

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESCOLA DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS

**ANÁLISE DA GESTÃO DO PROCESSO DE
PROJETO ESTRUTURAL DE CONSTRUÇÕES
METÁLICAS**

AUTORA: RENATA BACELAR TEIXEIRA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Cícero Murta Diniz Starling

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery

Belo Horizonte, Março de 2007

**“ANÁLISE DA GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO
ESTRUTURAL DE CONSTRUÇÕES METÁLICAS”**

Renata Bacelar Teixeira

**"ANÁLISE DA GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO
ESTRUTURAL DE CONSTRUÇÕES METÁLICAS"**

Renata Bacelar Teixeira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de "Mestre em Engenharia de Estruturas".

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Cícero Murta Diniz Starling
DEMC - UFMG - (Orientador)

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery
DEMC - UFMG (co-orientador)

Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes
DEMC - UFMG

Prof. Dr. Armando Cesar Campos Lavall
DEES - UFMG

Prof. Dr. Sílvio Burrattino Melhado
EPUSP

Belo Horizonte, 30 de março de 2007

Aos amores da minha vida. Ao Ju, pela compreensão, sabedoria e força nos momentos mais difíceis desta dura jornada e ao meu pequeno Gui, que pacientemente soube dividir com este trabalho, desde sua concepção até ao nascimento, seus primeiros anos de vida!

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Minas Gerais, em especial ao Departamento de Engenharia de Estruturas que, ao permitir que arquitetos se formem mestres em Engenharia de Estruturas, fez um sonho se tornar possível e real. Pela oportunidade de aprendizado e crescimento, obrigada!

Ao meu orientador Prof. Dr. Cícero Murta Diniz Starling e meu co-orientador Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery pelos ensinamentos e por me mostrarem e abrirem novos caminhos, pela motivação e principalmente pela compreensão e paciência nos momentos mais difíceis. Sem a generosidade destas duas pessoas tão competentes e únicas, seria inviável a realização desta pesquisa.

Aos professores das bancas de defesa de Projeto de Dissertação, Prof. Eduardo Romeiro e Prof. Eduardo Marques Arantes, que contribuíram de maneira significativa ainda no início, com ponderações e sugestões preciosas. Aos professores membros da banca do Fórum sobre Pesquisas em Gestão do Processo do Projeto no NUTAU'06, Prof. Dr. Sílvio Burratino Melhado, Prof. Dra. Mônica Santos Salgado e Prof. Dr. Otávio de

Oliveira, que, com questões e críticas mais que pertinentes, propiciaram o crescimento deste trabalho.

Às diversas empresas entrevistadas, que devido ao pacto de sigilo proposto a elas, infelizmente não serão citadas individualmente. Elas, representadas na grande maioria das vezes pelos seus próprios sócios e diretores, fizeram um enorme esforço e, sem se importarem em expor a intimidade das empresas, conseguiram dedicar um valioso tempo de suas rotinas para atender à pesquisa.

À empresa na qual se desenvolveu o estudo de caso, que não impôs barreiras para que houvesse uma participação intensa na obra, com livre acesso a todas as áreas no canteiro, aos documentos e a pessoas envolvidas no processo de projeto. Ao Sr. Francisco Pereira e à Sra. Déborah Panisset pela compreensão e atenção em todas as visitas. Sem dúvida, contribuições muito valiosas!

Aos vários colegas da pós-graduação, entre eles: Josie, Jean Carla, Daniel, Alexandre Caram e, em especial, Sra. Arq. Renata Braga de Albuquerque Campos, Msc., amiga que dividiu os vários momentos desta trajetória e foi cúmplice nos sofrimentos durante as exaustivas horas de estudo. Aos funcionários do DEES, principalmente à Inês, Lucíola e Patrícia, por estarem sempre prontas a atender, mesmo que seja a toda hora.

Ao CNPq – Conselho Nacional de Pesquisa pela bolsa concedida para a realização deste trabalho.

Às minhas inseparáveis amigas de Ouro Branco (Ana Beatriz, Ana Paula, Carolina, Fabiana, Fafá, Flávia, Francine e Giovana) que estiveram presentes durante as lamentações e angústias, sempre apoiando e encorajando para que enfrentasse as dificuldades e hoje participam desta alegria. Obrigada pelo carinho!

Ao meu sócio Bruno Amaral que soube compreender minha ausência durante o desenvolvimento desta dissertação.

À Juliana Catão, que com sua presteza contribuiu significativamente para o Abstract e ao Márcio Teixeira, que com sua infindável paciência observou todos os detalhes que ainda se passavam despercebidos pelo texto.

À minha família, pelo apoio incondicional e,
Aos meus pais e à minha irmã, mais que obrigada por me agüentarem durante todo este tempo.

A todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

SUMÁRIO	V
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	XV
RESUMO	XVII
ABSTRACT	XVIII
INTRODUÇÃO	1
OBJETIVOS E METAS	6
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
3.1. Introdução	8
3.2. Panorama do setor da construção civil	9
3.3. Sistemas de gestão da qualidade	12
3.4. O processo de projeto	21
3.4.1. Características do processo de projeto	21

3.4.2.	Importância do processo de projeto no desenvolvimento dos empreendimentos	29
3.4.3.	Alguns estudos sobre o processo de projeto	33
3.5.	Processo de projeto em construções metálicas	44
3.5.1.	Características do processo de projeto de construções metálicas	44
3.5.2.	Alguns estudos sobre o processo de projeto de construções metálicas ..	56
3.6.	Considerações finais	66
METODOLOGIA		68
4.1.	Metodologia do levantamento de dados através das entrevistas.....	69
4.1.1.	Seleção e caracterização das empresas entrevistadas	70
4.1.2.	Caracterização dos questionários (roteiro das entrevistas).....	76
4.1.3.	Caracterização do desenvolvimento das entrevistas.....	82
4.2.	Metodologia do estudo de caso.....	84
RESULTADOS E DISCUSSÃO		86
5.1	Planejamento de empreendimentos que utilizam estrutura metálica	87
5.2	Desenvolvimento do projeto estrutural metálico	111
5.3	Relação entre agentes do processo de projeto	136
5.4	Gestão de documentos	143
5.5	Análise específica de um empreendimento	148
5.5.1	Descrição do processo de projeto do estudo de caso	153
5.5.2	Análise do processo de projeto estrutural do empreendimento do estudo de caso.....	172
5.6	Alguns dos problemas mais frequentes que têm como causa falhas no processo de projeto estrutural de construções metálicas	181
CONCLUSÕES A RESPEITO DAS ANÁLISES E DO ESTUDO DE CASO.....		219
SUGESTÃO DE DIRETRIZES PARA APRIMORAMENTO DO PROCESSO DE PROJETO DE CONSTRUÇÕES METÁLICAS		223
CONSIDERAÇÕES FINAIS		232
SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS		235
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		236
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR		241
ANEXO A		244

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 3

Figura 3.1.	Composição do PIB por Atividade Econômica em 2003	10
Figura 3.2.	Principais agentes de um empreendimento de construção. (MELHADO & VIOLANI, 1992)	23
Figura 3.3.	Esquema de processo seqüencial de projeto e a participação dos diversos agentes. (FABRÍCIO & MELHADO, 2001)	29
Figura 3.4.	Fases de um empreendimento e a capacidade delas de influenciar o custo final de uma edificação (CII, 1987)	30
Figura 3.5.	O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo do edifício (HAMMARLUND & JOSEPHSON, 1992).....	31
Figura 3.6.	Custos do empreendimento: práticas convencionais x maior investimento na etapa de projetos (BARROS & MELHADO, 1993)	32
Figura 3.7.	Origem das patologias e mau funcionamento das edificações segundo diversos autores. (a) Maciel & Melhado (1995); (b) Meseguer (1991)..	33
Figura 3.8.	Processo de projeto segundo a ótica da qualidade (MELHADO, 1999)	37

Figura 3.9.	Engenharia seqüencial x engenharia simultânea (FABRICIO, 2002)	40
Figura 3.10.	Proposta para a seqüência de projeto buscando paralelismo e interatividade entre as etapas de projeto (BAÍA; FABRICIO; MELHADO, 1999).....	43
Figura 3.11.	Representação do processo de produção de edifícios metálicos (MESEGUER, 1991)	52
Figura 3.12.	Diagrama das fases do processo de projeto de construções metálicas (BAUERMANN, 2002).....	54
Figura 3.13.	Corrosão uniforme proveniente de falha no processo de projeto (CASTRO, 1999).....	58
Figura 3.14.	Incompatibilidade entre perfis (PRAVIA & BETINELLI, 1998).....	59
Figura 3.15.	Falta de furo na coluna – erro de gabarito (PRAVIA & BETINELLI, 1998).....	60
Figura 3.16.	Comprimento excessivo da peça (PRAVIA & BETINELLI, 1998)	60
Figura 3.17.	Erro na locação do furo (PRAVIA & BETINELLI, 1998).....	60
Figura 3.18.	Amassamento da estrutura para realização de soldagem (SANTOS, 1998).....	61
Figura 3.19.	Flambagem global da diagonal da treliça (PRAVIA & BETINELLI, 1998).....	61
Figura 3.20.	Furo para passagem de tubulação hidráulica (SANTOS, 1998).....	62
Figura 3.21.	Incompatibilidade entre os projetos estruturais de concreto e metálico (PRAVIA & BETINELLI, 1998).....	63
Figura 3.22.	Esboço comparativo entre a estrutura de patologia convencional e a estrutura do conceito proposto por Bauermann (BAUERMANN, 2002)65	

CAPÍTULO 5

Figura 5.1.	Seqüência de acontecimentos que podem favorecer na diminuição da qualidade do processo de projeto.....	97
Figura 5.2.	Comparativo da seqüência de projeto estrutural proposta pelo manual da ABECE (2007) e a praticada nas empresas de projeto estrutural entrevistadas.....	121

Figura 5.3.	Seqüência de projeto de um empreendimento metálico e a relação desta com as demais especialidades técnicas.....	123
Figura 5.4.	Vista da lateral direita do edifício (Fonte: arquivo EC-A)	148
Figura 5.5.	Vista da cobertura do edifício (Fonte: arquivo EC-A)	149
Figura 5.6.	Vista da fachada do edifício após montagem da estrutura (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 26/09/06).....	149
Figura 5.7.	Projeto arquitetônico do empreendimento do estudo de caso – esboço do pavimento tipo (Fonte: adaptado projeto EC-A)	151
Figura 5.8.	Projeto arquitetônico do empreendimento do estudo de caso. (a) corte AA e (b) fachada frontal (Fonte: arquivo EC-A).....	152
Figura 5.9.	Croquis elaborado pela EC-CO no EPA (Fonte: arquivo EC-CO).....	157
Figura 5.10.	Ângulo similar ao do croquis após a elaboração do PBA pela EC-A (Fonte: arquivo EC-A)	157
Figura 5.11.	Seqüência de projeto e responsabilidades dos agentes envolvidos.....	162
Figura 5.12.	(a) Corte apresentado no projeto estrutural (Fonte: empresa EC-Ea); (b) posicionamento do corte visto em planta.....	164
Figura 5.13.	Laje <i>Steel Deck</i> (METFORM, 2006).....	165
Figura 5.14.	(a) Fixação dos <i>Stud Bolts</i> ; (b) Concretagem da laje. (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em 26/09/06 e 06/10/06).....	165
Figura 5.15.	Modificação da volumetria da edificação devido à mudanças nos requisitos de projeto. (a) Projeto inicial; (b) 1ª modificação, antes da fabricação da estrutura metálica; (c) 2ª modificação, após a concretagem das lajes (Fonte: adaptado do projeto EC-A).....	178
Figura 5.16.	Erro na furação do pilar na ligação viga-pilar. (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em 26/09/06).....	182
Figura 5.17.	Parafusamento realizado manualmente (a) e torqueamento através de ferramentas automáticas (b). (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em (a) 21/09/06e (b)19/09/06).....	183
Figura 5.18.	Pouco espaço para movimentação das chaves. (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 21/09/06).....	184

- Figura 5.19. Problemas durante o parafusamento da estrutura (a) ligação viga pilar; (b) ligação viga-viga. (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em (a)19/09/06 e (b) 26/09/06)..... 184
- Figura 5.20. Parte de desenho de projeto de desenvolvimento de equipamento eletrônico. (Fonte: projeto cedido por empresa de desenvolvimento de tecnologia. BIOS, 2006) 185
- Figura 5.21. Projeto de detalhamento das ligações. (a) detalhe das ligações no eixo “a”; (b) detalhe das ligações no eixo “b” e (c) indicação dos eixos das ligações. (Fonte: (a) e (b) projeto empresa EC-Ea, (c) arquivo pessoal. Foto obtida em 21/09/06)..... 186
- Figura 5.22. (a) Shaft para passagem de tubulação hidráulica. (b) Shaft para passagem de tubulação elétrica e cabeamento estruturado. (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em (a)14/11/06 e (b) 09/01/07). 189
- Figura 5.23. Tubulação elétrica aparente. (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 09/01/07)..... 189
- Figura 5.24. Posicionamento das instalações elétricas e hidráulicas aparentes sem interferência com a estrutura metálica. (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 09/01/07)..... 189
- Figura 5.25. Recorte nas alvenarias para passagem das instalações elétricas. (a) Marcação para posterior recorte. (b) Após recorte e passagem da tubulação elétrica. (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em 09/01/07).190
- Figura 5.26. Tubulação de escoamento de água pluvial do terraço sendo direcionada para (a) shafts e (b) dutos principais de escoamento. (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em 09/01/07)..... 191
- Figura 5.27. Incompatibilidade entre eletrocalhas do projeto elétrico e mísulas do projeto estrutural metálico. (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 14/11/06)..... 192
- Figura 5.28. Elevação do projeto estrutural e detalhe da ligação onde se encontra a mísula. (Fonte: adaptado do projeto empresa EC-Ea). 193
- Figura 5.29. Projeto elétrico original (Fonte: empresa EC-Eb). 193

Figura 5.30.	Projeto elétrico visualizando as interferências entre a mísula e a eletrocalha (projeto original) e a marcação das mudanças ocorridas na obra.	195
Figura 5.31.	Vigamento metálico da área dos elevadores, visto pelo (a) projeto arquitetônico e (b) projeto estrutural. (Fonte: adaptado dos projetos das empresas (a) EC-A e (b) EC-Ea).	198
Figura 5.32.	Vigamento necessário na área dos elevadores, visto pelo projeto da empresa de elevadores. (a) Planta e (b) parte do corte ww. (Fonte: projeto da empresa dos elevadores).	199
Figura 5.33.	Vão dos elevadores. Vista da cinta de concreto e início da montagem da alvenaria em bloco de concreto celular autoclavado (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 14/11/06).	200
Figura 5.34.	(a) Detalhe do ferro cabelo soldado ao pilar metálico e (b) Detalhe da chapa de isopor na interface entre alvenaria e estrutura metálica (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em (a) 24/10/06 e (b) 14/11/06).	204
Figura 5.35.	Interface entre alvenaria e estrutura metálica	204
Figura 5.36.	Encontro entre a alvenaria e a viga metálica. (a) Chapa metálica soldada e a soldar. (b) Chapa de isopor (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em 09/01/06).	205
Figura 5.37.	Encontro entre a alvenaria e a laje <i>steel deck</i> (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 09/01/06).	206
Figura 5.38.	Testes de aderência da argamassa no encontro entre alvenaria e as chapas metálicas de contenção do concreto do <i>steel deck</i> (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 14/11/06).	207
Figura 5.39.	Chapa do <i>steel deck</i> danificada (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 26/09/06).	208
Figura 5.40.	Erro na etapa de detalhamento do projeto estrutural. (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 19/09/06).	209
Figura 5.41.	Reforço nas vigas onde o piso das áreas molhadas foi rebaixado. (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 19/09/06).	212
Figura 5.42.	Desalinhamento dos pilhars. (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em 19/09/06).	214

Figura 5.43.	Descentralização dos pilares na fundação (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em 26/09/06).	215
Figura 5.44.	Diferença do posicionamento das fundações nos projetos. (a) Projeto de arquitetura, (b) projeto de estruturas, (c) projeto de fundação (Fonte: (a) empresa EC-A; (b) empresa EC-Ea; (c) empresa EC-Eb).....	216
Figura 5.45.	Viga seccionada no canteiro de obra (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em (a) 25/09/06, (b) 26/09/06 e (c) 06/10/06).....	218

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 3

Tabela 3.1	Componentes da qualidade do projeto (PICCHI, 1993).....	34
Tabela 3.2	Diretrizes para melhoria do processo de projeto segundo Moraes (2000).....	64

CAPÍTULO 4

Tabela 4.1	Caracterização das 30 empresas entrevistadas.....	72
Tabela 4.2	Definição do porte das empresas	73
Tabela 4.3	Certificação das empresas entrevistadas.....	75

CAPÍTULO 5

Tabela 5.1.	Contratação das empresas entrevistadas	92
Tabela 5.2.	Escolha do sistema estrutural metálico.....	103
Tabela 5.3.	Requisitos para o desenvolvimento dos projetos.....	109
Tabela 5.4.	Análise das entradas dos projetos	116
Tabela 5.5.	Análise da elaboração dos projetos.....	125

Tabela 5.6.	Análise das saídas dos projetos.....	133
Tabela 5.7.	Relação entre agentes do processo de projeto	140
Tabela 5.8.	Análise da gestão de documentação das empresas entrevistadas	146
Tabela 5.9.	Contratação das empresas envolvidas no estudo de caso	156
Tabela 5.10.	Requisitos para o desenvolvimento dos projetos.....	160
Tabela 5.11.	Escolha do sistema estrutural.....	160
Tabela 5.12.	Análise das entradas dos projetos	167
Tabela 5.13.	Análise da elaboração dos projetos.....	168
Tabela 5.14.	Análise das saídas dos projetos.....	169
Tabela 5.15.	Relação entre profissionais	171
Tabela 5.16.	Controle de documentos	171

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABECE	Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural
ABRASIP	Associação Brasileira de Engenharia de Sistemas Prediais
ACP	Fase de Apoio à Concepção do Produto
ADP	Fase de Apoio à Definição do Produto
APA	Anteprojeto de Arquitetura
APE	Anteprojeto de Estruturas
APO	Avaliação de Pós-ocupação
AsBEA	Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura
A-1 a A-7	Empresas de Arquitetura entrevistadas
CA	Cálculo Estrutural
CNPq	Conselho Nacional de Pesquisa
C-1 e C-2	Empresas Construtoras entrevistadas
CO-1 e CO-2	Empresas de Coordenação de projetos entrevistadas
DEES	Departamento de Engenharia de Estruturas
DET	Fase de Detalhamento das Especialidades
DTA	Detalhamento Arquitetônico
DTE	Detalhamento Estrutural
EPA	Estudo Preliminar de Arquitetura
EPE	Estudo Preliminar de Estruturas
E.S.	Engenharia Simultânea
EV	Estudo de Viabilidade

E-1 a E-11	Empresas de projeto estrutural de construções metálicas entrevistadas
EC-A	Empresa responsável pelo projeto de arquitetura do empreendimento do estudo de caso
EC-CO	Empresa contratante e responsável pela coordenação dos projetos e obra do empreendimento do estudo de caso
EC-Ea	Empresa responsável pelo projeto estrutural metálico do empreendimento do estudo de caso
EC-Eb	Empresa responsável pelos projetos de engenharia do empreendimento do estudo de caso
EC-F	Empresa fabricante da estrutura do empreendimento do estudo de caso
F-1 a F-3	Empresas fabricantes de estruturas entrevistadas
GRD	Guia de Remessa de Documento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISI	Fase de Identificação e Solução de Interfaces
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JIT	<i>Just-in-time</i>
LV	Levantamento
O.S.	Ordem de Serviço
PBA	Projeto Básico de Arquitetura
PBE	Projeto Básico de Estruturas
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PEA	Projeto Executivo de Arquitetura
PEE	Projeto Executivo de Estruturas
PIB	Produto Interno Bruto
PL	Projeto Legal
PN	Programa de Necessidades
P.S.	Projeto Simultâneo
SECOVI-SP	Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis e dos Edifícios em Condomínios Residenciais e Comerciais do Estado de São Paulo
SiQ	Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obras
SiAC	Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil
Sinduscon-SP	Sindicato da Indústria da Construção civil do Estado de São Paulo.
TQM	<i>Total Quality Management</i>
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais

RESUMO

Este trabalho analisa e promove um diagnóstico do processo de projeto estrutural de construções metálicas. Como ferramenta, utilizou-se o método de entrevistas junto a escritórios de projeto estrutural especialistas em estruturas metálicas importantes na região de Belo Horizonte. Os demais agentes envolvidos com empreendimentos que utilizam estruturas metálicas e atuantes na mesma região também foram entrevistados, uma vez que também influenciam no processo de projeto estrutural de construções metálicas. Um estudo de caso também foi realizado e ilustra algumas características diagnosticadas sobre o processo de projeto estrutural destas construções. Também são levantados alguns problemas frequentes que têm como causas falhas no processo de projeto de construções metálicas e, em especial, no processo de projeto estrutural. Como resultados, são desenvolvidas análises de alguns aspectos do processo de projeto estrutural de construções metálicas, tais como, planejamento do empreendimento, desenvolvimento do projeto estrutural, relação entre projetistas e gestão da documentação. Conclui-se que o processo de projeto estrutural de construções metálicas é ineficiente em vários aspectos, podendo se destacar: escolha tardia do sistema estrutural metálico, deficiências no desenvolvimento dos projetos e dos detalhamentos e carência nas especificações de materiais construtivos industrializados complementares à estrutura metálica. Desta forma, a qualidade de empreendimentos que utilizam estruturas metálicas é diminuída, evidenciando que são necessários avanços no processo de projeto estrutural de construções metálicas. Sugere-se algumas diretrizes para aumentar a qualidade do processo de projeto de construções metálicas e, em especial, do processo de projeto estrutural. Espera-se que este trabalho possa contribuir para o avanço das pesquisas voltadas para o processo de projeto estrutural na construção metálica. Espera-se também que propicie um maior conhecimento sobre a influência do processo de projeto estrutural de construções metálicas na qualidade final do empreendimento.

