plantas esquemáticas dos diferentes níveis da edificação e das áreas externas contendo o sistema de distribuição a ser adotado
8. Relatório técnico contendo o levantamento das cargas, cálculo de iluminação, verificação das quantidades e potências dos motores e as características de outras cargas a serem alimentadas com sua localização

### **III. Anteprojeto**

1. Dimensionamento do sistema adotado e localização precisa de seus componentes
2. Planta geral de implantação da edificação indicando elementos externo ou de entrada de energia
3. Localização dos pontos de entrada de energia elétrica, mostrando o posto de medição, a subestação (quando houver) com suas características principais
4. Localização da cabine e dos medidores
5. Determinação dos níveis de iluminamento em todos os pavimentos
6. Posicionamento dos pontos de consumo com respectiva carga, seu comando e redes internas de:
  - a. Luz

- b. Força
- 7. Posicionamento dos quadros de distribuição
- 8. Traçado dos condutores e caixas
- 9. Traçado e dimensionamento dos circuitos de distribuição, dos circuitos terminais e dispositivos de manobra e proteção
- 10. Tipos de aparelhos de iluminação e outros equipamentos, com suas características como carga, capacidade e outras
- 11. Localização e tipos de pára-raios
- 12. Localização dos aterramentos
- 13. Diagrama unifilar da instalação
- 14. Relatório técnico

#### **IV. Projeto Executivo**

1. Localização e dimensionamento das redes externas de energia elétrica
2. Localização dos quadros de distribuição
3. Localização do centro de medição e transformação (se houver)
4. Posicionamento e dimensionamento dos equipamentos
5. Sistema de iluminação externa
6. Projeto de aterramento e do sistema de pára-raios
7. Localização e dimensionamento dos pontos de consumo de energia elétrica com respectiva carga, seus comandos e identificação dos circuitos
8. Trajeto dos condutores
9. Localização e dimensionamento das caixas
10. Desenho indicativo de divisão dos circuitos
11. Definição e utilização dos aparelhos e respectivas cargas
12. Previsão de carga dos circuitos e alimentação de instalações especiais
13. Código e identificação de enfição e tubulação que não permita dúvidas na fase de execução adotando critérios e sequência lógica

#### **V. Detalhes de execução / detalhes construtivos**

1. Detalhamento do centro de medição
2. Detalhamento do registro de transformação
3. Detalhamento do projeto de aterramento e do sistema de pára-raios
4. Implantação dos postes e luminárias
5. Detalhes dos quadros gerais e parciais de distribuição
6. Detalhes de todos os furos necessários nos elementos de estrutura e de todas as peças a serem embutidas ou fixadas nas estruturas de concreto ou metálicas para passagem e suporte da instalação
7. Detalhes típicos específicos de todas as instalações de ligações de motores, luminárias, quadros, equipamentos elétricos e outros

**VI. Memorial descritivo**

1. Relação completa dos desenhos integrantes do projeto
2. Normas gerais adotadas, justificativa das soluções propostas e descrição detalhada dos serviços projetados
3. Especificações completas de materiais (em um mínimo de dois tipos) e serviços, e os quantitativos discriminados de materiais e serviços, de modo a atender à planilha orçamentária da obra
4. Apresentação da memória de cálculo, das cargas dos alimentadores e quadros
5. Especificação completa dos materiais e equipamentos, com indicação de fabricante, cor, texturas, linha, modelo, dimensões, observações de uso
6. Indicação de normas técnicas aprovadas / recomendadas e métodos de ensaio / verificação específicos de materiais, elementos, instalações, equipamentos
7. Relação e quantidade de todos os materiais e equipamentos
8. legenda das simbologias e convenções gráficas

**VII. Assistência à execução**

1. Visitas ao canteiro de obras
2. Participação de reuniões técnicas para esclarecimento de dúvidas
3. Alteração, substituição ou complementação de desenhos técnicos