Palavras-chaves: processo de projeto, construções metálicas, projeto estrutural, estrutura metálica.

ABSTRACT

This paperwork analyzes and promotes a diagnosis of the structural process of metallic constructions. As a tool, we used the interviewing method, making interviews with important offices that are specialized in metallic structures in Belo Horizonte area. The other agents involved in buildings that use metallic structures in Belo Horizonte area were also interviewed, since they also influence the process of structural projects of metallic construction. A study of cases was also made and illustrates some characteristics diagnosed about the structural project process of its constructions. We also show up some frequent problems that have its causes in the process of metallic construction project failures. As a result, we develop analysis of some aspects of the process of metallic construction project, such as the planning of the building, the structural project development, the relationship between projectors and documentation management. We conclude that the process of metallic construction project is inefficient in many aspects, and we can detach: late choice of the metallic structural system, deficiency in the projects development and poor specification of constructive industrialized materials complementary to the metallic structure. In this way, the quality of the building that uses metallic structure is shortened, showing evidences that advances in the process of metallic construction project are needed, and, specially, advances in the structural project process. We hope that this paperwork can contribute to the advance of the researches turned to the process of metallic construction project. We also hope that it promotes a larger knowledge about the influence of process of metallic construction project in the final quality of buildings.

Key-words: process of project, metallic constructions, structural project, metallic structure.

1

INTRODUÇÃO

Desde a década de 80, a construção civil vem sofrendo impactos de fatores que estão ocasionando mudanças no setor. Grande parte das pressões é oriunda de mudanças no comportamento do mercado consumidor. O aumento da exigência dos clientes em relação à qualidade, que ocorreu em todos os setores da economia, também atingiu o setor das edificações. Quanto a este aspecto, destaca-se o Código de Defesa do Consumidor de 1990. Além disto, a carência de financiamentos destinados à construção civil entre as décadas de 80 e 90, diminuiu o poder de compra do consumidor final da construção civil (FABRÍCIO, 2002). Isto, juntamente às várias ofertas de empreendimentos, aumentou a concorrência entre as construtoras. Desta forma, estas sentiram necessidade de melhorar a qualidade dos seus empreendimentos e diminuir os custos da construção. Sendo assim, as empresas de construção foram obrigadas a buscar alternativas para aumentarem a produtividade e a qualidade do ambiente construído, em particular os sistemas de produção de edifícios (FABRÍCIO, op. cit.). Neste sentido, há alguns anos, as empresas construtoras têm se engajado em programas de gestão e garantia da qualidade, em especial naqueles referenciados pela norma ISO 9001, como é

o caso do SiQ Construtoras - Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obras (que em 2005 evoluiu para o SiAC - Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil), do PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat).

Porém, mesmo com estas novas exigências mercadológicas, podemos notar que o setor da construção civil ainda enfrenta algumas barreiras para a melhoria da qualidade da edificação. Estas se devem não só às características intrínsecas do setor de edificações e a forma de produção dos empreendimentos, mas, principalmente, em problemas inerentes ao processo de projeto. Os projetos estão mais preocupados na definição do produto e não consideram adequadamente a forma e as implicações quanto à produção das soluções adotadas. Este fato se configura como a raiz de muitos dos problemas no processo de projetos e, por conseguinte, nos problemas das obras e dos edifícios que são derivados dos projetos.

Nesse contexto, vêm surgindo nos meios acadêmicos e empresariais algumas questões particularmente importantes, por exemplo:

- (a) Como valorizar o desenvolvimento dos projetos?
- (b) Quais modelos e ferramentas seriam mais viáveis para aumentar a interatividade entre os profissionais de projeto?
- (c) Como implementar um fluxo de trabalho que priorize a produção de empreendimentos ainda na etapa de projetos?

Para se atingir os atuais níveis de exigência do mercado quanto à qualidade e produtividade, a utilização da construção metálica apresenta-se como uma alternativa interessante devido à industrialização da estrutura. É sabido que a construção metálica possui potencialidades inerentes como rapidez construtiva, leveza, maior espaço útil e menor desperdício, a despeito do aparente custo mais elevado da estrutura.

Como qualquer outro sistema construtivo, o mesmo também pode apresentar deficiências no processo de projeto e, conseqüentemente, no processo de produção. Estas deficiências no processo projetual devem ser diagnosticadas e corrigidas. Uma

construção que utiliza a estrutura industrializada, como a metálica, deve necessitar ainda mais de qualidade no processo projetual para o pleno aproveitamento de suas potencialidades. Investigando-se o processo de projeto estrutural, espera-se que as deficiências projetuais deste sistema construtivo sejam identificadas com mais clareza.

Pode-se encontrar na literatura vários trabalhos genéricos sobre o processo de projeto na indústria da construção civil. Estes serão abordados na revisão bibliográfica – capítulo 3. Também são encontrados alguns estudos específicos envolvendo o processo global de projeto em construções metálicas os quais, de uma forma geral, promovem uma análise crítica da forma tradicional seqüencial (não simultânea) de elaboração do projeto e propõem melhorias neste processo utilizando, por exemplo, princípios da construção enxuta (*lean construction*). Adicionalmente, estes estudos identificam patologias em construções metálicas, sem associá-las diretamente com eventuais causas dentro do processo de elaboração dos projetos estruturais metálicos.

De uma forma geral, o processo de elaboração de projeto estrutural de construções metálicas e suas conseqüências no processo construtivo ainda não foram devidamente estudados e, por isto, esse será o tema deste trabalho.

Após análise dos estudos desenvolvidos por outros autores sobre o tema, foram investigadas as rotinas de escritórios de projeto estrutural importantes na cidade de Belo Horizonte. Também foram consideradas as experiências dos escritórios de outros agentes do processo de projeto, uma vez que estes interferem no desenvolvimento do projeto estrutural. Para avaliar como o projeto estrutural de um empreendimento que utiliza estrutura metálica é executado na obra e validar o que foi constatado junto às empresas de projeto, foi desenvolvido um estudo de caso em um empreendimento real, com acompanhamento da execução do projeto estrutural desde a etapa de execução das fundações até a etapa de execução dos acabamentos, procurando acompanhar todo o processo produtivo de um empreendimento que utiliza estrutura metálica.

Neste contexto, o presente trabalho pretendeu contribuir com um estudo voltado ao processo de projeto estrutural de construções metálicas, procurando propiciar o avanço

das pesquisas nesta área. Pretendeu-se também possibilitar um maior conhecimento sobre a influência do processo de projeto estrutural de construções metálicas na qualidade final do empreendimento.

Além do primeiro e segundo capítulos que apresentam respectivamente a introdução e os objetivos e metas da dissertação, o trabalho está desenvolvido em outros sete capítulos.

O terceiro capítulo - *Revisão Bibliográfica* – discorre sobre os principais estudos e a evolução das pesquisas acerca do processo de projeto convencional em concreto armado e sobre o processo de projeto de construções metálicas.

O quarto capítulo – *Metodologia* – esclarece como foram escolhidos e empregados as ferramentas e os métodos utilizados no desenvolvimento da pesquisa.

O quinto capítulo – *Resultados e discussão* – traz a análise dos resultados obtidos nas entrevistas, focando nas entrevistas com os profissionais de processo de projeto estrutural de construções metálicas. Outras entrevistas com os demais agentes do processo de projeto também são apresentadas, uma vez que interferem no desenvolvimento do processo de projeto estrutural. Abordam aspectos relacionados ao: (a) planejamento de empreendimentos que utilizam estrutura metálica; (b) desenvolvimento do projeto estrutural metálico; (c) relação entre os agentes de projeto e (d) gestão de documentos. Além disto, um estudo de caso sobre um empreendimento realizado em Belo Horizonte será apresentado, buscando correlações entre algumas questões apontadas na análise do processo de projeto estrutural anteriormente analisado e a rotina de um empreendimento real. Alguns problemas mais frequentes em construções metálicas que possuem causa no processo de projeto estrutural também estão apresentados neste capítulo.

O sexto capítulo – *Conclusões a respeito das análises e do estudo de caso* – apresenta as principais conclusões observadas sobre o processo de projeto de construções metálicas.

O sétimo capítulo – *Sugestão de diretrizes para aprimoramento do processo de projeto estrutural de construções metálicas* – apresenta algumas diretrizes que, se seguidas, podem vir a aprimorar o desenvolvimento do processo de projeto estrutural de construções metálicas.

O oitavo capítulo – *Considerações finais* – apresenta uma síntese das análises, diagnósticos e diretrizes apresentadas durante o desenvolvimento do trabalho.

O nono capítulo – *Sugestão para trabalhos futuros* – propõe algumas linhas de trabalho que ainda devem ser mais exploradas por trabalhos futuros.

2

OBJETIVOS E METAS

O presente trabalho parte dos seguintes questionamentos:

[I] Como o processo de projeto estrutural de construções metálicas se insere no contexto do desenvolvimento dos projetos dos empreendimentos de construção civil?

[II] Do ponto de vista da gestão do processo de projeto, existem características que tornam o desenvolvimento do projeto estrutural de construções metálicas diferenciado daquele praticado convencionalmente?

[III] Como o processo de projeto estrutural de construções metálicas é praticado no mercado? Quais as principais dificuldades e limitações desse processo?

Nesse contexto, os objetivos do presente trabalho são:

(a) Através da realização de entrevistas junto aos agentes envolvidos no processo de projeto estrutural de construções metálicas (escritórios de projeto estrutural e de projeto arquitetônico, coordenação de projetos, construtoras e fabricantes da estrutura) importantes na região de Belo Horizonte, desenvolver um diagnóstico e uma análise do processo de projeto estrutural de construções metálicas.

(b) Através do método de estudo de caso, verificar se o diagnóstico e a análise realizados se aplicam a um empreendimento executado em Belo Horizonte envolvendo a construção metálica.

(c) Com base nas entrevistas e no estudo de caso do empreendimento, identificar alguns problemas freqüentes associados a construções metálicas cujas causas decorram de falhas no processo de projeto e, em particular, no processo de projeto estrutural.

(d) Propor diretrizes para o aprimoramento do processo de projeto de construções metálicas e, em especial, do processo de projeto estrutural.

Espera-se que este trabalho possa contribuir para um melhor entendimento do atual processo de projeto estrutural de construções metálicas e, também, contribuir para o aprimoramento da gestão do processo de projeto estrutural de construções metálicas, integrado ao desenvolvimento mais racionalizado do produto final: a edificação.

3

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Introdução

Para o desenvolvimento da revisão bibliográfica foram utilizados materiais já elaborados, como livros, leis, normas, manuais e artigos científicos, publicações, revistas especializadas, dissertações de mestrado, teses de doutorado e anais de congressos e eventos. Desta forma, tornou-se possível cobrir uma gama de assuntos previamente estudados por outros autores e investigar um pouco do passado e evolução das pesquisas relacionadas com o tema objeto do presente trabalho.

Porém, para evitar que houvesse erros nas interpretações destas contribuições, procurou-se analisar cuidadosamente as informações e utilizar diversas fontes. Assim, foi possível descobrir incoerências e contradições, não assumindo a posição defendida por alguns autores como verdade absoluta dos fatos e sim como a opinião deles sobre determinados assuntos estudados em condições específicas. Por isso, a bibliografia estudada foi analisada com cuidado.

A seleção da bibliografia utilizada na pesquisa teve como preferência as publicações nacionais, uma vez que o processo de projeto é bem distinto e influenciado de acordo com o ambiente, tecnologia e cultura de cada país. Porém, a utilização de bibliografia estrangeira foi pertinente em alguns casos, principalmente na identificação de modelos de gestão que podem melhorar ou esclarecer os modelos utilizados, porém procuraram ser contextualizadas. Devido a este fato, este tipo de bibliografia foi utilizado com cautela, procurando correlações com experiências descritas por outros autores e quando tratavam de setores mais globalizados do que o setor da construção civil.

3.2. Panorama do setor da construção civil

A construção civil é caracterizada por ser um setor muito importante dentro da economia nacional, sendo responsável por 6,82% do PIB - Produto Interno Bruto Brasileiro, segundo os últimos dados publicados em 2003 pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Em sua publicação mais recente (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, 2003), pode-se perceber que a construção civil apresenta-se como o sexto setor da economia nacional (ver FIG.3.1) estando atrás dos setores da indústria de transformação (27,84%), administração pública (14,65%), agropecuária (10,37%), atividades imobiliárias e serviços prestados às empresas (9,74%) e comércio e reparação de veículos, de objetos pessoais e de uso doméstico (6,98%), entretanto, à frente de vários outros setores importantes na economia nacional como intermediações financeiras (6,48%) e indústria extrativa mineral (4,10%). É de se esperar que, em função do déficit habitacional brasileiro e com a retomada do crescimento econômico, a participação da construção civil no PIB possa aumentar.

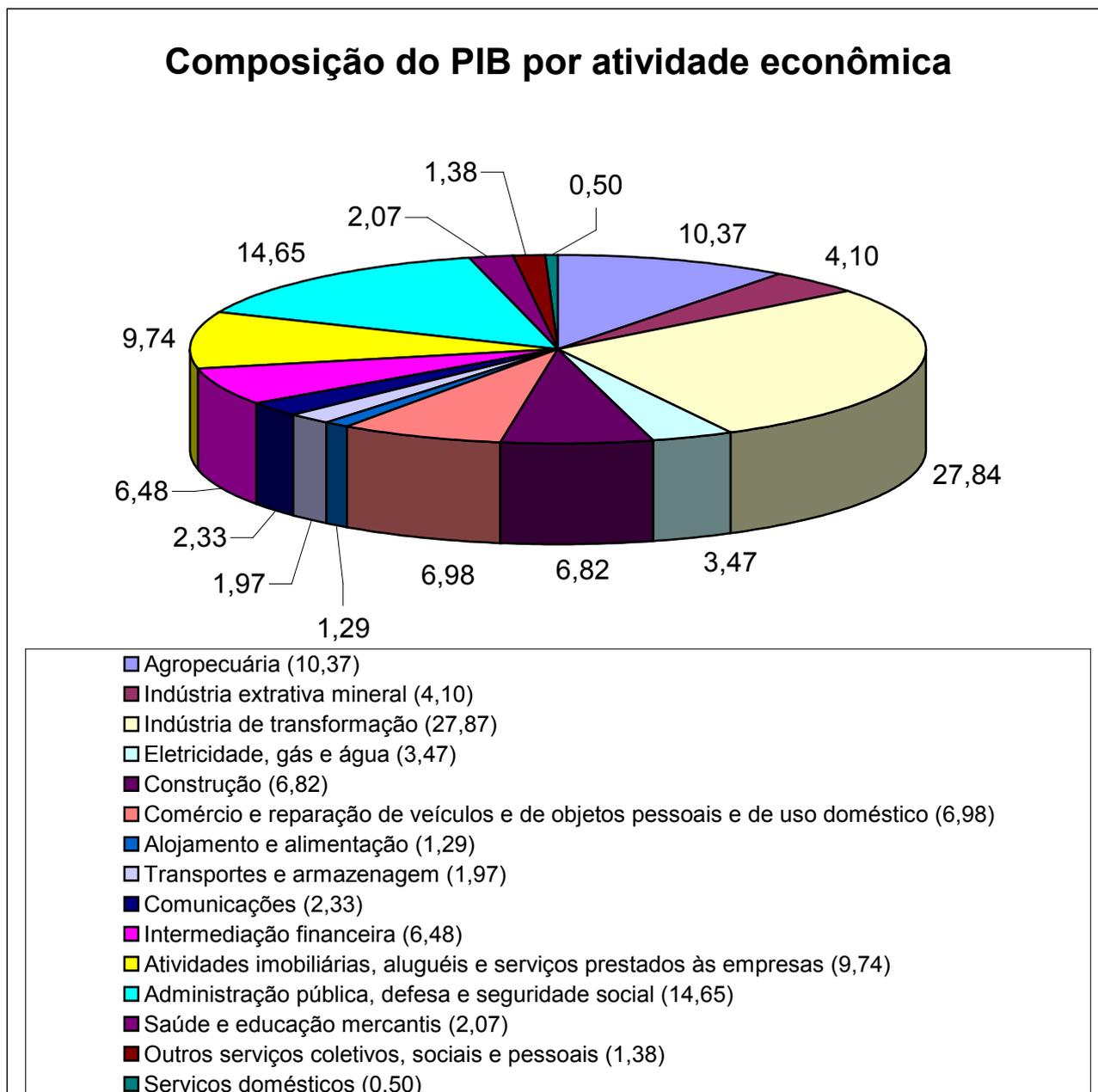


Figura 3.1. Composição do PIB por Atividade Econômica em 2003

Outra característica do macro setor da construção civil é que não envolve apenas as atividades da construção em si, mas também envolve parcelas ligadas à distribuição de matéria-prima e equipamentos, além de parcelas ligadas aos setores de serviços (GONDIM et al., 2004). A utilização de matérias-primas disponíveis e produzidas no país contribui para o desenvolvimento de indústrias que dão suporte a este setor. Além disso gera riquezas, devido à grande quantidade de fornecedores envolvidos e também graças aos serviços de comercialização, manutenção e exploração das construções (principalmente no setor imobiliário). Também possui papel fundamental na geração de

empregos diretos e indiretos, pois utiliza grande quantidade de mão-de-obra pouco qualificada, beneficiando as parcelas mais carentes da população brasileira. Ou seja, contribui significativamente para o crescimento nacional.

Sendo assim, a construção civil se configura como um setor estratégico para a economia nacional, devendo ser valorizado. Nestes últimos anos, o setor vem sofrendo uma série de mudanças conjunturais devido aos mais diversos fatores.

Para Fabrício (2002), o fenômeno da globalização pode ter tido alguma influência no processo de modernização do setor da construção civil nacional, pois favoreceu a abertura para o mercado mundial. Devido a esta abertura, o setor da construção civil se viu obrigado a sofrer um processo de reestruturação produtiva para atender às condições competitivas do mercado nacional e internacional. No setor de projetos, pode-se perceber uma pequena concorrência com empresas estrangeiras em alguns nichos de mercado (instalações industriais e grandes empreendimentos comerciais) onde os escritórios estrangeiros expõem as deficiências organizacionais e técnicas dos escritórios nacionais. A participação de escritórios internacionais fica ainda dificultada por diferenças entre tipologias construtivas, condições climáticas, normas técnicas, materiais de construção disponíveis, etc. Com relação a investimentos no setor, investidores estrangeiros preferem ainda investir em outros setores da economia nacional. Portanto, a globalização contribuiu para a modernização do setor da construção civil somente no que diz respeito às alterações econômicas e culturais ocorridas no país.

Fabrício (op. cit.) também afirma que o alto valor dos edifícios implica em altos investimentos, tanto por parte do consumidor final quanto por parte dos empreendedores. Devido a este fato, os financiamentos são bastante utilizados e se configuram como incentivadores neste mercado. A falta de liquidez e crédito no mercado e a falta de recursos para financiamentos, somados à forte dependência de agências financiadoras, fizeram com que o poder de compra fosse reduzido gerando grande competitividade no setor. Para que as construtoras conseguissem viabilizar seus

empreendimentos junto ao mercado foi necessário que houvesse uma diminuição dos custos dos seus produtos.

As transformações culturais no mercado consumidor, onde se percebeu uma maior conscientização com relação à qualidade dos produtos, também contribuíram para esta mudança. O cliente passou a ter um papel fundamental em todo o processo, passando a ser o foco dos empreendimentos de edificações. O Código de Defesa do Consumidor de 1990 pertence a este novo pensamento do mercado. Segundo Fabrício (2002), diferentes pesquisadores e profissionais destacam a ampliação da concorrência e a valorização do papel dos clientes dentro do setor da construção civil. Sendo assim, o setor teve que ampliar a produtividade e a competitividade frente às demandas dos clientes.

Para a diminuição dos custos da construção, uma das estratégias inicialmente utilizadas pelo setor foi a utilização de insumos baratos e de baixa qualidade e a precarização das relações trabalhistas. Porém, segundo Fabrício (op.cit.), as estratégias de melhoria de produtividade e a ampliação da qualidade apresentam-se como caminhos mais eficazes para baixar os custos de produção e melhorar a competitividade das empresas no mercado. Com isto, houve uma crescente valorização da gestão da qualidade na construção. De fato, as empresas líderes de mercado se preocuparam mais em melhorar a gestão dos seus processos. Devido à escassez de recursos, as mudanças aconteceram principalmente na racionalização da produção e na utilização de modelos de gestão mais eficientes.

3.3. Sistemas de gestão da qualidade

De acordo com o regimento geral do Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil – SiAC (SiAC, 2005), um sistema de gestão da qualidade compreende a “estrutura organizacional, responsabilidades, procedimentos, atividades, capacidades e recursos que, em conjunto, têm por objetivo assegurar que os produtos, processos ou serviços da empresa satisfaçam às necessidades e expectativas de seus clientes”.

O conceito de qualidade possui diferentes interpretações, dependendo do seu uso e dos interesses de quem utiliza este conceito, não podendo ser identificável e nem mensurado diretamente (FABRICIO, 2004). Para Picchi (1993) o conceito de qualidade é dinâmico e varia com o tempo. Melhado (1994) citando Juran & Gryna (1991) afirma que “a qualidade consiste nas características do produto que vão ao encontro das necessidades dos clientes e dessa forma proporcionam a satisfação em relação ao produto” e ainda “a qualidade é a ausência de falhas”. Assim, pode-se destacar que o cliente possui um papel fundamental, pois sem a existência de um cliente não se define qualidade. Os clientes podem ser divididos em internos e externos (JURAN & GRZYNA, op.cit.). Desta forma, os agentes que estão presentes dentro de um processo produtivo e, portanto, dependem e são afetados pela qualidade produzida por outros elementos participantes do processo, também são clientes e devem ter as suas expectativas atendidas por um produto de qualidade.

Para Picchi & Agopyan (1993), o sistema de gestão da qualidade utilizado em empresas da indústria da construção civil deve equilibrar o enfoque técnico, implementado nas obras e orientado para processos de gerenciamento e procedimentos de controle, e o organizacional, transformando toda a estrutura da empresa (política de qualidade total). Afirmando que a “qualidade na construção de edifícios não decorre somente da gestão da qualidade em empresas construtoras, mas também nos demais intervenientes, dependendo também de ações institucionais”.

Segundo Andery et al. (2002), um dos benefícios diretos da implantação de sistemas de gestão da qualidade pelas empresas é o controle de seus processos internos. Quando este sistema é certificado de acordo, por exemplo, com padrões internacionais, pode haver uma maior confiança pelos clientes fazendo com que esta empresa melhore sua posição dentro do mercado.

Porém, além disto, os programas de gestão (ou garantia) da qualidade baseados em adaptações da norma ISO 9001 para as empresas de serviços e obras da construção civil,

vêm sendo bastante utilizados por empresas brasileiras do setor devido a uma série de fatores identificados por Andery et al. (2002):

- (a) Crescente pressão pela redução de custos e prazos dos empreendimentos;
- (b) Maiores exigências quanto à qualidade do produto final edificação;
- (c) Conjuntura macro-econômica com pequeno crescimento da economia, altas taxas de juros inibindo novos investimentos, além da diminuição do poder de compra da sociedade em geral, o que tem levado as construtoras a se preocuparem mais com a produtividade;
- (d) Polarização em torno do segmento residencial de baixa renda e
- (e) Exigência dos órgãos públicos governamentais contratantes de serviços de construção e dos organismos financiadores para que as empresas implantem sistemas de garantia da qualidade.

Segundo os mesmos autores, devido a estes fatores que desencadearam um crescente aumento da produtividade e competitividade, as empresas construtoras mudaram o foco estratégico anteriormente voltado para melhoria da gestão financeira e instrumento de marketing, passando a se preocupar mais com a racionalização da produção, com ênfase nos programas de gestão da qualidade.

Porém, Andery et. al (op. cit.) ainda afirmam que, mesmo com todos os benefícios trazidos, a implementação de algum sistema de gestão de qualidade pode esbarrar em algumas dificuldades. Para que estes sistemas de gestão trabalhem de forma eficaz nas empresas construtoras, é necessário que haja um forte envolvimento dos profissionais, mudança na cultura organizacional, além de adoção de procedimentos flexíveis e menos burocráticos. Devido à alta rotatividade da mão-de-obra e ao ciclo reduzido da construção de uma edificação, há uma grande dificuldade na padronização dos empreendimentos sendo importante a capacitação e qualificação do pessoal envolvido no processo de implementação dos sistemas de gestão para que este seja utilizado eficientemente nas construções.

O PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat) é um programa de adesão voluntária, coordenado atualmente pela Secretaria Nacional de

Habitação do Ministério das Cidades. Propõe organizar o setor da construção visando a melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva. Tem como objetivo aumentar a qualidade e produtividade da construção civil, criando e implantando mecanismos de modernização tecnológica e gerencial¹. Busca também, criar ambientes favoráveis ao desenvolvimento de soluções mais baratas e de melhor qualidade visando diminuir o déficit habitacional no país, procurando atender principalmente às famílias de baixa renda. Começou a ser implantado a partir do ano 2000. Ao programa aderiram empresas construtoras, sub-empregadores, fornecedores de uma ampla gama de materiais de construção e, em menor escala, empresas de projeto e consultoria dentre outros segmentos da cadeia de produção da construção civil.

A estruturação do PBQP-H se dá através de projetos. Cada projeto procura solucionar um problema específico na área da qualidade da construção civil. No site do PBQP-H (disponível em http://www.cidades.gov.brpbqp-h/projetos_geral.htm) pode-se encontrar mais detalhes destes projetos. O SiAC (Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil), antigamente chamado de SiQ (Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obras), é um dos projetos do PBQP-H mais conhecidos e que possui maior abrangência com relação à certificação de empresas construtoras na área de edificações. É um referencial normativo baseado na NBR ISO 9001/2000 e adaptado às particularidades do setor de edificações.

O SiAC estabelece níveis progressivos de qualificação para as empresas de serviços e obras da construção civil, onde os sistemas de gestão da qualidade são avaliados e classificados gradualmente por níveis. Também estabelece um referencial técnico básico do sistema de qualificação evolutivo adequado às especificidades destas empresas.

Andery et al. (2002) resumem as características do SiQ, que em 2005 evoluiu para o SiAC - Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil - SiAC em:

¹ Segundo informações obtidas no site http://www.cidades.gov.brpbqp-h/projetos_geral.htm <acesso em 16/09/2006>, “a busca por estes objetivos envolve um conjunto bastante amplo de ações entre as quais se destacam as seguintes: qualificação de construtoras e de projetistas, melhoria da qualidade de materiais, formação e requalificação de mão de obra, normalização técnica, capacitação de laboratórios, aprovação técnica de tecnologias inovadoras, e comunicação e troca de informações”.

- (a) É evolutivo, ou seja, os requisitos da norma vão sendo implementados gradualmente. O sistema compreende quatro níveis (“D”, “C”, “B” e “A”), sendo que o primeiro (“D”) exige a implantação de uma política de qualidade na empresa e um plano para a implantação do sistema, e o último nível (“A”) é equivalente à certificação na norma ISO 9001. A implantação pode ser feita também gradativamente nos vários níveis, devendo haver uma autodeclaração de atendimento dos requisitos do nível “D” e, para os demais níveis, uma certificação feita por empresas de auditoria independentes, as mesmas que emitem os certificados ISO 9000 para outros segmentos do mercado.
- (b) O cronograma de implantação do sistema é flexível, adaptável à realidade de cada empresa. Em algumas regiões do país os organismos de financiamento concedem às empresas um período de transição entre níveis, como requisito para obtenção de suporte financeiro. Os órgãos públicos, contratantes das obras, passam a exigir a certificação, também de maneira progressiva.
- (c) O sistema apresenta sinergia com outros projetos do PBQP-H, induzindo a qualificação de outros segmentos do mercado.
- (d) A implantação do sistema exige que as empresas tenham obras em andamento, já que a maioria dos requisitos é aplicável diretamente aos canteiros de obras. Isto pode implicar em dificuldades para algumas empresas, tanto pelo fato de não terem obras em andamento como pelo fato de que a implantação do sistema tem de conviver com as tarefas normais do dia-a-dia. Por outro lado, os resultados da implantação podem ser imediatamente conhecidos, impactando imediatamente a condução dos processos nos canteiros.
- (e) Agentes públicos contratantes de obras e os organismos de financiamento exigem a certificação. Apesar de conferir um certo caráter de obrigatoriedade, se mostra um importante fator indutor da implantação de sistemas de qualidade, sobretudo em empresas de pequeno e médio porte.

No setor da construção civil, inicialmente, a implantação de programas de garantia da qualidade aconteceu no âmbito de empresas construtoras, porém, recentemente, devido a uma série de fatores, dentre eles a crescente competitividade, a necessidade de redução de custos e prazos, além de uma maior conscientização de empresas e

profissionais do setor, algumas empresas de projeto começaram a implantar os sistemas de garantia de qualidade nas suas empresas.

O SiAC, no item 7.3 do seu referencial normativo (SiAC, 2005), aborda a questão da gestão de projetos dentro do sistema de gestão da qualidade. Este item se aplica às empresas construtoras com implantação do sistema no nível “A” e que executam seus projetos internamente ou das que subcontratam os mesmos. Para esta situação, o SiAC prevê a aplicação de alguns requisitos:

a) Planejamento da elaboração do projeto

A empresa construtora deve planejar e controlar o processo de elaboração do projeto. Deve gerenciar as interfaces entre as diferentes especialidades técnicas, assegurando a comunicação eficaz e as responsabilidades. Deve determinar:

- as etapas do processo de elaboração do projeto;
- a análise crítica e verificação apropriadas para cada etapa do processo de elaboração do projeto;
- as responsabilidades e autoridades para o projeto.

b) Entradas de projeto

Definição e registro das entradas do processo de projeto relativas aos requisitos da obra. Devem ser analisadas criticamente quanto a sua adequação. Devem incluir:

- requisitos funcionais e de desempenho;
- requisitos regulamentares e legais;
- informações provenientes de projetos similares anteriores;
- outros requisitos essenciais para o projeto.

c) Saídas de projeto

São memoriais de cálculo, descritivos ou justificativos; especificações técnicas e desenhos e elementos gráficos. Devem ser documentadas de forma que possibilitem a sua verificação com relação aos requisitos de entrada e devem ser aprovadas antes de serem liberadas. Devem, dentre outras especificações:

- atender aos requisitos de entrada do processo de projeto;

- fornecer informações apropriadas para aquisição de materiais e serviços e para a execução da obra;
- definir as características da obra essenciais para seu uso seguro e apropriado.

d) Análise crítica do projeto

Realizadas em estágios apropriados e planejados, correspondentes ou não às etapas do processo de projeto. Devem envolver representantes das especialidades técnicas além de manter registros das análises críticas e das ações necessárias. Têm como objetivos:

- avaliar a capacidade dos resultados do projeto de atender aos requisitos de entrada;
- garantir a compatibilização do projeto;
- identificar problemas e propor as ações necessárias.

e) Verificação de projeto

Deve ser executada conforme disposições planejadas visando assegurar que as saídas atendam aos requisitos de entrada. Os registros da verificação e das ações necessárias devem ser mantidos.

f) Validação de projeto

Deve ser realizada para a obra toda ou para partes da obra. É a conclusão do processo de análise crítica e procura assegurar que o produto resultante é capaz de atender aos requisitos para o uso ou aplicação especificados ou pretendidos. Também se deve fazer registros desta validação e das ações subsequentes.

Segundo alguns estudos recentes, por exemplo, Andery (2003), Melhado (2003) e Melhado & Cambiaghi (2006), as empresas de projeto estão tendo algumas dificuldades na implantação de sistemas de gestão da qualidade referenciados na ISO 9001. Conforme relata Melhado (2003), as exigências aprovadas nos Planos Setoriais da Qualidade são muito pesadas diante do porte e das dificuldades econômicas de uma empresa de projeto típica. Segundo o mesmo autor, a formulação original do SiQ – Empresas de Projeto se mostrou incompatível com a realidade dos projetistas por apenas refletir o modelo adotado nas construtoras, sem levar em conta as

particularidades das empresas de projeto. Andery (2003) notou que o sucesso de um sistema de gestão de qualidade depende de uma análise crítica da equipe de implantação dos requisitos normativos, adaptando-os à cultura da empresa, eliminando procedimentos pouco úteis, evitando, assim, a burocratização do sistema. Segundo o mesmo autor, outro fator que também auxiliou no sucesso da implantação de sistemas de gestão da qualidade foi a utilização de tecnologias de informação que propiciaram agilidade na elaboração de procedimentos e permitiu a criação de um sistema ágil e flexível para fluxo de informações de projeto.

Melhado (2003) desenvolveu uma proposta baseada nos princípios da gestão da qualidade, buscando uma alternativa para a qualificação de empresas de projeto que respeitasse as especificidades do processo de projeto de edifícios. Neste estudo, enfatiza que as maiores deficiências que estas empresas enfrentam com relação à gestão do processo de projeto se relacionam à gestão de recursos humanos, às relações com o contratante, à documentação e à comunicação interna e externa, pois estas acontecem de maneira informal. Para o autor, a comunicação, a documentação e o tratamento aos clientes são indicadores da capacidade de prestação de serviço da empresa. A sua proposta consiste em diferentes estágios de qualificação descritos de forma simplificada a seguir:

- **Adesão:** tem como finalidade motivar os projetistas para a qualidade.
- **Estágio 1 (3 etapas) - obrigatório:**
 - a) Gestão das relações com o contratante: consiste na identificação e análise de requisitos para o projeto (especificados ou não pelo contratante, além dos requisitos normativos) e elaboração do programa de necessidades (briefing);
 - b) Gestão da documentação: consiste na classificação, identificação e rastreabilidade de documentos de projeto e
 - c) Gestão da comunicação (interna e externa): consiste em registrar, encaminhar e retornar as comunicações internas e externas de forma adequada.
- **Estágio 2 (4 etapas) - obrigatório:**
 - a) Gestão de competências: consiste em conscientizar o pessoal envolvido no projeto com relação à importância das suas atividades, determinar as

- competências dos envolvidos no projeto, estabelecer metas de melhoria; capacitar o pessoal envolvido, etc.;
- b) Gestão do processo de projeto: consiste no planejamento do projeto; análise crítica, verificação e validação;
 - c) Gestão da satisfação dos clientes: consiste na avaliação dos resultados pelo contratante quanto ao atendimento ou não dos requisitos para o projeto; assistência técnica às obras (retroalimentação a partir da análise quanto a suficiência de informações, construtibilidade do projeto e interpretação do projeto pelas equipes de execução) e avaliação pós-ocupação;
 - d) Avaliação de resultados, do atendimento à metas, dos processos.
- **Estágio 3 (opcional):** etapa complementar (expansão) que, ao incluir novos processos de gestão da qualidade, pretende atender exigências específicas de projetos de grande porte ou empreendimentos com características especiais.

Devido às características especiais do setor de projetos e visando reduzir os custos envolvidos, Melhado (2003) propõe que os procedimentos de auditoria sejam reduzidos a duas verificações (na passagem do estágio 1 para o estágio 2 e ao final do estágio 2).

Melhado & Cambiaghi (2006), em um estudo complementar a Melhado (op.cit.), enfatizam também que o Programa Setorial da Qualidade deve ser “fruto de mobilizações de grupos locais que se somem, constituindo-se, efetivamente, em um Programa Brasileiro que valorize tais iniciativas, respeitadas eventuais particularidades das iniciativas locais ou regionais” (MELHADO & CAMBIAGHI, op.cit., p.8). Sendo assim, na adesão as empresas devem: organizar grupos com apoio de entidades setoriais, traçar um diagnóstico local e formalizar metas e prazos para implementação do Programa.

Segundo Melhado & Cambiaghi (op.cit.), para que uma empresa seja qualificada, é importante que, além de atestar a capacidade da mesma com relação a aspectos relacionados à comunicação, à documentação e ao tratamento aos clientes, sejam melhorados todos os outros subsistemas da empresa (recursos humanos, comercial, finanças, marketing sistemas de informações, etc.), além de outros elementos de gestão

como estrutura organizacional, liderança e empreendedorismo, cultura organizacional, pois assim haverá condições mínimas para que o projeto seja desenvolvido com eficiência. Para o desenvolvimento deste estudo, estes não serão analisados diretamente.

Se implantados eficientemente, os sistemas de gestão da qualidade são capazes de aperfeiçoar o processo de projeto, apresentando impactos positivos no produto final. Devido a sua grande importância, vários estudos, como os anteriormente apresentados, estão sendo desenvolvidos para tornar a implantação de sistemas de qualidade viável e eficiente em empresas de projeto. Os trabalhos caminham para sistemas de qualidade que tenham o foco na melhoria do sistema de elaboração de projetos e não o foco principal na certificação. Além disso, buscam serem adaptados às especificidades das empresas de projeto e práticos evitando a burocracia.

3.4. O processo de projeto

3.4.1. Características do processo de projeto

O setor da construção civil tem seu processo produtivo organizado por empreendimentos. Estes normalmente são individuais e únicos, além de possuírem ciclos de vida bastante longos (da ordem de décadas). É um setor complexo e heterogêneo onde é importante considerar as diferenças entre os empreendimentos. Possuem diversas fases e, em cada fase, podem atuar diversos agentes.