## CHECK LIST - TELEFONIA

### **I. Levantamento dos dados**

1. Objetivos do cliente/obra
2. Atividades que irá abrigar
3. Caracterização do usuário por compartimento / função
  - a. Número de usuários
  - b. Tipo de usuário
  - c. Necessidades de central de comutação privada
  - d. Pontos telefônicos de ramais e linhas direta
4. Normas técnicas
5. Materiais a serem utilizados
6. Obtenção dos projetos de arquitetura, estrutura e demais instalações
7. Obtenção de informações quanto às características da rede de telefonia da concessionária local com relação à:
  - a. Tipo de instalação aérea ou subterrânea
  - b. Lado da rua em que passam os cabos
  - c. Previsões de alteração da rede local
8. Previsão de pontos para ligação de equipamentos de fax, para interligação de computadores, para ligação à rede Internet, Intranet, etc.

### **II. Estudo Preliminar**

1. Padrões de construção e materiais a utilizar
2. Apresentação de estudos com alternativas para viabilização técnica
3. Apresentação de estudos de viabilidade econômica
4. Proposição e apresentação do sistema de telefonia a ser adotado e seu pré.dimensionamento
5. Plantas esquemáticas dos diferentes níveis da edificação e das áreas externas contendo
  - a. O sistema de distribuição a ser adotado
  - b. Locação das caixas de distribuição, prumadas, tipo e local de entrada
  - c. Indicação do número calculado de pontos telefônicos
6. Compatibilização com os projetos de arquitetura, estrutura e demais sistemas, observando a não interferência entre os elementos dos diversos projetos e a necessidade de acesso para inspeção e manutenção do sistema

### III. Anteprojeto

1. Dimensionamento do sistema adotado e localização precisa de seus componentes
2. Apresentação da planta de cada nível da edificação contendo:
  - a. Tubulação secundária
  - b. Locação das faixas de saída
  - c. Distribuição de área e geral
  - d. Entrada de cabos e/ou fiação
  - e. Caracterização do recinto onde for instalada a central de comutação telefônica
3. *Layout* preliminar da central de comutação
4. Relatório técnico

### IV. Projeto Executivo

#### Projeto de Tubulações

1. Planta de cada nível da edificação com locação definitiva e dimensionamento das caixas de distribuição de área e geral, prumadas e toda a rede de tubulação secundário e de entrada
2. Corte das prumadas e tubulações de entrada
3. Arranjo de central privada de comutação telefônica
4. Relatório técnico

#### Projeto de Redes de Cabos e Fios

1. Planta de cada nível da edificação, com locação da rede secundária, indicando as caixas de saída, trajeto, quantidade, distribuição e comprimento dos fios utilizados
2. Corte vertical contendo a rede primária e mostrando em forma esquemática os andares e a tubulação telefônica do prédio com todas as suas dimensões, com o esquema da rede telefônica ao lado da tubulação
3. Apresentação:
  - a. Configuração da rede
  - b. Posição das emendas
  - c. Capacidades
  - d. Diâmetro dos condutores
  - e. Distribuição dos cabos da rede interna
  - f. Comprimento dos cabos
  - g. Quantidade, localização e distribuição dos blocos terminais internos
  - h. Cargas de cada caixa de distribuição, cargas acumuladas e o número ideal de pares terminados em cada trecho
4. Elaboração de uma planta tipo definindo a distribuição do fio para cada recinto dos diversos andares

**V. Detalhes de execução / detalhes construtivos**

1. Detalhes gerais da caixa subterrânea de entrada aérea, poços de elevação, cubículos de distribuição
2. Detalhamento do corte esquemático do distribuidor geral da edificação, mostrando a disposição dos blocos de rede interna e do lado da rede externa

**VI. Memorial descritivo**

1. Relação completa dos desenhos integrantes do projeto
2. Indicação de normas técnicas aprovadas/recomendadas e métodos de ensaio / verificação específica de materiais, elementos, instalações, equipamentos
3. Especificações completas de materiais (em um mínimo de dois tipos) e serviços, e os quantitativos discriminados de materiais e serviços, de modo a atender à planilha orçamentária da obra
4. Legenda das simbologias e convenções gráficas