Melhado (2001) divide a organização dos empreendimentos em quatro fases principais: (a) *montagem da operação*, onde são realizados os estudos preliminares e o programa do empreendimento; (b) *desenvolvimento do projeto e escolha das empresas construtoras*; (c) *organização e execução*, com destaque para as fases de preparação e gestão (técnica, administrativa e financeira) da execução; (d) *entrega e gestão do empreendimento* (uso, operação e manutenção). Na grande maioria das vezes, estas fases são desenvolvidas de forma hierárquica, fragmentada e seqüencial.

A montagem do empreendimento é a fase inicial de uma construção e tem como agente principal o empreendedor. É nela que são escolhidas as empresas construtoras, é estabelecido o financiamento para a realização das obras, é definido o programa do empreendimento e desenvolvidos os estudos preliminares.

Na segunda fase, acontece o desenvolvimento do projeto e a contratação das empresas construtoras. Normalmente, a equipe de projetistas é responsável por garantir que o programa estabelecido pelo empreendedor seja atendido pela proposta arquitetônica (técnica e economicamente). É nesta etapa, que se baseia o presente estudo, porém a relação desta com as demais não pode ser ignorada. Com a contratação das empresas construtoras, inicia-se a preparação para a execução das obras.

Na etapa de coordenação e execução das obras, as construtoras assumem o papel principal. É nesta etapa que se desenvolve a construção do empreendimento. Uma única construtora pode ser a responsável por toda a construção ou pode-se ainda haver uma contratação de várias construtoras e então cada uma delas é responsável por uma parte da construção do empreendimento.

A etapa seguinte, que também possui o empreendedor como responsável é a de recepção do empreendimento. Quando recebe a obra, o empreendedor pode aceitá-la com ou sem pendências. Nesta etapa, também são fornecidas as recomendações e informações necessárias ao uso, operação e manutenção do empreendimento.

Ainda segundo Fabrício (2002), Melhado (1994, 2001), Melhado & Violani (1992), os agentes principais em um empreendimento são (FIG. 3.2):

- O *empreendedor* que é responsável pela geração do produto. Tem como papel: garantir o financiamento, definir as características do empreendimento, escolher o processo construtivo, selecionar e contratar projetistas (arquitetos, engenheiros e coordenador de projetos), promover a venda do edifício, selecionar uma construtora e materializar o empreendimento. Deve ser capaz de prospectar novas demandas ou oportunidades de negócio;

- Os *projetistas* (ou conjunto de agentes responsáveis pela concepção arquitetônica, técnica e econômica do empreendimento) que atuam na concepção e formalização do produto. Podem ter um coordenador que, além de coordenar toda a equipe de projetistas e consultores, também dá assistência às principais decisões relativas ao empreendimento;
- As *empresas construtoras*, responsáveis pela fabricação do produto. São responsáveis pela organização e desenvolvimento das obras e
- O *usuário* que assume a utilização e manutenção do produto.

Ligados a estes quatro agentes principais têm-se os investidores e agentes financeiros, que disponibilizam os recursos necessários para financiar o empreendimento; os fornecedores de materiais e componentes; os sub-empregados da obra, etc. Os fornecedores são fragmentados e heterogêneos. Muitos fornecedores são pouco qualificados e não se adequam à cultura das empresas.

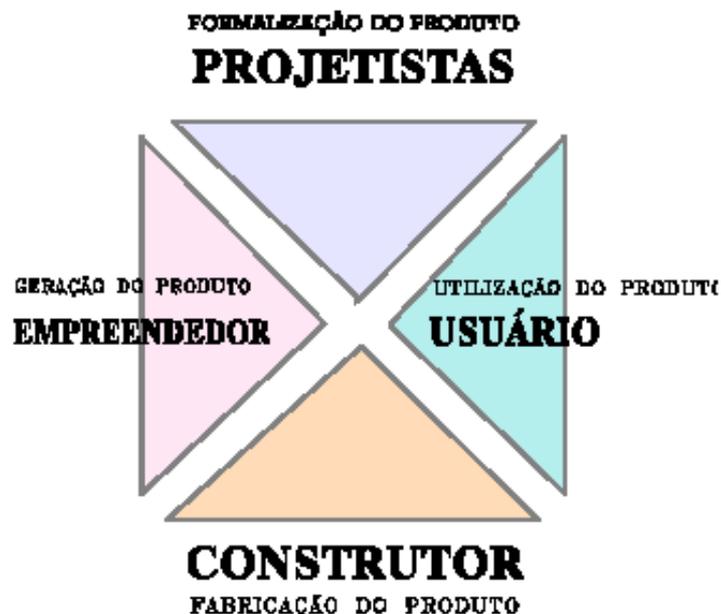


Figura 3.2. Principais agentes de um empreendimento de construção. (MELHADO & VIOLANI, 1992)

Porém, em algumas ocasiões, os papéis se confundem e um agente acaba desenvolvendo as atividades em que caberia a outro agente. Por exemplo, em alguns empreendimentos

o construtor assume o papel de empreendedor. Neste caso, empreendedor e construtor são um único agente no processo produtivo de um empreendimento.

Andery & Arantes (2005) descrevem algumas características do quadro atual do setor de projetos da seguinte forma: os empreendimentos algumas vezes são executados sem projetos, os projetistas são mal remunerados, os projetos são contratados de forma seqüencial e tardiamente à produção da edificação, são incompletos, apresentam erros, omissões e incompatibilidades decorrentes da falta de coordenação, além de existir um alto grau de improvisações e retrabalhos e conseqüentemente dificuldades na construção.

Devido à diversos fatores intrínsecos ao processo de produção de edifícios, como a fragmentação do processo produtivo, a heterogeneidade dos empreendimentos e a existência de diversas fases complexas onde atuam diferentes agentes com diferentes expectativas, torna-se simples perceber porque surgem tantos problemas patológicos apresentados nas construções. Em um processo altamente complexo como o da construção civil, é necessária a adoção de processos eficientes de gestão focados na gestão do processo de projeto.

Algumas características das equipes de projeto merecem destaque especial. Alguns autores como Fabrício (2002); Melhado (1994) e Picchi & Agopyan (1993), abordam amplamente estas características. Normalmente, as equipes são fragmentadas. Um dos fatores que propiciam esta fragmentação é o porte das construtoras e incorporadoras que não conseguem manter equipes próprias de projetistas. Ou seja, na maioria das vezes, os diferentes especialistas destas equipes (projetistas de arquitetura, estruturas, sistemas prediais, etc.) são autônomos ou pertencentes a escritórios distintos, possuindo uma mentalidade contratual. Os vínculos destes com as construtoras possuem caráter temporário e comercial, além do trabalho dos agentes de projeto não ser encarado como estratégico pela maioria das empresas, sendo pouco valorizado. Outro agravante é o fato dos agentes envolvidos no processo possuírem visões e expectativas diferentes ou divergentes. A relação entre eles é temporária e o papel e a atuação destes muda de um empreendimento para o outro. A possibilidade de cooperação e parceria varia conforme

a tipologia e o arranjo de cada empreendimento. Sendo assim, é visível a falta de comprometimento dos agentes de projeto com a edificação, pois estes participam apenas de seus projetos sem levar em conta os demais projetos da construção e a qualidade da edificação final. Em muitos casos, falta um profissional responsável pela ligação entre os diversos e heterogêneos agentes, com uma visão de conjunto do empreendimento.

Segundo estes autores, com isso, os escritórios de projeto e os projetistas têm gerado projetos voltados, preponderantemente, para o atendimento de exigências burocráticas (projetos legais) e à caracterização do produto, em geral, de forma insuficiente frente às necessidades competitivas crescentes relacionadas às atividades de construção-incorporação de edifícios. Os projetos das diferentes especialidades são desenvolvidos sem que haja uma integração direta entre eles, sendo reunidos, muitas vezes, somente na hora de execução dos serviços, na obra. Questões como qualidade e integração entre os diversos projetos e entre o projeto e a produção da edificação não são levados em conta. Sem a preocupação e integração com o sistema produtivo da construtora, os projetos restringem-se a fornecer informações sobre o produto (forma, dimensões, etc.), sendo praticamente inexistente o projeto para a produção. Os projetos não detalham como e em qual seqüência produzir, ou o que controlar durante a produção. O projeto para a produção ajudaria na compatibilização dos projetos, trazendo para a etapa de projetos, decisões que se fossem tomadas na obra, acarretariam em improvisações, retrabalhos e patologias.

Vários autores (por exemplo, ANDERY, 2003; FABRICIO, 2002 e MELHADO, 2001) diferenciam duas dimensões de projeto que se complementam: o projeto como um *produto* e como um *processo*. O projeto como um produto deve traduzir os requisitos dos clientes em especificações técnicas e representações gráficas (FABRICIO, op.cit.). Já o projeto entendido como um processo tem como resultado o produto “projeto” e tem atividades distintas e coordenadas. Tem a necessidade de participação dos responsáveis pela sua elaboração em todas as fases de um empreendimento.

As etapas e subdivisões de desenvolvimento de projeto podem ser encontradas de diferentes formas dentro da bibliografia e das referências normativas. Picchi (1993)

subdivide o processo de projeto em três etapas: estudo preliminar, anteprojeto e projeto definitivo (ou executivo). Tzortzopoulos (1999) já subdivide as etapas e as relaciona com os agentes responsáveis: planejamento e concepção do empreendimento; estudo preliminar; anteprojeto; projeto legal; acompanhamento da obra e acompanhamento do uso.

Segundo a NBR 13.531 - “Elaboração de projetos de edificações – Atividades técnicas” (ABNT, 1995), o projeto é dividido em etapas de desenvolvimento de atividades técnicas que se desenvolvem sucessivamente. Estas etapas são descritas nesta norma da seguinte forma:

(a) *programa de necessidades - PN*: destinado à “determinação das exigências de caráter prescritivo ou de desempenho (necessidades e expectativas dos usuários) a serem satisfeitas pela edificação a ser concebida”;

(b) *estudo de viabilidade - EV*: destinado à “elaboração de análise e avaliações para seleção e recomendação de alternativas para a concepção da edificação e de seus elementos (...)”;

(c) *estudo preliminar - EP*: destinado à “concepção e à representação do conjunto de informações técnicas e iniciais aproximadas (...)”;

(d) *anteprojeto (ou pré-execução) – AP*: destinado à “concepção e à representação das informações técnicas provisórias de detalhamento da edificação (...) necessários ao inter-relacionamento das atividades técnicas de projeto e suficientes à elaboração de estimativas aproximadas de custos e de prazos dos serviços de obra implicados”;

(e) *projeto legal – PL*: destinado à “representação de informações técnicas necessárias à análise e aprovação, pelas autoridades competentes, (...) e à obtenção do alvará ou das licenças e demais documentos indispensáveis para as atividades de construção”;

(f) *projeto básico – PB*: destinado à “representação das informações técnicas (...) ainda não completas ou definitivas (...)” e

(g) *projeto para execução – PE*: destinado à “concepção e à representação final das informações técnicas (...) necessárias à execução dos serviços de obra correspondentes”.

Entidades representativas do setor de projetos (AsBEA - Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura; ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural e ABRASIP – Associação Brasileira de Engenharia de Sistemas Prediais), juntamente com participações de entidades setoriais representativas dos contratantes de projetos do setor imobiliário e da construção (Secovi-SP, Sindinstalação e Sinduscon-SP) elaboraram um conjunto de Manuais de Escopo de Projetos de Serviços para Indústria Imobiliária voltados para as áreas de arquitetura e urbanismo, estrutura, sistemas elétricos e hidráulicos. Estes integrados e compatibilizados entre si. Definem os escopos dos projetos e servem de guias do que deve fazer parte dos projetos, quais as fases destes, quais são as entradas necessárias para o desenvolvimento das fases, quais devem ser as saídas de cada fase, qual o nível de detalhamento requerido, etc. Estes manuais estão em constante atualização e podem ser consultados através da internet. Maiores informações podem ser obtidas em <http://www.manuaisdeescopo.com.br>².

Hoje, o processo de projeto mais utilizado nos empreendimentos é o processo de projeto seqüencial. Fabrício (2002) descreve que em um processo de projeto tradicional e seqüencial, normalmente, o desenvolvimento do projeto se dá a partir da sucessão de diferentes etapas. Cada etapa está condicionada pelas soluções da etapa anterior. Ou seja, para que se inicie uma nova etapa de projetos é necessário que a etapa anterior de outra especialidade já tenha terminado. As etapas subseqüentes são cada vez mais complexas e necessitam cada vez mais de detalhamentos. Por exemplo, o início da etapa de estruturas depende do anteprojeto de arquitetura terminado ou quase terminado. A atuação dos projetistas de uma especialidade ocorre separadamente a outras etapas, com

² Acesso em: 22/01/2007.

reduzida interação com os demais projetistas e com o pessoal da obra. A proposição de modificações por um projetista de determinada especialidade obriga que outros projetos de outras especialidades, finalizados ou quase finalizados, tenham que ser revistos, gerando enormes retrabalhos ou até mesmo o abandono projetos, favorecendo também a não colaboração entre projetistas. Além disso, os projetos, muitas vezes, não possuem um nível de detalhamento e integração (entre si) adequados, que esclareçam todas as características e interfaces do produto, prejudicando tanto a construtibilidade dos projetos como a qualidade das edificações. Em função destes aspectos, a equipe de produção, em muitos casos, decide, sem possuir informações suficientes sobre o conjunto do empreendimento, sobre características e especificações do edifício não previstas em projeto.

Na FIG 3.7., Fabrício & Melhado (2001) apresentam um esquema genérico de um processo seqüencial de desenvolvimento de projeto de edifícios. Segundo Melhado (1997) o processo seqüencial de projeto, além de muito utilizado na prática projetual do mercado, é ainda difundido pelos textos institucionais e pelas normas técnicas vigentes. O processo seqüencial, segundo Fabrício & Melhado (op.cit.), hierarquiza as disciplinas de projeto e colocam o projeto arquitetônico como responsável pelas indicações a serem seguidas pelos demais projetos. Ainda segundo Fabrício (op.cit.), nesta forma de projeto seqüencial, apenas o projetista de arquitetura tem contato direto com a programação do empreendimento. A equipe de estruturas só tem conhecimento do projeto após a aprovação (projeto legal). Para os outros projetistas, o programa é apresentado tardiamente no processo de projeto, com desenhos e soluções de projeto previamente adotados no projeto arquitetônico. Sendo assim, estes acabam desenvolvendo soluções técnicas que “complementam” o projeto de arquitetura. Na FIG. 3.3, é evidenciado o papel de cada um dos agentes do empreendimento durante todas as etapas presentes em um processo seqüencial de projeto.

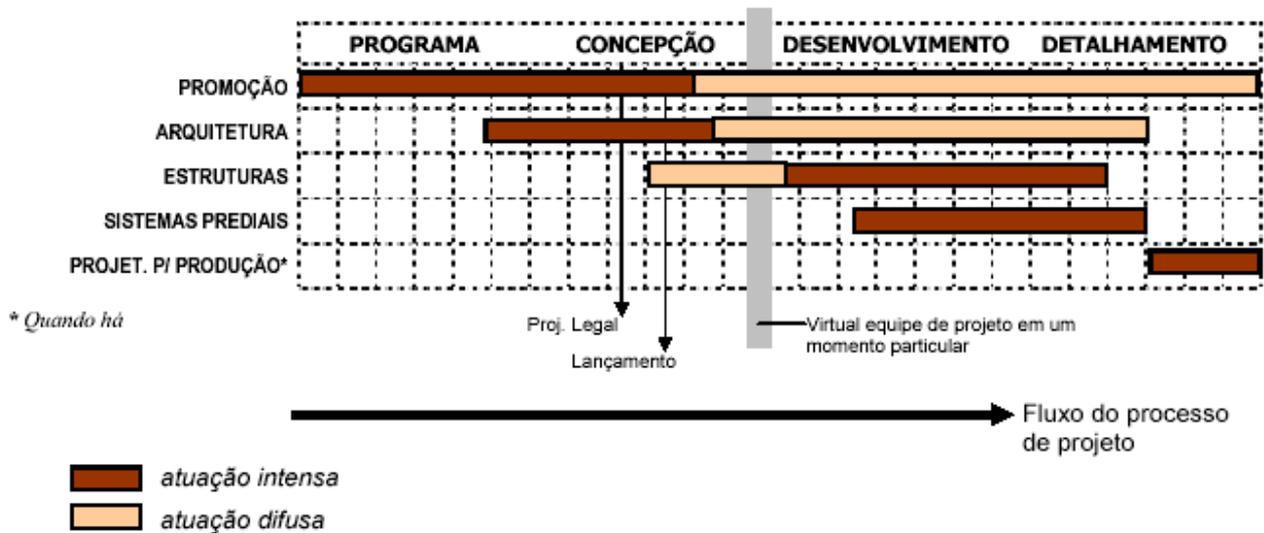


Figura 3.3. Esquema de processo seqüencial de projeto e a participação dos diversos agentes. (FABRÍCIO & MELHADO, 2001)

Segundo Fabrício (2002), a falta de integração entre projetos e execução da obra pode ter causas culturais, financeiras ou técnicas (por exemplo, falta de indicadores de desempenho do projeto). Devido a este fato, nota-se um comprometimento da eficácia das soluções projetuais e, conseqüentemente, ocorrência de patologias, diminuição da construtibilidade e aumento no valor final da edificação. O processo seqüencial de projeto adotado na maioria dos processos construtivos das edificações apresenta grandes limitações (como as anteriormente descritas) para a integração entre os agentes e na obtenção de soluções coordenadas de projetos. Estas limitações podem ser diminuídas com o desenvolvimento de processos de projetos que propiciem uma maior integração entre os projetistas.

3.4.2. Importância do processo de projeto no desenvolvimento dos empreendimentos

A qualidade do projeto é considerada um dos componentes mais importantes da qualidade da edificação, pois através de um bom projeto é possível caminhar para alcançar o grau de satisfação das expectativas dos clientes. A etapa de projetos deve ser explorada como ponto estratégico para otimizar a construção. Vários profissionais

comprovam esta importância estratégica analisando como a solução do projeto também pode facilitar ou dificultar a construção, afetando os custos e prazos do empreendimento. Algumas linhas de pesquisa focadas na melhoria da qualidade dos projetos, por exemplo, Picchi (1993), Melhado (1994), Novaes (1996), Tzortzopoulos (1999), Melhado (2001), além de Fabrício (2002), apontam a necessidade de uma maior articulação entre os projetos, além de propor modelos de gestão do processo de projeto que buscam a coordenação entre as especialidades e entre projeto e produção.

CII (1987) e Melhado (1994) consideram que nas primeiras fases do empreendimento as decisões tomadas têm maior influência nos custos finais do mesmo. A FIG. 3.4 apresenta as etapas de uma construção e a capacidade delas de influenciar os custos finais do empreendimento. Nota-se que, na etapa de projetos, a probabilidade de se conseguir planejar e implementar modificações que possam onerar ou baratear um empreendimento é bem maior do que na etapa finais de um empreendimento (execução e uso).

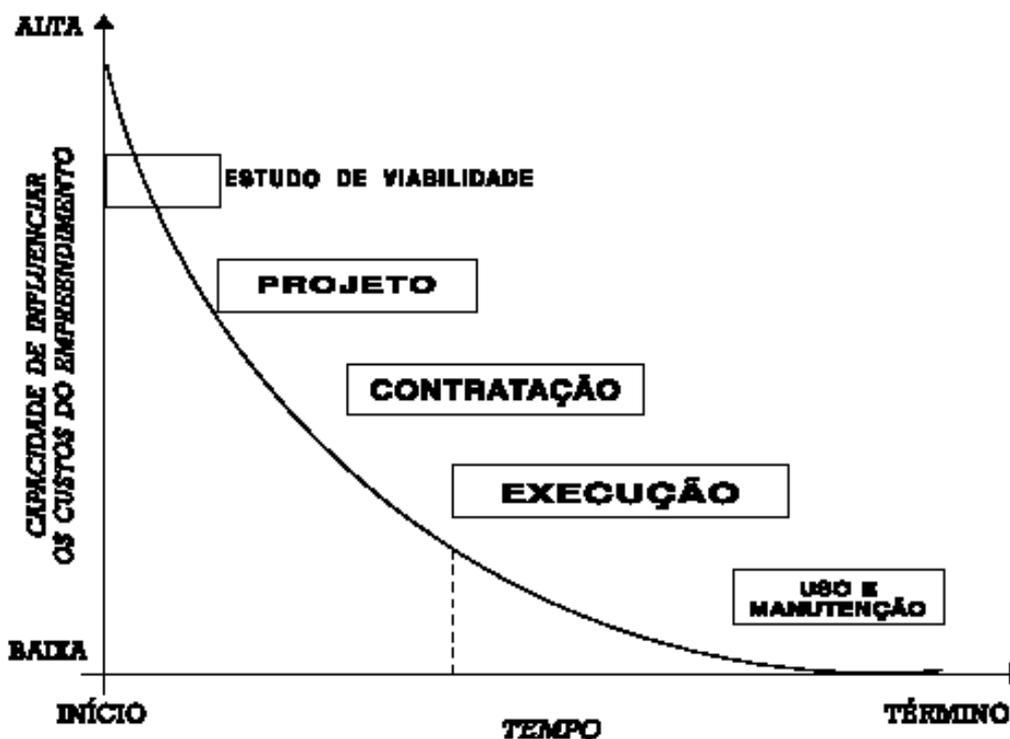


Figura 3.4. Fases de um empreendimento e a capacidade delas de influenciar o custo final de uma edificação (CII, 1987)

Segundo Melhado (1994), nas etapas iniciais do empreendimento (programa e projeto), onde os gastos são menores do que no restante do processo produtivo, é possível tomar decisões que apresentam as maiores oportunidades de intervenção e agregação de valor. Estas etapas iniciais, segundo o mesmo autor, são as principais responsáveis e concentram as maiores chances de redução dos custos e falhas do edifício. Como pode ser notado na FIG. 3.5, de Hammarlund & Josephson (1992), as possibilidades de intervenção diminuem à medida que o projeto passa a ser desenvolvido, tendendo a serem nulas na etapa de construção e quanto mais tarde é realizada a intervenção no empreendimento, maiores são os custos para tal alteração.

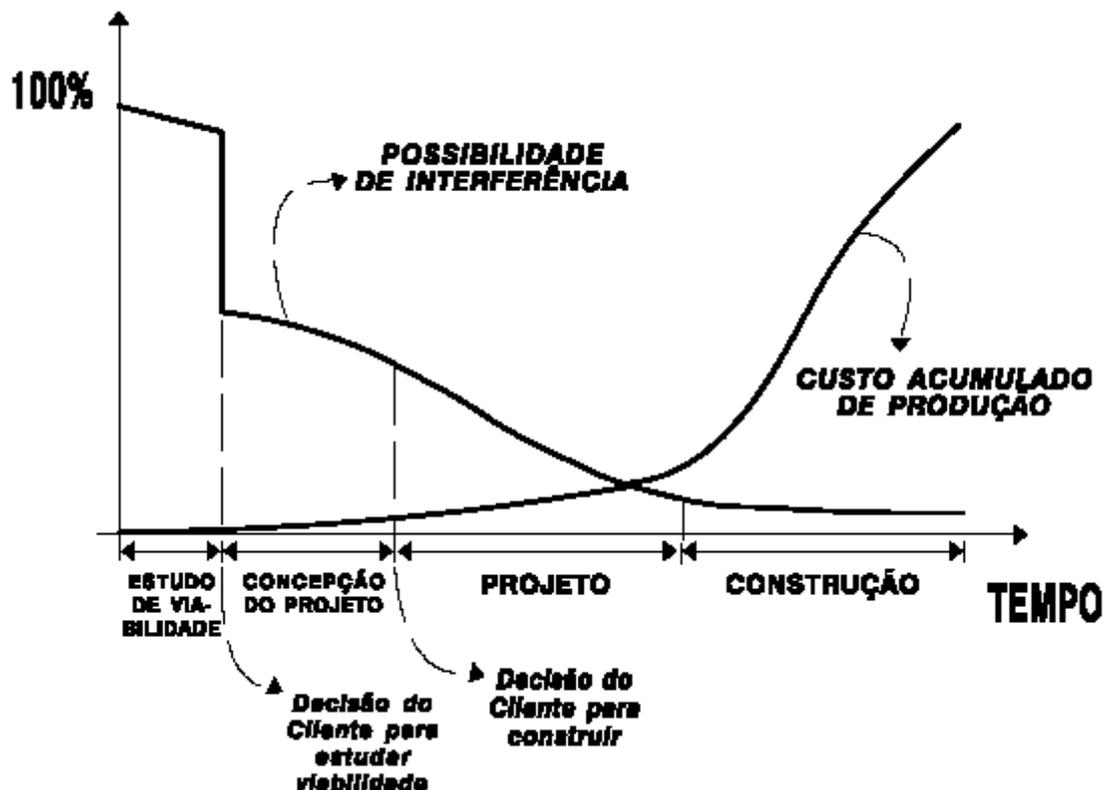


Figura 3.5. O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo do edifício (HAMMARLUND & JOSEPHSON, 1992)

Dados de Barros & Melhado (1993) demonstram que um maior investimento em custo e prazo na etapa de projetos, acaba reduzindo os custos e prazos do empreendimento. Isto pode ser notado no gráfico da FIG. 3.6.

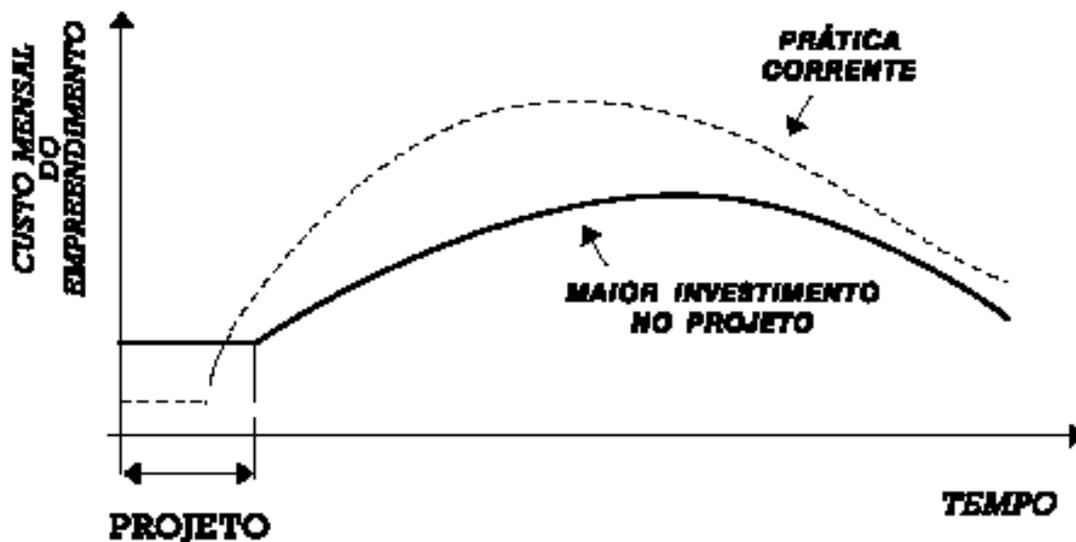
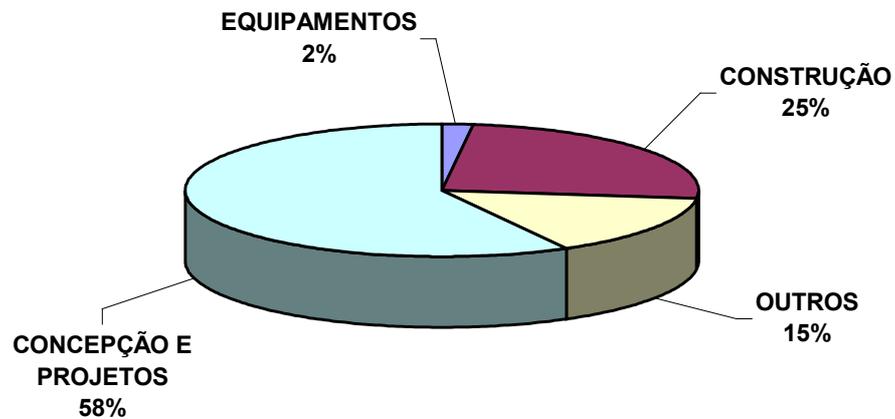
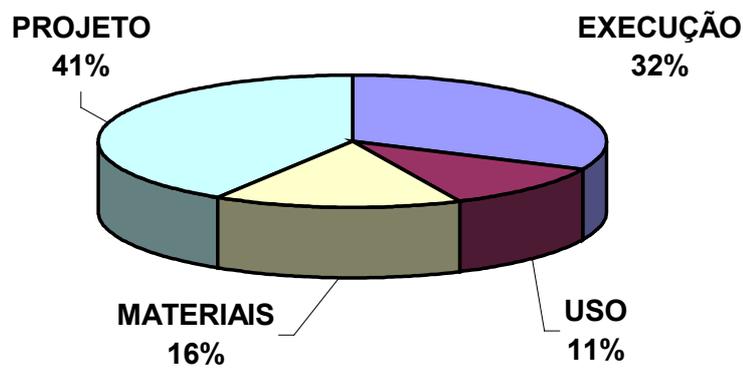


Figura 3.6. Custos do empreendimento: práticas convencionais x maior investimento na etapa de projetos (BARROS & MELHADO, 1993)

Um processo de projeto ineficiente é responsável por elevados índices de falhas e patologias construtivas comprometendo a qualidade do produto final e a eficiência da produção de edifícios, além de aumentar o custo final do empreendimento. Segundo a pesquisa de Abrantes apud Maciel & Melhado (1995) os projetos são responsáveis por 58% das patologias nos edifícios como pode ser observado na FIG.3.7a. Já Meseguer (1991), analisando países europeus, observa que é na etapa de desenvolvimento do projeto onde são geradas as maiores quantidade de fontes de falhas em estruturas metálicas (FIG.3.7b.). As falhas de projeto são as principais responsáveis por danos localizados e degradação precoce da estrutura metálica.



(a)



(b)

Figura 3.7. Origem das patologias e mau funcionamento das edificações segundo diversos autores. (a) Maciel & Melhado (1995); (b) Meseguer (1991)

3.4.3. Alguns estudos sobre o processo de projeto

Picchi (1993) realizou um estudo que teve como objetivo principal propor e demonstrar a aplicabilidade em empresas de construção de edifícios de uma metodologia envolvendo o uso de conceitos gerais da qualidade. O autor afirma que a garantia e controle da qualidade deve abranger todas as etapas do projeto (desde os primeiros estudos até o seu detalhamento) e que deficiências no processo de projeto constituem a principal origem das patologias nas construções. Destaca que a qualidade ao longo do processo de projeto pode ser dividida em quatro componentes: qualidade do programa, qualidade da solução, qualidade de apresentação e qualidade do processo de elaboração

de projetos. Estes componentes possuem uma série de aspectos que devem ser considerados no desenvolvimento do projeto de um edifício e são, resumidos na TAB.3.1.

Tabela 3.1 Componentes da qualidade do projeto (PICCHI, 1993)

COMPONENTES DA QUALIDADE DO PROJETO	SUB-COMPONENTES	PRINCIPAIS ASPECTOS RELACIONADOS
Qualidade do programa	-	Pesquisa de mercado, identificação das necessidades dos clientes, seleção e incorporação de terrenos (caracterização do entorno, legislação, levantamentos topográficos, sondagens), antecipação de tendências.
Qualidade da solução do projeto	Atendimento ao programa	-
	Atendimento à exigências de sustentabilidade.	matérias-primas; energia; água; disposição de resíduos sólidos e líquidos.
	Atendimento à exigências psico-sociais.	Funcionalidade, estética, proteção e status.
	Atendimento à exigências de desempenho.	Segurança, habitabilidade, desempenho no tempo, economia na utilização.
	Atendimento à exigências de construtibilidade.	Racionalidade, padronização, facilidade de construir, integração entre projetos.
	Atendimento à exigências de economia.	Custos de execução, operação, manutenção, demolição.
Qualidade da apresentação	-	Clareza de informações, número de detalhes suficientes, informações completas, facilidade de consulta.
Qualidade do processo de elaboração de projetos	-	Prazo, custo de elaboração do projeto, envolvimento das pessoas relacionadas, comunicação, compatibilização entre disciplinas de projeto, acompanhamento durante a obra, entrega e assistência.

Fonte: Adaptado de Picchi (1993) e Fabrício (2002)

Ainda segundo Picchi (1993), os instrumentos mais importantes de garantia e controle da qualidade no processo de projeto são: a qualificação dos projetistas, a coordenação de projetos (planejamento de projetos, controle de interfaces, compatibilização de projetos, controle dos dados de entrada, controle de revisões e controle de pendências), a análise crítica de projetos, os projetos para produção, o controle de modificações durante a execução (“*as built*”) e o projeto em computador (CAD).

Existem algumas dificuldades de implantação dos instrumentos citados por Picchi (op.cit.) em empresas de projeto. Em um processo seqüencial (tradicional) estas dificuldades podem ser potencializadas. Por exemplo, com relação à compatibilidade de

projetos, devido às etapas de projeto ocorrerem sucessivamente, um projeto de uma especialidade é baseado no projeto da especialidade anterior e as alterações que propiciam a compatibilidade dos projetos, implicam em grandes retrabalhos das etapas anteriores. Na grande maioria das vezes o tempo destinado para o desenvolvimento dos projetos é bastante reduzido o que implica no não planejamento do processo de projeto. A comunicação entre os agentes, clientes e usuários é quase sempre informal fazendo com que não haja registros das necessidades dos clientes, das modificações de projetos das revisões, etc. Outro exemplo é a dificuldade em se conscientizar as equipes de projeto com a mentalidade da qualidade global da edificação. Muitas vezes, o profissional se preocupa apenas com o seu próprio projeto, esquecendo-se do restante do processo de projeto e da edificação como um todo. Como a comunicação entre os agentes é ineficiente e raramente há uma retroalimentação do processo, pode se ter uma falsa impressão de que o projeto desenvolvido por ele está completo quando carece de detalhamentos mais eficientes, comprometendo a qualidade da edificação. É praticamente inexistente o projeto para produção e “*as built*”, que pode ter como causas a não valorização e o pouco tempo destinado à etapa de projetos.

Tzortzopoulos (1999) e Moraes (2000) desenvolveram seus estudos para melhoria do processo de projeto baseado na “Nova Filosofia de Produção”, também chamada de Produção Enxuta ou *Lean Construction*. Segundo os autores e Koskela (1998), os conceitos e princípios do Lean Construction, originalmente provenientes de outras indústrias, são ainda pouco difundidos na construção civil. Inicialmente utilizada na indústria automotiva, a produção enxuta se focaliza na melhoria da produtividade e na redução de custos através da diminuição de perdas (materiais, mão-de-obra, capital ou equipamentos).

Conforme afirma Koskela (1992) e também enfatizado por Moraes (op.cit.), na construção enxuta o projeto deve ser visto como uma integração dos modelos de **conversão, fluxo e valor** e não apenas como uma seqüência de conversão de atividades.

O conceito de **conversão**, utilizado no processo de produção tradicional, consiste em converter entradas (*input*) em saídas (*output*), ou seja, insumos em produtos. Os sub-

processos originados da subdivisão do processo de conversão também são processos de conversão. Os custos de todo o processo podem ser minimizados diminuindo-se o custo de cada sub-processo. Os custos de saída são proporcionais aos custos (valores) das entradas do processo.

No conceito de **fluxo** a produção é entendida como uma seqüência de atividades de transporte, espera, processamento, inspeção e estoque. Busca-se eliminar as perdas dos processos de fluxo (eliminação de estoque, minimização de distâncias em pontos de trabalho, etc.). É neste conceito de fluxo que se baseiam as filosofias *Just in Time* (JIT) e *Total Quality Management* (TQM), onde o JIT tem como característica básica a eliminação de períodos de espera e o TQM enfatiza a eliminação de erros e retrabalhos oriundos destes. Apesar de não agregarem valor ao produto final, considerar as atividades de fluxo são importantes, pois consomem tempo e tem um custo associado. Diminuir as atividades de fluxo que não agregam valor ao produto final é o foco da melhoria dos processos de produção.

Valor é determinado pelo cliente final. É significativo quando, relacionado a um produto específico, atende às necessidades do cliente (qualidade, custo, prazo, etc.). Atividades que não agregam valor ao produto final devem ser eliminadas buscando diminuir os desperdícios do processo (de tempo, de recursos e de espaço).

Existem vários conceitos relacionados à produção enxuta. Dentre eles encontram-se: a manutenção produtiva total, a melhoria contínua, o *benchmarking*, a competição baseada no tempo, a re-engenharia, engenharia simultânea, etc. A engenharia simultânea faz uma adaptação dos conceitos, princípios e ferramentas da construção enxuta ao processo de desenvolvimento de projeto (KOSKELA, 1992).

Segundo Moraes (2000), na indústria da construção civil, a abordagem enxuta pode ser aplicada nas seguintes etapas do empreendimento: etapas de projeto (*lean design*), cadeia de suprimentos, controle da produção e canteiro de obra. A autora discorre em seu trabalho sobre a produção enxuta voltada à etapa de projetos (*lean design*)

Para Melhado (1999), como o projeto de construção de edifícios é uma atividade de concepção de produto ou serviço, pode ser entendido como um processo, devendo, a partir de dados de entrada, garantir, na saída, soluções que atendam as necessidades e expectativas dos clientes aos quais se destinam os edifícios. Desta forma, estará garantida a qualidade do projeto. Sendo assim, os parâmetros que refletem a necessidade dos clientes (dados de entrada) devem ser verificados pelos dados de saída e então validados pelos clientes. Quando validadas, as saídas devem ser encaminhadas para a produção e então arquivadas conforme a configuração inicial ou após as modificações (de projeto ou do programa do empreendimento) solicitadas pelos clientes ou pela produção (FIG.3.8). Desta forma, segundo o mesmo autor “o processo de projeto passa a ser entendido como uma sucessão de etapas de concepção, verificação e validação encadeadas (...) onde os dados de saída de uma etapa se juntam ao conjunto de dados de entrada da próxima”. A análise crítica que ocorre antes da validação tem como objetivo avaliar e questionar se as soluções propostas correspondem às necessidades dos clientes. Melhado (1994) também afirma que, além do trabalho dos projetistas, para aumento da qualidade e coordenação de projetos, é necessário que haja uma maior valorização dos projetos e engajamento de outros agentes do empreendimento.