**VII. Assistência à execução**

1. Visitas ao canteiro de obras
2. Participação de reuniões técnicas para esclarecimento de dúvidas
3. Alteração, substituição ou complementação de desenhos técnicos

## GLOSSÁRIO

**Benchmarking:** processo estruturado utilizado para comparação dos produtos, serviços ou processos de uma companhia com o melhor da classe. Seu objetivo é estabelecer os padrões de desempenho obtido pelo(s) líder(es) de mercado em todas as esferas de atividades equivalentes, desde o projeto até a assistência pós-venda. O intervalo que separa o desempenho da companhia do desempenho dos líderes de mercado nestas atividades, passa a ser o intervalo a ser preenchido para eliminar a desvantagem competitiva. Os objetivos de melhoria da qualidade podem ser definidos e incluídos no plano anual da qualidade.

**Controle da qualidade (CQ):** atividade planejada que avalia e compara o desempenho dos processos e a conformidade dos produtos com as especificações relevantes. O objetivo final é eliminar as discrepâncias entre as situações reais e as normas. O controle da qualidade envolve técnicas e atividades operacionais voltadas para a monitoração de um processo e a eliminação das causas do desempenho insatisfatórias em estágios relevantes.

**Controle estatístico do processo:** CEP – uso de métodos estatísticos a fim de evitar que o processo de produção apresente variações indesejadas que teriam efeitos adversos sobre o produto ou serviço gerado. O CEP utiliza as informações que teriam efeitos adversos sobre o produto ou serviço gerado. O CEP utiliza as informações obtidas através da análise dos dados relativos ao processo e ao produto. A dispersão e a centralização dos processos sobre o valor nominal são fundamentais para as atividades de controle do processo. Quando este termo indica uma condição do processo (o processo está em estado de controle estatístico ou sob controle), o desempenho do processo não foi alterado por causas especiais, sendo seu comportamento previsível.

**Eficácia:** medida do hiato que pode existir entre os resultados obtidos e as metas especificadas. Relaciona-se ao resultado do que se faz.

**Eficiência:** a relação entre os recursos humanos, o equipamento e o capital investido e os resultados obtidos a partir do uso destes recursos. Para um determinado resultado, a eficiência aumentará na proporção direta da possibilidade do grau de redução do uso destes recursos. Relaciona-se com a forma como as coisas são feitas. Na análise final, quando as informações e os resultados são quantificados em termos financeiros, a eficiência depende: da tecnologia e do know-how disponíveis; dos custos dos recursos (capitais, matéria-prima e recursos humanos).

**Engenharia simultânea:** integração dos processos de engenharia do projeto, desenvolvimento e produção através da fase de definição do produto a fim de produzir um custo competitivo para o produto, de acordo com a exigência da especificação e a capacidade do processo dentro do menor prazo possível.

**Feedback:** realimentação, retroalimentação, complementação do processo de comunicação entre duas ou mais pessoas. É a resposta a uma iniciativa, idéia ou pensamento, transmitido sob a forma de uma mensagem escrita, verbal ou corporal/objetos.

**FMEA do processo:** process failure mode and effect analysis (análise do efeito e do modo de falha do processo). Semelhante ao FMEA do produto, mas parâmetros analisados dizem respeito ao processo de produção. O índice de prioridade de risco se refere a uma fase do processo de produção.

**FMEA do produto:** product failure mode and effect analysis (análise do efeito e do modo de falha do produto). Estudo das potenciais falhas do produto a fim de limitar seu efeito negativo potencial. É uma metodologia abrangente e analítica que objetiva identificar, listar, classificar e aplicar ações corretivas para qualquer erro ou pane possível. O FMEA do produto deve ser considerado na etapa de projeto do produto. Sua aplicação exige a classificação dos principais parâmetros de um componente ou sub sistema de acordo com três dimensões:

a) Do ponto de vista do cliente, qual o nível de seriedade do mau funcionamento de um produto ou partes dele?