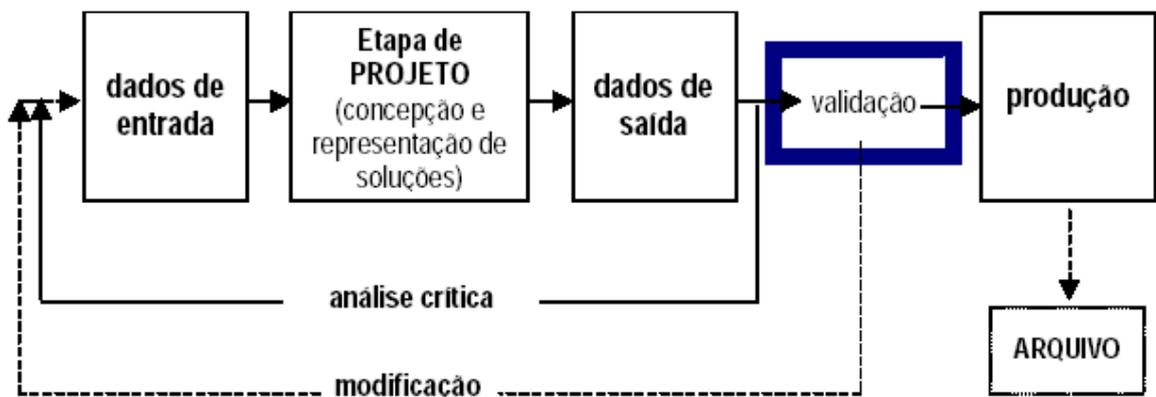


Figura 3.8. Processo de projeto segundo a ótica da qualidade (MELHADO, 1999)

Fabrcio (2002) acredita que o caminho para o progresso na gestão do processo de projeto passa pelas parcerias entre empreendedor, projetistas e construtores, visando criar equipes mais perenes que pudessem investir na integração entre projetistas de diferentes especialidades, incluindo as de projeto para produção. Desta forma, haveria

uma melhoria contínua da colaboração intra-equipe, pois os profissionais iriam conhecer a realidade e a necessidade dos diversos agentes.

Questionando o caráter seqüencial do processo de projeto na construção de edifícios, Fabrício (2002) apresentou um modelo para o processo de projeto baseado na *Engenharia Simultânea (E.S.)* ou “*Concurrent Engineering*” que reconhece a multidisciplinaridade do processo de projeto, chamado de **Projeto Simultâneo**.

A Engenharia Simultânea é um processo utilizado nas fases de concepção e desenvolvimento de produtos das indústrias automobilísticas, aeroespacial, micro-eletrônica, etc., que propiciou a estas, ampliar e agilizar o amadurecimento de novas tecnologias utilizando-as na implantação de novos produtos de qualidade e mais competitivos no mercado. Segundo relatado por Fabrício & Melhado (1998), a realização de projetos baseados na Engenharia Simultânea melhorou o atendimento às demandas de clientes internos (envolvidos no processo de produção) e de clientes externos (compradores e usuários), pois estes são ouvidos desde a concepção do produto. Um dos preceitos básicos da Engenharia Simultânea é de integrar, na concepção do produto, todos os agentes envolvidos durante o ciclo de vida do empreendimento. Melhado (1994) já destacava a necessidade da simultaneidade entre a concepção e a produção, ressaltando a importância da formação de equipes multidisciplinares de projeto, duas premissas básicas da Engenharia Simultânea.

Sinteticamente, segundo Fabrício & Melhado (1998; 2000; 2001) e Fabrício (op.cit.), a Engenharia Simultânea pode ser caracterizada por alguns pontos básicos que podem ser adaptados para a geração do Projeto Simultâneo:

(a) Valorização do projeto e das primeiras fases de concepção do produto;

(b) Realização em paralelo de várias etapas do processo de desenvolvimento do produto, reduzindo o tempo de projeto e ampliando a integração entre as interfaces de projetos. Pode-se destacar aí, o desenvolvimento do processo de produção simultaneamente à concepção e projeto do produto;

(c) Integração entre diferentes agentes envolvidos desde o início do processo, formando equipes de projeto multidisciplinares e multidepartamentais, conseguindo antever as demandas dos clientes internos do processo de produção e o desempenho ao longo do ciclo de vida. Para isto, é necessário que não haja barreiras hierárquicas na conformação das equipes de projeto. Como todos da equipe têm todas as informações sobre o projeto, conseguem interagir planejando simultânea e coordenadamente diversos aspectos do produto;

(d) Utilização da informática e das novas tecnologias de informação no desenvolvimento dos projetos e

(e) Orientação para a satisfação do cliente e para o mercado.

Fabício (2002) ainda relata os principais objetivos e benefícios da Engenharia Simultânea como sendo a redução do tempo de projeto, a introdução de inovações, a ampliação da qualidade ao longo da vida útil de produtos e serviços e a ampliação da manufaturabilidade dos projetos e aumento de eficiência dos processos produtivos de bens e serviços. Devido à interação entre as fases de projeto e à consideração precoce das necessidades dos clientes internos e externos durante o ciclo de vida do produto, há uma redução significativa de muitos problemas de produção e de uso.

Com a utilização da Engenharia Simultânea, Fabício (op.cit.) afirma que é possível obter expressivos ganhos de tempo no desenvolvimento de novos produtos através do paralelismo da realização das atividades de projeto, além de apresentar interatividade do processo, quando comparado ao processo seqüencial de desenvolvimento de produtos. Isto pode ser ilustrado na FIG.3.9.

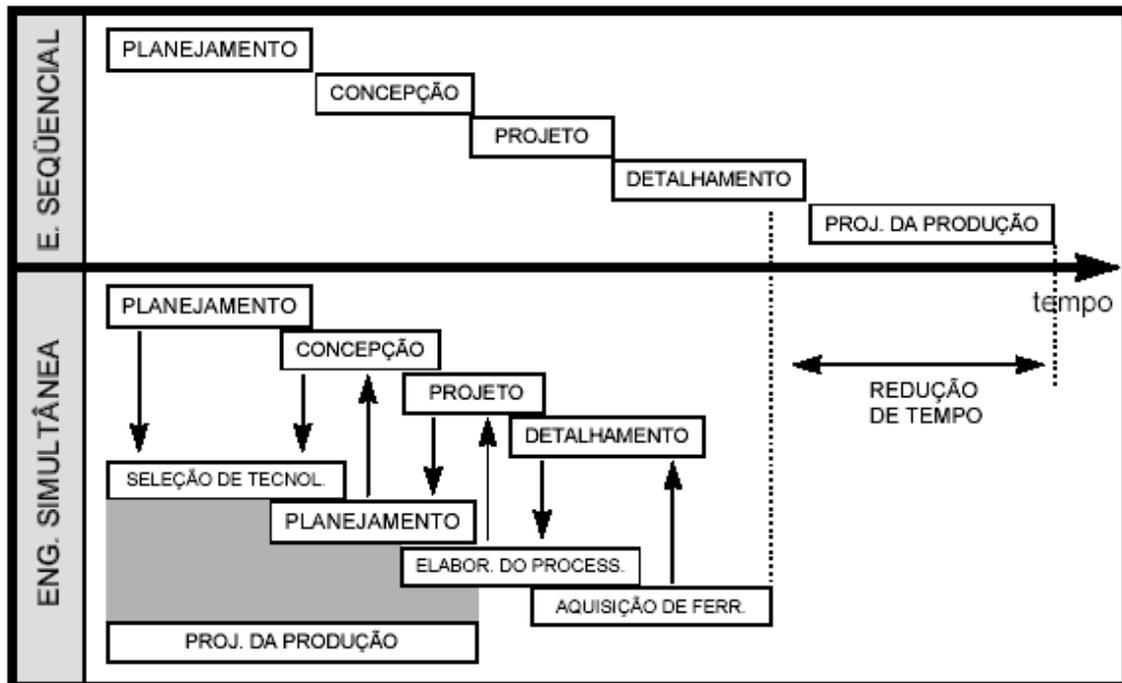


Figura 3.9. Engenharia seqüencial x engenharia simultânea (FABRICIO, 2002)

Desta forma, a Engenharia Simultânea, embora desenvolvida para a indústria seriada, apresenta-se como uma das alternativas possíveis para solucionar os problemas apresentados em um processo de projeto seqüencial. Porém, devido às particularidades do setor da construção civil, conforme dito anteriormente, a aplicação direta da Engenharia Simultânea, é desaconselhada já que esta é voltada principalmente à indústrias que envolvem produção seriada. Devido a isto, o Projeto Simultâneo com modelos e métodos próprios e moldados às especificidades do setor da construção civil se apresenta como uma alternativa adaptada da Engenharia Simultânea (FABRICIO & MELHADO, 1998; 2000; 2001).

No Projeto Simultâneo, as atividades de projeto são realizadas paralelamente umas as outras e a participação de diferentes agentes envolvidos em diversas fases do ciclo de produção do empreendimento acontece desde a concepção do produto, buscando considerar precocemente as necessidades e visões dos clientes (BAÍÁ; FABRICIO; MELHADO, 1999).

Segundo Fabrício (2002), os principais objetivos da adoção do Projeto Simultâneo na construção civil são: (a) ampliação da qualidade do projeto e do produto; (b) aumento da construtibilidade do projeto; (c) subsidiar a introdução de novas tecnologias e métodos no processo de produção de edifícios e (d) reduzir prazos globais de execução por meios de execução mais rápida.

O autor afirma que há a necessidade de que as decisões e criações de projeto ocorram de forma integrada, devendo haver, para tal, mobilização precoce dos agentes do empreendimento. Estes devem orientar a atuação individual por objetivos coletivos comuns.

Fabrício (op.cit.) enfatiza que para que a filosofia do projeto simultâneo seja viável são necessárias mudanças no processo de projeto visando proporcionar uma maior colaboração entre os agentes e integrar as etapas. Estas mudanças compreendem em: (a) transformações nas culturas dos agentes envolvidos, buscando extrapolar as limitações e aumentar a cooperação técnica entre projetistas, construtores e promotores; (b) valorização do projeto, das parcerias entre agentes de projeto e integração precoce entre os diversos agentes do empreendimento; (c) apropriação de novas tecnologias de informática e telecomunicações como ferramentas para facilitar a comunicação entre os envolvidos, mesmo que a distância; (d) mudança na organização das atividades de projeto, permitindo a coordenação precoce e (e) o desenvolvimento em paralelo de diferentes especialidades de projeto e de desenvolvimento do produto.

O modelo proposto por Fabrício (op.cit.) organiza as fases de desenvolvimento do projeto da seguinte forma: (a) levantamento; (b) hierarquização e interpretação das informações; (c) concepção de alternativas e soluções e (d) detalhamento e validação das soluções projetuais. Segundo o autor “após estas etapas o projeto é visto como um serviço de apoio e orientação à obra e aos usuários e não como um processo de criação e desenvolvimento de soluções”. Desta forma, é valorizada a coordenação e a integração entre os diversos agentes do empreendimento durante todas as suas fases. Na FIG.3.10 o esquema proposto por Fabrício (op. cit.) adaptado de Baía; Fabrício; Melhado (1999) é representado de uma forma esquemática.

Neste modelo, Fabrício (2002), considera como fases³ de desenvolvimento do projeto e suas respectivas atribuições:

(a) Levantamento, hierarquização e interpretação das informações. Fica sob responsabilidade da incorporadora e também inclui características do terreno e de sua ocupação;

(b) Concepção das alternativas e soluções. Aqui se incluem as atividades de geração do programa de necessidades a ser atendido no desenvolvimento do produto e o estudo preliminar de arquitetura que desenvolve o conceito do produto. Também são consideradas informações das outras especialidades técnicas e da produção. As visões dos agentes são coordenadas e são analisadas as repercussões das alternativas consideradas nos estudos preliminares em relação às possibilidades tecnológicas e construtivas.

(c) Desenvolvimento interativo dos diversos anteprojetos e validação das soluções projetuais. Nesta fase são amarradas as decisões de especialidades e realizada a otimização global do projeto.

(d) Detalhamento, representação e apresentação das informações de projeto.

Outras fases relacionadas ao apoio e orientação a obra e aos usuários não são consideradas como um processo de criação e desenvolvimento de soluções.

³ Estas fases se encontram no eixo vertical. No eixo horizontal, se encontram as especialidades de projeto.

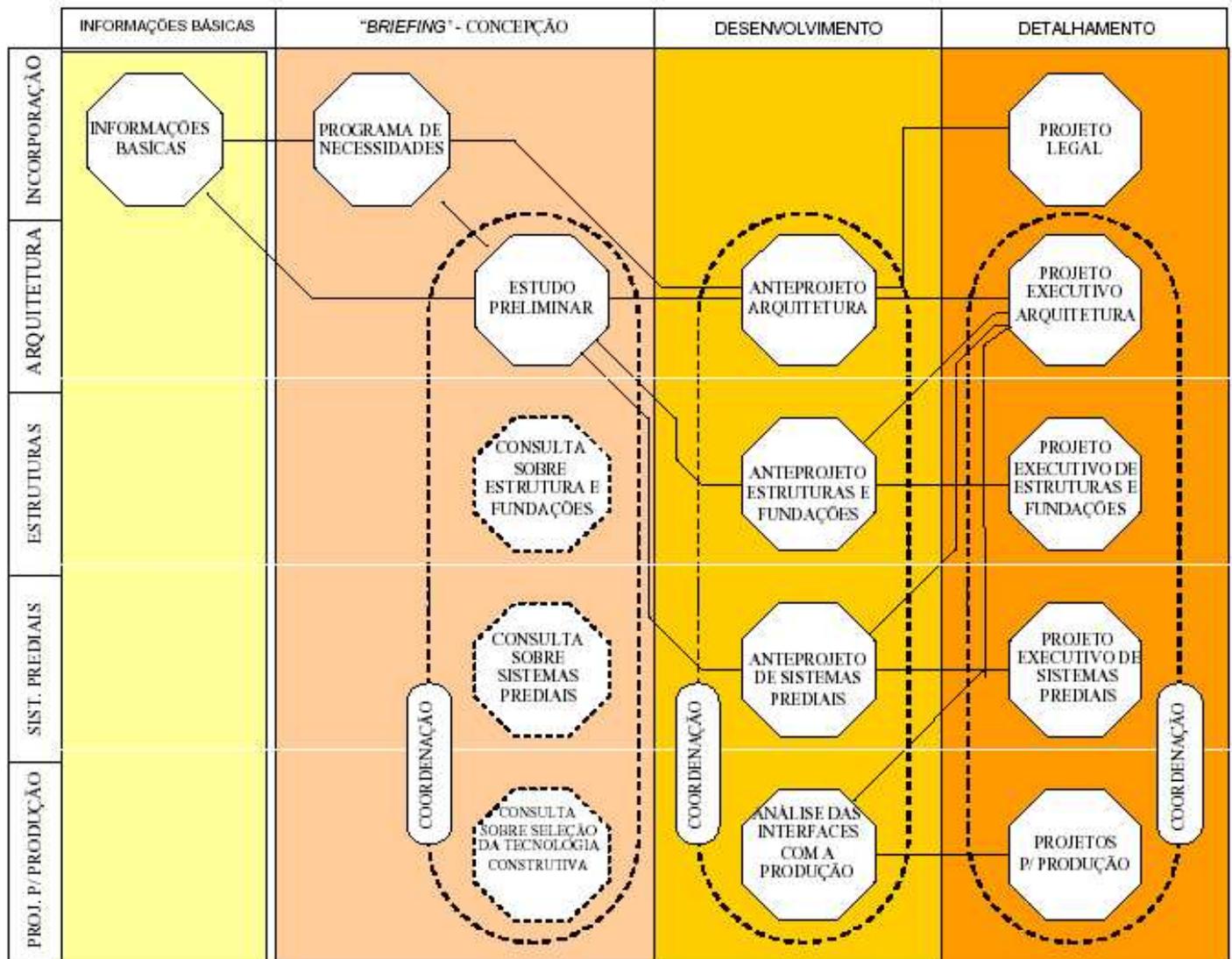


Figura 3.10. Proposta para a seqüência de projeto buscando paralelismo e interatividade entre as fases de projeto (BAÍA; FABRICIO; MELHADO, 1999)

Para Fabrício (2002), este modelo de desenvolvimento de projeto propicia uma ampliação do desempenho dos projetos, pois privilegia o paralelismo entre as fases de projeto e a interatividade entre os executores destas fases, o que favorece a análise precoce das repercussões das especificações e alternativas adotadas e a solução prévia de possíveis interferências.

3.5. Processo de projeto em construções metálicas

3.5.1. Características do processo de projeto de construções metálicas

A necessidade competitiva do mercado tem favorecido a utilização crescente de construções industrializadas, devido à maior possibilidade de otimização de custos (mediante contenção do desperdício de materiais), padronização, produção seriada e racionalização do consumo de energia. No Brasil, embora a construção metálica seja tradicionalmente menos utilizada na construção civil, havendo uma maior experiência com o emprego de sistemas construtivos em concreto armado, a sua utilização tem crescido rapidamente nos últimos anos.

De acordo com Baião (1998), Castro (1999), Moraes (2000), Bauermann (2002) e Tunouti (2004), algumas vantagens inerentes à construção metálica em relação aos sistemas construtivos em concreto armado são:

- Velocidade de execução da estrutura, o que torna a obra mais competitiva;
- Possibilidade de projetar grandes vãos;
- Possibilidade de utilização de peças mais esbeltas;
- Estrutura mais leve, favorecendo transporte e montagem;
- Redução do número de pilares necessários;
- Maior área líquida para a comercialização (vantagem mercadológica);
- As vigas em estrutura metálica podem possuir metade da altura das vigas de concreto armado o que é uma vantagem quando se trabalha com projetos com limitações de altura ou quando se deseja uma opção para diminuição da altura final da edificação;
- Flexibilidade de utilização dos espaços construídos;
- Possibilidade de montagem e desmontagem da edificação em outro local, permitindo o aproveitamento da estrutura em outra obra;
- Ampliação e reforma da edificação, com o mínimo de interferência e transtornos para o usuário;
- Alívio nas fundações devido a um menor peso e volume da estrutura;

- Redução da área do canteiro de obras e do espaço para estocagem;
- Diminuição do desperdício;
- Redução do nível de ruídos durante a execução e
- Diminuição no cronograma e a conseqüente redução de custos diretos e indiretos. De forma isolada, a estrutura metálica é mais cara do que a de concreto.

Por outro lado, segundo os mesmos autores, a construção metálica apresenta limitações que podem gerar atrasos na disseminação deste sistema construtivo no Brasil:

- Desembolso financeiro imediato e único para aquisição da estrutura;
- Falta de materiais complementares industrializados (vedações, por exemplo) ou fornecedores nacionais;
- Exigência de cuidados inerentes às movimentações diferentes dos componentes estruturais e vedação para que não gerem patologias;
- Necessidade de maior qualificação das pessoas que trabalham com esta tecnologia;
- Conforto termo-acústico é prejudicado devido à retirada de massa, recomendando alternativas para tratamento;
- Necessidade de medidas adicionais de proteção para aumentar o tempo de resistência da estrutura metálica ao fogo;
- Preço elevado da estrutura, quando analisada de forma isolada;
- Cultura brasileira ainda extremamente voltada para o concreto armado o que gera resistência para novas tecnologias;
- Necessidade de criação de uma filosofia industrializada;
- Ensino ainda pouco aprofundado e específico sobre sistemas construtivos metálicos nas escolas de formação de arquitetos, engenheiros e projetistas, fazendo com que haja uma carência de profissionais especializados no mercado.

Acredita-se que a etapa de projetos deve ser ainda mais valorizada em empreendimentos que utilizem sistemas construtivos metálicos. Por conceber a idéia de industrialização da construção, este sistema construtivo é menos sujeito a improvisações de obra devido à, por exemplo, deficiências nos projetos. Problemas de projeto interferem na agilidade do

processo construtivo e na qualidade do produto, o que a reduz a competitividade da construção metálica. Desta forma, as etapas de dimensionamento e detalhamento do processo de projeto devem assegurar as vantagens da construção metálica.

Segundo Castro (1999), dentre as diversas formas de patologias construtivas, as chamadas atávicas são aquelas resultantes de má concepção de projeto, erro de cálculo, escolha de perfis ou chapas de espessura inadequada ou aços com resistência mecânica inferior à considerada no projeto estrutural. São perigosas, pois comprometem a segurança e funcionalidade da estrutura e são difíceis de serem reparadas. Quando ocorrem, exigem recuperação de alto custo.

Moraes (2000) afirma que a falta de compatibilização de projetos também é um problema na construção metálica, como ocorre na construção civil em geral. Os profissionais de uma determinada especialidade não participam dos demais projetos e não conhecem as possíveis interferências entre as especialidades. A visão de cliente do processo de projeto resume-se ao contratante ou ao empreendedor. As necessidades dos clientes internos do processo de projeto não são explicitadas, não sendo consideradas no desenvolvimento dos projetos. Não se consegue uma definição completa dos desejos e necessidades de todos os clientes do processo de projeto, contribuindo para a diminuição do valor final do produto.

Projetar uma estrutura metálica requer um conhecimento aprofundado das características dos componentes e materiais envolvidos (principalmente o aço) e das suas propriedades. Caso não haja tal conhecimento, pode-se adotar uma solução incompatível com o sistema estrutural, acarretando problemas de várias naturezas. A inexperiência dos projetistas em sistemas construtivos metálicos contribui para que, em muitos casos, os edifícios sejam concebidos segundo os conceitos e soluções adotadas em sistemas construtivos em concreto armado e, posteriormente, sofram adaptações para a utilização do aço como elemento estrutural. Sendo assim, falhas podem ser geradas ainda durante a concepção do edifício (CASTRO, op.cit.).

Com base em Castro (1999), pode-se fazer alguns destaques aos empreendimentos que envolvem a construção metálica:

- **Concepção:** o projeto em aço requer compatibilização e planejamento, pois as peças são produzidas fora do canteiro de obras, ou seja, na fábrica, e somente montadas em campo;
- **Projeto estrutural:** a padronização (elementos estruturais, sistemas construtivos, sistemas de vedação e conexões) é um aspecto relevante na estrutura metálica, pois a maior produtividade, tanto na fabricação, quanto na montagem, estão intimamente ligadas à ela. O custo de uma estrutura não depende apenas do peso de aço. É influenciado também pela padronização das peças. A padronização mais bem elaborada é uma das principais tendências da construção metálica.
- **Industrialização:** permite racionalizar o processo de produção e aceitar outros componentes pré-fabricados. Aumenta a precisão da obra, mas exige mão-de-obra qualificada.

Segundo Calmon; Moraes (2000), a construção metálica permite que os projetos e detalhes construtivos utilizem o milímetro como escala de medida. Desta forma, tem-se uma precisão maior que os demais sistemas construtivos. Entretanto, esta característica não é aplicada em muitos casos em função dos seguintes fatores (MORAES, 2000, p.226):

- “Necessidade de colocar o produto no mercado, elaborando-se, muitas vezes, apenas os projetos que dão a configuração básica da edificação (arquitetura, estruturas e instalações);
- Contratação de projetistas em etapas posteriores à definição do produto, não podendo contribuir com soluções otimizadas no processo de projeto o que leva a um planejamento do processo de projeto ineficiente e até mesmo inexistente;
- Planejamento do processo de projeto ineficiente (ou inexistente);
- Prática de se manter algumas especificações indefinidas no decorrer do processo de projeto;
- Falta de visão sistêmica do cliente do sistema construtivo em aço, solicitando modificações demasiadas quando o empreendimento está em fase de construção e

- Falta de visão sistêmica dos principais envolvidos no processo de projeto, os quais apresentam abordagem restrita à sua área de atuação”.

Desta forma, no processo de projeto de empreendimentos que envolvem construção metálica, percebem-se deficiências semelhantes aos empreendimentos em concreto armado. Isto mostra a necessidade de investimentos em gestão de projetos assim como ocorre com o desenvolvimento da tecnologia.

De acordo com a NBR 8800/86 – “Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios: método dos estados limites” (ABNT, 1986) - o projeto de uma estrutura metálica compreende o “conjunto de cálculos, desenhos, especificações de fabricação e de montagem da estrutura”. As obras executadas com estruturas metálicas (mesmo que parcialmente) devem ter seus projetos estruturais seguindo esta norma. Esta, com base no “método dos estados limites”, regulamenta o projeto e a execução de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em temperatura ambiente. Devido ao enfoque gerencial do processo de projeto deste trabalho, serão destacados a seguir, apenas os aspectos relevantes aos desenhos de projeto, fabricação e montagem.

Segundo a mesma norma, os *desenhos de projeto* devem ter escala adequada, conter todos os dados necessários para o detalhamento da estrutura, para os desenhos de montagem e para o projeto de fundação. Devem indicar as normas utilizadas, especificar todos os materiais estruturais utilizados, indicar os esforços solicitantes a serem resistidos pela estrutura e, então, orientar os desenhos de fabricação, além de fornecer informações sobre as ligações. Os *desenhos de fabricação* têm como função traduzir para a fábrica as informações contidas nos desenhos de projeto, informando sobre os elementos componentes da estrutura, materiais a serem utilizados e suas especificações, além da locação, tipo e dimensão de todos os parafusos e soldas de fábrica e de campo. Caso necessário, devem indicar a seqüência de execução de ligações e então evitar o aparecimento de empenos ou tensões residuais excessivas. Os *desenhos de montagem* devem conter todas as informações necessárias à montagem da estrutura. Indicam as dimensões principais da estrutura, as marcas das peças, dimensões de barras, elevações

das faces inferiores de placas de base de pilares, dimensões e detalhes para colocação de chumbadores, etc.

As edificações que utilizam estrutura metálica também devem ser dimensionadas em situação de incêndio e para isto devem possuir como requisitos técnicos, a adequação a norma NBR 14323/99⁴ – “Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio - Procedimento” (ABNT, 1999).

O Manual de Escopo de Serviços de Projeto de Estruturas da ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE, 2007)⁵, define as fases necessárias para desenvolvimento do projeto estrutural, suas respectivas entradas e saídas. Este manual trata de todos os tipos de sistemas estruturais, dentre eles os sistemas estruturais de construções metálicas. Para caracterizar as fases de projeto, trabalha com conceitos de: (a) serviços essenciais, onde se incluem as fases do projeto estrutural usualmente contratados, sem exigências específicas; (b) serviços específicos, que constituem serviços não usuais que podem ser desenvolvidos mediante solicitação do contratante e (c) serviços opcionais, que normalmente podem ser realizados por outros profissionais. As fases do projeto estrutural sugerida pela ABECE (op. cit) descritas a seguir, levam em consideração principalmente os serviços essenciais.

Neste manual, o projeto estrutural é compreendido das seguintes fases: (a) apoio à concepção do produto; (b) apoio à definição do produto; (c) identificação e solução de interfaces; (d) projeto de detalhamento das especialidades; (e) pós-entrega do projeto e (e) pós-entrega da obra.⁶

Na fase de *Apoio à Concepção do Produto (ACP)*, as empresas de projeto estrutural geram relatórios qualitativos a partir de análises de dados básicos fornecidos pela

⁴ Esta norma possui um projeto de revisão datado de agosto de 2003, porém informações encontradas em <<http://www.abnt.gov.br>> acesso em 28/02/07, informam que ainda está vigente a norma NBR 14.323/99 de junho de 1999.

⁵ Disponível em: <www.manuaisdeescopo.com.br>. Acesso em 22/01/2007.

⁶ A partir deste ponto, será atribuída uma abreviatura à algumas das fases do projeto estrutural discriminado pela ABECE (2007) da seguinte forma: Apoio à Concepção do Produto - ACP; Apoio à Definição do Produto - ADP; Identificação e Solução de Interfaces – ISI e Projeto de Detalhamento das Especialidades – DET.

arquitetura, por exemplo: croquis do terreno, planta do pavimento tipo e características do empreendimento quanto ao número de pavimentos e solos. Esta fase serve para assessorar conceitualmente arquitetos e empreendedores.

Na fase de *Apoio à Definição do Produto (ADP)*, os profissionais de engenharia estrutural desenvolvem uma concepção básica do sistema estrutural da edificação a ser projetada e buscam analisar comparativamente as alternativas estruturais para que seja definido o sistema estrutural a ser adotado. Esta fase tem como objetivo fornecer elementos para verificar a viabilidade do empreendimento e suprir informações necessárias para a elaboração de um orçamento prévio.

Na fase destinada à *Identificação e Solução das Interfaces (ISI)*, o profissional de engenharia estrutural gera os desenhos de estruturas com todas as indicações para intercâmbio entre os projetistas envolvidos.

Na fase de *Detalhamento das Especialidades (DET)*, o profissional de projeto estrutural desenvolve o projeto de obra (Projeto Estrutural Unifilar Básico), com detalhes de apoios e interfaces com as demais especialidades. O projeto de Fabricação e Montagem da estrutura é realizado nesta fase. Para a ABECE (2007) estes normalmente são desenvolvidos pela empresa fabricante de estruturas.

A *Pós-entrega do Projeto* busca garantir a plena compreensão e utilização das informações do projeto estrutural e a aplicação correta deste nos trabalhos de campo.

Na *Pós-entrega da Obra*, é desenvolvida uma análise da estrutura em serviço ou adaptações a novas condições de serviço.

A nomenclatura adotada nestes manuais para as fases de desenvolvimento dos projetos das diversas especialidades se diferencia da norma NBR 13.531. Estes manuais consideram a norma obsoleta e procuram não distribuir os projetos em etapas, mas sim em fases.

Raad (1999) em seu estudo sobre diretrizes para fabricação e montagem das estruturas metálicas, quando aborda o projeto estrutural, afirma que é necessário, primeiramente, determinar o objetivo do projeto. Este deve estar definido no projeto arquitetônico ou no projeto básico. Segundo o autor, é orientando-se pelo projeto arquitetônico que se determina o esquema estático da estrutura e são indicadas as dimensões, cargas atuantes e demais dados necessários para o cálculo e dimensionamento da estrutura. O cálculo e dimensionamento da estrutura são realizados com base em normas (NBR 8800/86, por exemplo) e auxiliados por programas de computador. É através destes cálculos que são determinados os esforços solicitantes, as reações de apoio para cálculo das fundações e o dimensionamento otimizado para os perfis de vigas e pilares. Todo o cálculo e dimensionamento ficam registrados na memória de cálculo. Os desenhos de projeto são baseados na memória de cálculo e no esquema estático da estrutura previamente realizados. Neles são definidas as dimensões principais da estrutura, os tipos de perfis e ligações e as normas que foram utilizadas. Nesta etapa, também é realizada uma lista preliminar do material a ser utilizado na fabricação da estrutura. Os desenhos de projeto servem para a elaboração dos desenhos de fabricação e montagem, além de auxiliarem nos demais projetos de engenharia. Os desenhos de fabricação podem ser feitos por quem executou os desenhos de projeto ou pelo fabricante da estrutura metálica. Nesta etapa, definem-se as peças que compõem a estrutura e todos os detalhes de encaixe e ligação. A partir dos desenhos de fabricação define-se o projeto de montagem. No projeto de montagem, toda peça detalhada recebe uma denominação que ficará marcada na mesma durante a fabricação e servirá para identificação durante a montagem da estrutura.

Segundo Moraes (2000), Meseguer (1991) descreve que o processo de produção de edifícios metálicos pode ser caracterizado por cinco etapas: (a) planejamento; (b) projeto; (c) materiais; (d) construção e (e) manutenção (FIG.3.11).

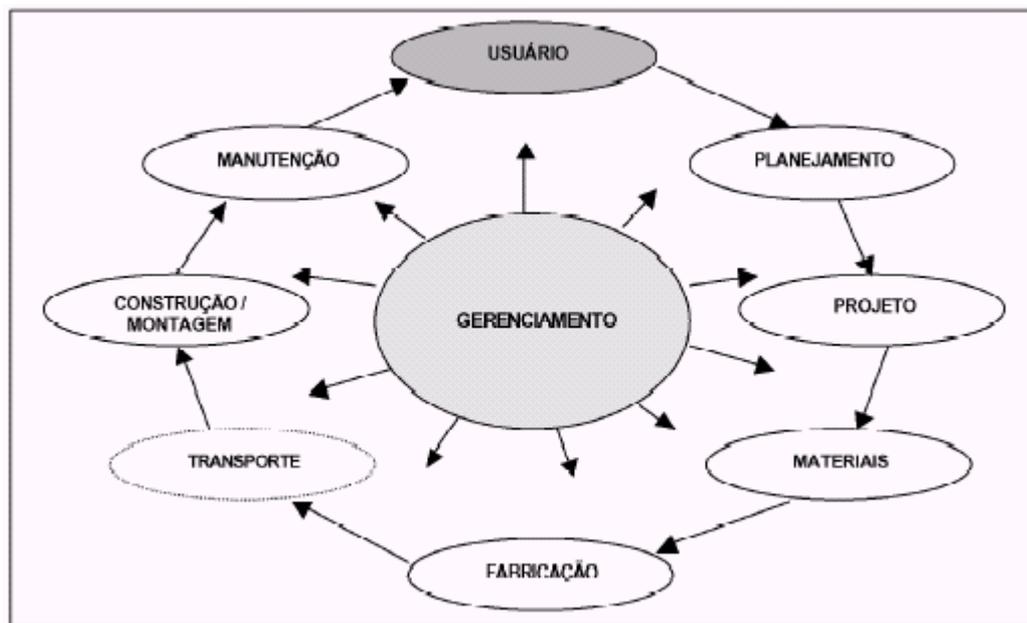


Figura 3.11. Representação do processo de produção de edifícios metálicos (MESEGUER, 1991)

A etapa de planejamento inclui o planejamento da implantação, a pesquisa de mercado, a compra do terreno, o programa do produto, o controle dos documentos de lançamento e a retroalimentação a partir dos clientes. O projeto, sendo tratado como processo estratégico, visa atender às necessidades do cliente (empreendedor) e é voltado à definição de características do produto final. Também pode ser tratado como processo operacional, quando visa a eficiência e a confiabilidade dos processos que geram o produto. A etapa de materiais corresponde a fabricação de materiais e componentes e o recebimento desses produtos em obra. Esta etapa pode afetar a qualidade do produto final, o prazo e a produtividade da obra. A etapa de construção é muito influenciada pelo planejamento, o qual estabelece a seqüência das atividades, considerando aspectos técnicos e operacionais e a coordenação das equipes. A manutenção é a etapa pós-construção, onde os problemas que surgem devem ser diagnosticados e realimentar o processo construtivo.

Segundo o mesmo autor, a produção de edifícios metálicos e mistos ainda pode apresentar etapas adicionais, diferenciando-se do processo tradicional de construção de edifícios. São elas: (f) fabricação da estrutura metálica; (g) transporte e (h) montagem da estrutura.

A fabricação antecede a construção do edifício. Nesta etapa, as chapas de aço e/ou perfis são confeccionados ou adquiridos de acordo com as exigências do projeto estrutural. Parte de um detalhamento que define todas as peças que compõem a estrutura, inclusive detalhes de encaixe e ligação. Fazem parte desta etapa: a traçagem, o corte, o acabamento e pré-deformação, a soldagem, o desempenho a quente, a dobra, a furação, o ponteamto e todos os processos auxiliares (usinagem, desempenos, esmerilhamento, calandragem), preparação da superfície e pintura. No transporte, as peças da estrutura devem ser embarcadas de acordo com o planejamento de montagem, para que não ocorra falta de espaço para estocagem na obra ou paralisações por falta de peças. A fase de montagem (dentro da etapa de construção) destaca-se por ser diferente do processo tradicional. Compreende na união das peças fabricadas, através de parafusos ou soldas, executado por mão-de-obra especializada, com auxílio de equipamentos e ferramentas apropriados. Também está incluído nesta etapa o processo de aplicação da proteção passiva contra incêndio e pintura anti-corrosiva.

Pode-se, ainda, perceber na FIG. 3.11 que todas as etapas do processo de produção de edifícios que utilizam estrutura metálica estão coordenadas por um gerenciamento. Moraes (2000) não aborda este gerenciamento, mas a gestão de projetos indica que o mesmo é importante e pode facilitar a compatibilização dos projetos. A função de gerenciamento do processo de projeto pode ser exercida por diferentes agentes que participam do processo produtivo (construtores, arquitetos ou engenheiros), sendo mais comumente exercida pelo arquiteto. Bauermann (2002) afirma que o gerenciamento é uma atividade de suporte a todas as etapas do processo de produção e não apenas uma etapa a mais. De acordo com o autor, a atividade de gerenciamento dos projetos deve se estender ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento.

Na mesma direção do modelo de Raad (1999), Bauermann (2002) apresenta uma seqüência de etapas envolvidas no processo de projeto de construções metálicas (FIG.3.12) que se assemelha bastante com o sistema tradicional em concreto armado. Assim, percebe-se que o processo de projeto de construções metálicas também tem as características de um processo seqüencial de projeto, o qual se inicia, na grande maioria

das vezes, durante a fase de desenvolvimento do anteprojeto de arquitetura, tendo como base o estudo preliminar de arquitetura. Porém, a etapa correspondente ao processo de projeto estrutural se caracteriza por possuir algumas etapas extras:

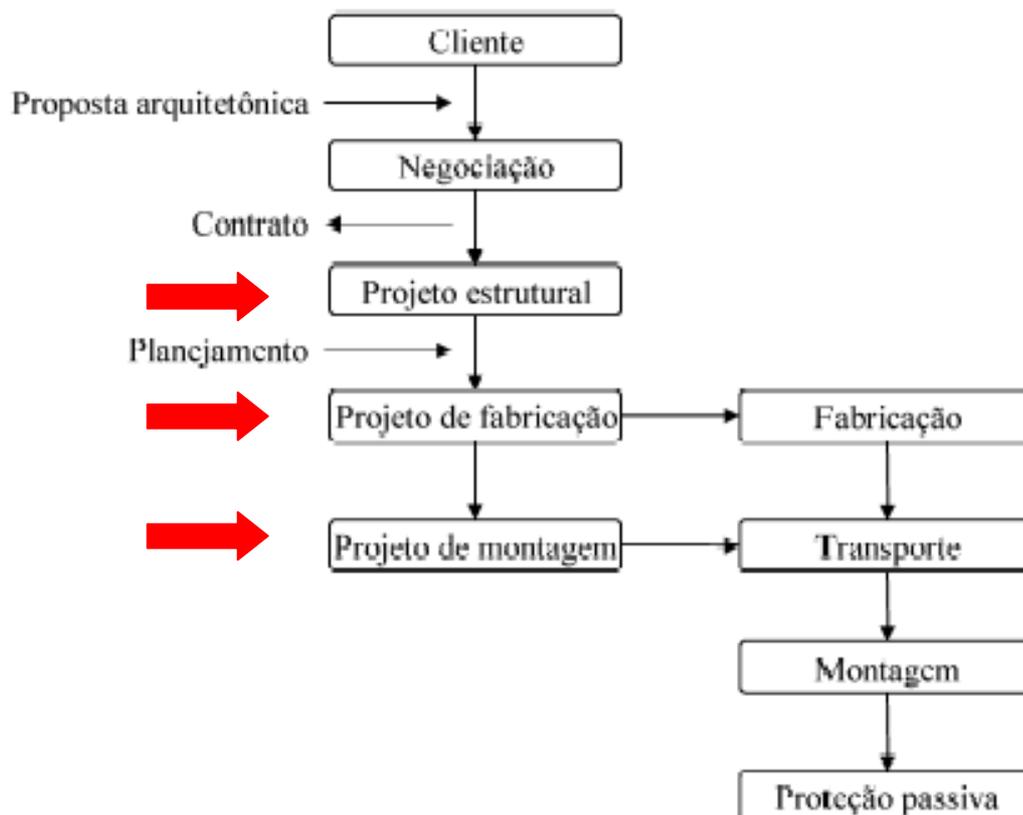


Figura 3.12. Diagrama das fases do processo de projeto de construções metálicas (BAUERMAN, 2002)

Na fase de negociação, o engenheiro de estrutura interage com o contratante e concebe a estrutura junto com o arquiteto. Elabora-se a proposta preliminar da estrutura com lançamento de pilares e vigas, para orçamento da solução estrutural. Se aprovado, é feito o pré-dimensionamento da estrutura, com geração de uma lista de materiais. O contrato é apresentado ao cliente e o valor é estabelecido com base em uma estimativa de peso e também na especificação dos serviços e prazos.