- b) Qual a probabilidade de detecção na origem de um erro ou falha?
- c) Qual a probabilidade de ocorrência de um erro ou pane? Esta avaliação baseia-se em dados históricos e/ou na melhor estimativa feita por especialistas da área. A multiplicação de A por B por C produz o “índice de prioridade de risco”. Quanto maior o valor deste índice, maior deve ser o esforço de prevenção.

**Gerenciamento da qualidade total (TQM):** abordagem de gerenciamento que busca melhorar a qualidade, reduzir os custos e aumentar a satisfação do cliente através da reestruturação das práticas tradicionais de gerenciamento, de certa forma, a aplicação do TQM é única para cada organização que adota uma abordagem desse tipo. No entanto, com base na observação das práticas de uma série de companhias norte-americanas que adotaram o TQM, parece haver um consenso acerca dos atributos comuns a todas as abordagens ao TQM. A satisfação do cliente é um fator crítico para manter a competitividade no mercado. Essencialmente, é a satisfação do cliente interno e externo que impulsiona os esforços da qualidade. Os altos executivos têm que liderar ativamente a fim de estabelecer a qualidade como valor fundamental na filosofia de gerenciamento da companhia. Os conceitos da qualidade precisam ser claramente articulados e profundamente integrados em todas as atividades da companhia. Os altos executivos precisam estabelecer a qualidade como valor fundamental na filosofia de gerenciamento da companhia. Os altos executivos precisam estabelecer uma cultura corporativa que envolva todos os funcionários na contribuição para as melhorias da qualidade. As companhias têm que se concentrar na participação dos funcionários no trabalho em equipe e no treinamento em todos os níveis. Esta abordagem deve fortalecer o comprometimento do funcionário com a melhoria contínua da qualidade. Para obter êxito, os sistemas de gerenciamento da qualidade total têm que se basear numa abordagem contínua e sistemática de coleta, avaliação e ação sobre fatos e dados. Os fornecedores devem ser sócios do processo de gerenciamento da qualidade. Uma boa relação trabalho entre fornecedores e produtores pode ser mutuamente benéfica.

**Globalização:** tendência para os negócios cruzar os limites internacionais, tanto em marketing de produto quanto em movimentação de matérias-primas e produtos acabados.

**International Organization for Standardization (ISO):** a família de normas NBR ISO 9000 foi elaborada para fornecer diretrizes em gestão, situações contratuais, aprovação e certificação de sistemas da qualidade. O conjunto se divide em dois segmentos: um visando garantia da qualidade e outro visando a gestão da qualidade. Ambos os segmentos enfatizam a satisfação das necessidades do cliente, a definição das responsabilidades funcionais, avaliações dos riscos potenciais e benefícios da qualidade.

**Just in time (JIT):** sistema para envio de matéria-prima ou componentes para a linha de produção a fim de que cheguem exatamente no momento em são necessários. O JIT, desenvolvido pela Toyota, objetiva minimizar ou eliminar os estoques a fim de evitar que a companhia incorra em custos relacionados a estoque improdutivo. Ao adotar este sistema, a produção usa o sistema de corrente, através do qual o material não é recebido do fornecedor ou requisitado pela fase anterior até que seja necessário para sustentar a produção. Um sistema JIT eficiente exige que todas as funções da companhia atuem de forma harmônica nas atividades de compras, produção, marketing e vendas. A vantagem competitiva obtida é derivada da capacidade da companhia de entregar ao mercado o produto requisitado num espaço de tempo curto e na quantidade desejada. Ao evitar custos de valor não-agregado, também serão obtidos preços competitivos. O conceito parece ser simples. No entanto, sua aplicação é complexa e suas implicações são variadas e de longo alcance.

**Logística:** num contexto industrial, esse termo se refere as funções de obtenção dos suprimentos, movimentação dos materiais e distribuição dos produtos, à tempo e à hora de suas necessidades. Um termo usado para descrever a ciência de coordenados e dispor dos materiais (insumos, produtos, etc.) e informações. A logística trata, na verdade de fornecer o produto certo na hora certa e no local certo.

**Manutenção Produtiva Total (TPM):** total productive maintenance – visa a maximização da efetividade do equipamento durante a sua vida inteira. A TPM envolve todos os departamentos e em todos os níveis; ela motiva as pessoas para a manutenção da fábrica através de atividades voluntárias do pessoal da operação e em pequenos grupos envolve elementos básicos, como o desenvolvimento de um sistema de manutenção da fábrica através de atividades voluntárias do pessoal da operação e em pequenos grupos envolve elementos básicos, como o desenvolvimento de um sistema de manutenção, o ensino sobre organização básica, a habilidade de resolver problemas e as atividades desenvolvidas para chegar a zero quebras de máquinas. Prática de limpar, lubrificar, ajustar, trocar peças, etc., em intervalos programados de forma a evitar perdas de tempo com reparos não programados, e objetivando, também, prolongar a vida útil dos equipamentos.

**Marketing:** tipo de gerenciamento de empresas baseado naquilo que o mercado quer. As necessidades do cliente, suas expectativas, suas exigências sejam elas grandes ou pequenas têm que penetrar e permear todas as funções da companhia, todos os funcionários da companhia têm que estar a par do que o mercado deseja e, conseqüentemente, têm que concentrar seus esforços na satisfação destas exigências. O marketing, oposto ao conceito de *product-out*, é um elemento do Controle da Qualidade na empresa como um todo.

**Parceria:** relação ideal que a companhia deveria estabelecer com seus fornecedores e, quando possível, com seus clientes. A parceria é prática comum para todas as companhias envolvidas com programas de melhoria da qualidade para seus produtos e serviços e é essencial para o estabelecimento de uma atmosfera de colaboração e confiança mútua com os fornecedores. Este termo indica que as firmas que fornecem matéria-prima ou componentes devem ser vistas com uma extensão externa da companhia, como “parcerias” que colaboram com a companhia para o atingimento do sucesso no mercado.

**Produtividade:** proporção entre o “output” produzido e o “input” requerido para produzi-lo. O output deve incluir todos os custos necessários para gerar o

produto (resultados/recursos ou ganho/despesas operacionais). O valor de “output” útil por unidade de custo para vários grupos de pessoas na manufatura e atividades relacionadas. Comumente considerada para operários da produção, mas igualmente aplicável para planejamento e controle, aquisição, processamento de dados, marketing, engenharia e outros grupos. É o resultado das ações que levam a empresa em direção a sua meta, que é de ganhar dinheiro hoje e sempre.

**Rastreabilidade:** capacidade de rastrear a história, aplicação ou localização de um item ou atividade através de dados registrados. As exigências de rastreabilidade devem ser especificadas para um determinado período da história ou ponto de origem.

**Reengenharia:** método usado para reprojeter e reformar sistematicamente toda uma empresa, função ou processo. Completa reelaboração de um processo (em oposição à mudança de um ou poucos de seus componentes) para atingir um novo padrão identificado de desempenho.

**Retrabalho:** ação implementada sobre um produto não conforme de modo que ele atenda aos requisitos especificados.

**Terceirização:** expressão usada para designar a tendência de comprar fora (de terceiros) tudo o que não fizer parte do negócio principal de uma empresa; fornecedores e compradores passam a ser terceiros.

**Zero defeito:** literalmente, um produto ou serviço livre de defeitos. Essencialmente, o zero defeito é um meta de longo prazo em direção a qual a companhia se orientará através do seu programa de melhoria da qualidade. É ideal que este conceito tenha impacto sobre as funções. Na verdade, pode ser impossível chegar a zero defeito, mas pode ser uma meta que os funcionários lutarão para atingir. Se o conceito não for adequadamente entendido e aplicado no local de trabalho, pode ter um impacto negativo.