Há a participação da equipe de planejamento desde a negociação. A fase de planejamento tem por objetivos priorizar e garantir estratégias para os fluxos de ações relacionadas com a seqüência de montagem, a limitação do canteiro, a interface com obras civis, e o fluxo de caixa do cliente.

O projeto estrutural é desenvolvido pela equipe de engenharia. Orientando-se pelo projeto de arquitetura, é determinado o esquema estático da estrutura metálica mais conveniente para o caso, com dimensões, cargas atuantes e demais dados necessários para o cálculo e dimensionamento estrutural. Através de métodos analíticos e auxílio do computador são feitos a análise estrutural e o dimensionamento. São determinados os esforços, reações de apoio (para cálculo das fundações) e perfis mais econômicos para colunas e vigas. São gerados os desenhos e a memória de cálculo. Nos desenhos, são definidas as ligações. Além disto, é gerada uma lista preliminar de materiais. Os desenhos gerados servem de base para elaboração dos desenhos de fabricação e montagem, além de fornecer elementos para o desenvolvimento e compatibilização de todos os projetos da edificação.

O projeto de fabricação, elaborado pelo fabricante da estrutura ou por quem desenvolveu o projeto estrutural, utiliza como base a memória de cálculo, os desenhos e a estratégia de logística. Compreende o detalhamento (que define todas as peças da estrutura, detalhes dos encaixes e ligações) necessário às operações de fabricação. São geradas as especificações completas dos materiais e complementos necessários à montagem da estrutura.

O projeto de montagem é elaborado por quem detalha a estrutura (desenhos de fabricação). Cada peça detalhada recebe uma denominação que será marcada na peça para orientar a montagem da estrutura. Segundo Bauermann (2002), no processo de projeto de construções metálicas, o fabricante da estrutura é o principal responsável pelas etapas envolvidas no processo de produção.

Bauermann (op. cit.) não comenta especificamente sobre a proteção passiva em estruturas metálicas, mas é sabido que algumas soluções de proteção contra incêndio devem ser abordadas ainda na etapa de projetos.

O melhor projeto de segurança contra incêndio é realizado pela implantação de um conjunto de sistemas destas proteções ativas e passivas. Segundo Neves (1994), as medidas ativas prevêm a existência de meios adequados à salvação das pessoas,

começando pelo próprio projeto arquitetônico (corredores e escadas amplas, zonas limpas de fumos, etc.). Estas medidas também visam reduzir a probabilidade de ocorrência de incêndios severos, através da atuação em suas causas acidentais e da detecção de focos e limitação das possibilidades de propagação. Segundo o mesmo autor, as medidas de proteção passivas visam reduzir a probabilidade de colapso estrutural sempre que ocorra um incêndio severo. Esta probabilidade depende da resistência ao fogo, a qual compreende três aspectos, ou seja, a capacidade resistente da estrutura, a sua integridade perante ao fogo e a sua capacidade de isolamento térmico e que devem ser observados para os vários elementos da construção.

Quando um elemento estrutural de aço não resiste às solicitações de cálculo em situação de incêndio, o aço atinge uma temperatura que promove uma perda indesejável de sua resistência mecânica. Desta forma, se faz necessário a aplicação superficial de um material isolante térmico (proteção passiva) no mesmo.

Segundo Starling (2000), os materiais de proteção contra incêndio devem ser bons isolantes térmicos em temperaturas elevadas e manterem-se íntegros durante a evolução do incêndio, sem apresentar fissuras ou descolamentos. Estes materiais têm a função de retardar o aumento da temperatura do elemento estrutural metálico, permitindo que este mantenha uma resistência compatível com a solicitação atuante durante o incêndio. São geralmente aplicados através de jateamento ou em forma de placas ou mantas fixadas ao perfil através de pinos metálicos soldados. Dentre alguns mais utilizados estão: argamassas projetadas, tintas intumescentes, mantas, painéis fibrosos, placas de gesso acartonado e argamassas de vermiculita.

3.5.2. Alguns estudos sobre o processo de projeto de construções metálicas

De modo geral, as publicações nacionais que tratam sobre construções metálicas⁷ se restringem ao comportamento, cálculo e dimensionamento da estrutura. O processo de

⁷ As publicações nacionais analisadas serão descritas a seguir. A seleção da bibliografia utilizada na pesquisa teve como preferência as publicações nacionais, uma vez que o processo de projeto é bem distinto e influenciado de acordo com o ambiente, tecnologia e cultura de cada país.

projeto (concepção arquitetônica e estrutural), além dos procedimentos construtivos, são pouco explorados e necessitam de estudos mais aprofundados, pois são igualmente importantes. A seguir, são revisadas algumas pesquisas preliminares que desenvolvem estudos de caráter genérico sobre o processo de projeto de construções metálicas.

Vários autores apresentam patologias desenvolvidas no sistema construtivo metálico analisando diversos aspectos. Alguns destes serão descritos a seguir. Na maioria das vezes, não se estabelece uma correlação direta das patologias com o processo de projeto e também não há uma investigação sobre as causas destas patologias que se devem a processos de projetos ineficientes. Quando são encontradas relações com o processo de projeto, este processo não é criteriosamente estudado, visando evitar a patologia ainda na etapa de projetos. Nas várias pesquisas estudadas sobre o assunto, a grande maioria não promove um diagnóstico das patologias, apenas faz uma listagem de quais são e onde ocorrem. Apresentam ações corretivas (manutenção predial), mas não preventivas ainda na etapa de projetos, porém, é importante ilustrar algumas patologias percebidas por diversos autores que tem alguma relação com a etapa de projetos.

Castro (1999) promove um levantamento de problemas patológicos em edifícios que utilizam estrutura metálica e que são vinculados à estrutura. O autor comenta a respeito da construção metálica (características, histórico da construção em aço no Brasil e deficiências neste processo construtivo), tece longas considerações a respeito de vários tipos de patologias (histórico, origem e incidência em construções metálicas) e procura indicar soluções corretivas, propondo procedimentos de manutenção, reparo e reforço, estabelecendo critérios para o levantamento e a prevenção das causas das patologias. É realizada, de forma superficial, uma correlação direta entre as patologias e as causas provenientes de etapas de projetos ineficientes em alguns dos casos apresentados. Não identifica como foi realizada a etapa de projeto e o que poderia ter sido feito ainda na etapa de projetos (ou como seria uma gestão de projetos eficiente) para evitar estes problemas. Dentre os problemas em que há uma relação com a etapa de projetos, segundo o autor, pode-se enfatizar: (a) corrosão; (b) falha nas ligações e (c) falha estrutural.

A corrosão pode ser provocada devido à disposição inadequada dos perfis, possibilitando o acúmulo de água e poeira, inexistência ou insuficiência de furos de drenagem, perfis semi-enterrados ou semi-submersos (FIG. 3.13). Um projeto de qualidade poderia evitar esta patologia. Dentre as características de um projeto de qualidade alguns fatores devem ser considerados. Deve-se levar em conta a diminuição da possibilidade de criação de condições propícias ao desenvolvimento da corrosão eletroquímica, além do aumento da facilidade de aplicação e das condições para que os eventuais revestimentos adotados possuam melhor desempenho, facilidade de inspeção e manutenção. A geometria dos componentes estruturais, definida ainda no projeto, pode favorecer ou dificultar o aparecimento de corrosão. Deve ser dada a preferência para superfícies planas ou lisas e geometrias curvas, arredondamento de cantos, componentes simples e não compostos, não utilizar seções abertas na face superior e garantir escoamento adequado da água.



Figura 3.13. Corrosão uniforme proveniente de falha no processo de projeto (CASTRO, 1999)

As falhas nas ligações que, além de Castro (1999), também são apresentadas por Pravia & Betinelli (1998), além de poderem comprometer a integridade estrutural, podem causar danos em outros componentes da edificação, como: fissuras nas paredes, vidros quebrados em fachadas, vibração excessiva, etc. Ocorrem em ligações soldadas e

parafusadas. As causas deste tipo de patologia que estão diretamente ligadas à etapa de projetos provavelmente são (em ligações soldadas) falhas na etapa de detalhamento da ligação e incompatibilidade entre perfis devido à utilização de duas seções diferentes em uma mesma peça estrutural (FIG. 3.14) e (em ligações parafusadas) ruína por rasgamento, por esmagamento/ estriccionamento, cisalhamento, tensionamento axial do fuste do parafuso, dobramento do parafuso, rasgamento global e esmagamento da chapa de ligação, decorrentes da especificação inadequada de componentes (parafusos, porcas ou chapas). Podem também haver erros no cálculo do comprimento dos elementos estruturais ou no detalhamento da ligação como: gabarito errado (FIG. 3.15), detalhamento insuficiente, erro no cálculo do comprimento dos elementos (FIG. 3.16), diâmetro errado do furo ou parafuso e locação errada dos furos (FIG. 3.17). Como outro exemplo de patologia em ligações proveniente de uma etapa de projetos ineficiente, pode-se observar na FIG 3.18 o amassamento das extremidades da borda dos perfis com o objetivo de se produzir uma ligação soldada.



Figura 3.14. Incompatibilidade entre perfis (PRAVIA & BETINELLI, 1998)



Figura 3.15. Falta de furo na coluna – erro de gabarito (PRAVIA & BETINELLI, 1998)



Figura 3.16. Comprimento excessivo da peça (PRAVIA & BETINELLI, 1998)



Figura 3.17. Erro na localização do furo (PRAVIA & BETINELLI, 1998)

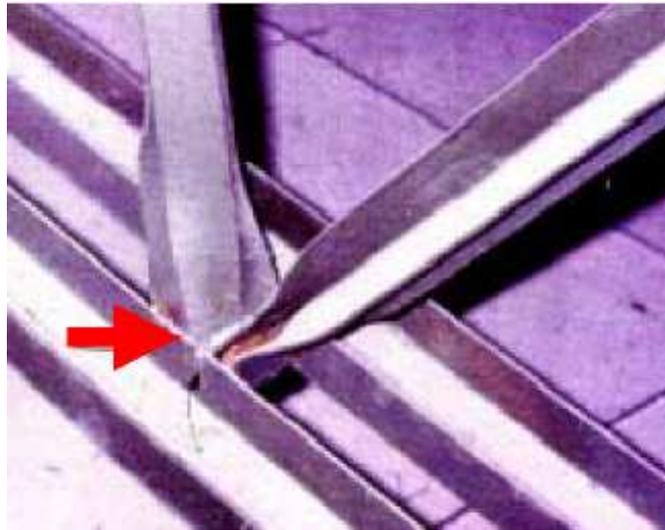


Figura 3.18. Amassamento da estrutura para realização de soldagem (SANTOS, 1998)

A perda de estabilidade estrutural devido à falhas na etapa de projeto podem ter como indicadores os seguintes aspectos: ausência de elementos estruturais responsáveis pela estabilidade da estrutura (contraventamentos, mãos francesas, enrijecedores, conectores de cisalhamento, etc.); falta de ancoragem; dimensionamento e detalhes insuficientes; fundações inadequadas; deformidade excessiva (por flexão, cisalhamento ou torção), podendo provocar fissuras em paredes e danos nas esquadrias ou painéis de vidro. Como exemplo, a FIG 3.19 representa uma perda de estabilidade da estrutura devido a erros no dimensionamento da peça.



Figura 3.19. Flambagem global da diagonal da treliça (PRAVIA & BETINELLI, 1998)

Segundo Pravia & Betinelli (1998) e Castro (1999), o sistema construtivo metálico, também apresenta como causa de muitas patologias provenientes de etapas de projetos ineficientes as escolhas inadequadas de elementos de laje e vedação (utilizados juntamente com as estruturas metálicas) provocando fissuras, corrosão, etc. Além disto, as interferências entre o projeto estrutural e os demais projetos são carentes de planejamento e coordenação durante a etapa de concepção e desenvolvimento dos mesmos. Isto acarreta alterações de projetos com a construção já em andamento, resultando em interrupções, perda de tempo e ociosidade na obra.

Exemplos da falta de compatibilização de projetos podem ser ilustrados pela FIG. 3.20, que apresenta o seccionamento do perfil para passagem de tubulações, e pela FIG. 3.21, que apresenta a falta de compatibilização entre os projetos estruturais de concreto armado e metálico.



Figura 3.20. Furo para passagem de tubulação hidráulica (SANTOS, 1998)



Figura 3.21. Incompatibilidade entre os projetos estruturais de concreto e metálico (PRAVIA & BETINELLI, 1998)

Outros trabalhos revisados abordam melhorias no processo de projeto em construções metálicas. Moraes (2000) procura propor ações e diretrizes para a melhoria do processo de projeto em construções metálicas à luz dos princípios da Nova Filosofia de Produção (construção enxuta – ver item 3.4.3). Acredita que a melhoria da qualidade do projeto é fundamental para o aumento da eficiência da etapa de produção. Observou, através de estudos de caso, a condução do processo de projeto de empreendimentos em construção metálica e encontrou deficiências neste processo, as quais ocasionam muitas atividades que não agregam valor ao produto final.

Segundo o autor, um dos problemas principais decorrentes do processo de projeto, analisando pelo conceito de **conversão**, está na carência de identificação das reais necessidades dos clientes (requisitos de entrada). Estes requisitos na maioria das vezes não são definidos no início do processo. Também há falta de informações, além de perdas decorrentes de mudanças nestes requisitos durante o desenvolvimento do processo de projeto e erros de projetos em fases avançadas gerando retrabalhos. O autor também destaca vários problemas relacionados ao conceito de **fluxo**. Dentre estes problemas, pode-se citar o tempo gasto para a transferência de informações, o tempo de

espera para execução de etapas subseqüentes dentro do processo de projeto (devido ao desenvolvimento seqüencial do processo), perda de tempo devido à esperas para aprovações e perda de tempo devido à inspeções nos projetos que ocorrem de forma aleatória. Segundo o autor, estas e outras atividades que não agregam valor ao produto final devem ser eliminadas sempre que possível. Moraes (2000) ainda identificou outros problemas. Para a maioria dos intervenientes, apenas o contratante era definido como cliente. Cabia ao gerente de projetos e produção transmitir suas necessidades a todos os envolvidos. É deficiente a interação entre os projetistas. Além disto, não foram utilizadas com freqüência as ferramentas de correio eletrônico e Internet, dificultando a comunicação freqüente entre os agentes. Não são utilizadas ferramentas para controle do processo e nem busca pela melhoria contínua deste. Há grande variabilidade do processo devido ao fato dos projetos se desenvolverem baseados na experiência dos envolvidos, falta de uma visão sistêmica do processo por parte dos intervenientes e a falta de padrão para o desenvolvimento das atividades.

As diretrizes para a melhoria do processo de projeto, propostas por Moraes (2000), estão descritas na TAB. 3.2:

Tabela 3.2 Diretrizes para melhoria do processo de projeto segundo Moraes (2000)

PRINCÍPIO	SUGESTÕES PARA MELHORIA
Redução das atividades que não agregam valor ao produto.	Maior atenção aos aspectos de fluxo e valor aos de conversão.
Aumento do valor do produto através da consideração sistemática dos requisitos do cliente.	Elaboração de planejamento eficiente para o processo de projeto e desenvolvimento de um maior número de projetos para a produção.
Redução de variabilidade do processo.	Desenvolvimento de um modelo para o processo de projeto, incorporando planejamento de modificações.
Foco no controle do processo como um todo.	Desenvolvimento de um modelo para o processo de projeto, que incorpore ferramentas e sistemas de indicadores no processo.
Melhoria contínua.	Desenvolvimento de um modelo para o processo de projeto e de um banco de dados para retroalimentação do processo Utilização de ferramentas e sistemas de indicadores no processo.

Fonte: Adaptado de Moraes (2000)

Bauermann (2002) analisa as rotinas de projeto de edifícios de andares múltiplos estruturados em aço utilizando a metodologia de estudo de caso. Avalia, baseado nos conceitos básicos de patologia, as dificuldades e problemas enfrentados por equipes multidisciplinares do processo de construção metálica.

Desenvolve uma revisão sobre o conceito de patologia e a amplia dentro do cenário da construção civil. Propõe um conceito onde a patologia deixa de ser restrita às patologias físicas e as classifica quanto à sua natureza: patologia de projeto, execução, uso ou manutenção (FIG. 3.22). Desta forma, reconhece como patologia associada à etapa de projeto, por exemplo, o desgaste da equipe e as dificuldades e os problemas enfrentados durante a elaboração e compatibilização dos projetos, tendo como conseqüências retrabalhos, soluções não otimizadas, insatisfação do cliente, prejuízos financeiros, perda de credibilidade do sistema construtivo e o desgaste de todos os participantes do processo.

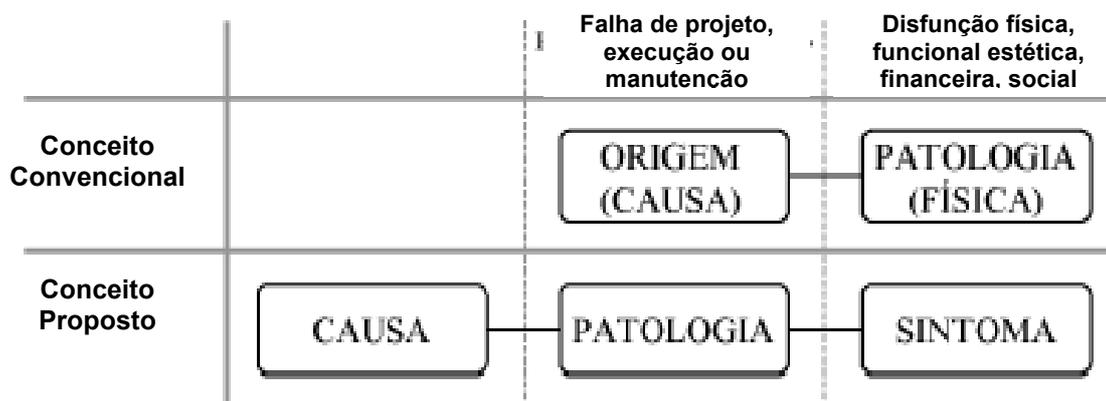


Figura 3.22. Esboço comparativo entre a estrutura de patologia convencional e a estrutura do conceito proposto por Bauermann (BAUERMAN, 2002)

Relata algumas ações insuficientes como sendo as causas dos principais problemas e dificuldades enfrentadas durante o processo de construção dos empreendimentos estruturados em aço. Dentre elas: (a) dificuldade na formação de equipes multidisciplinares; (b) carência de supervisão do processo de projeto pela construtora; (c) carência de compatibilização das soluções de projeto; (d) carência de elaboração de projetos para a produção; (e) falta de padronização dos procedimentos; (f) inexistência de retroalimentação e (g) subutilização de ferramentas computacionais.

Como alternativas para melhorar o processo de projeto, diminuir as causas das patologias e aumentar a qualidade das edificações estruturadas em aço, Bauermann (2002) dentre outras medidas, propõe que:

- (a) os sistemas construtivos industrializados sejam definidos anteriormente ao início do desenvolvimento dos projetos para a execução;
- (b) o planejamento do processo de execução seja iniciado tão logo sejam definidos os sistemas construtivos e as tecnologias e
- (c) a compatibilização das soluções comece ainda no planejamento do processo de projeto.

3.6. Considerações finais

Diante do exposto, constata-se que investimentos no processo de projeto são primordiais para a melhoria da qualidade dos empreendimentos. Vários trabalhos genéricos sobre o processo de projeto na indústria da construção civil buscam identificar as falhas surgidas no processo de projeto que são atribuídas ao sistema tradicional de projeto, em que etapas seqüenciais das diversas especialidades fragmentam o processo de projeto impedindo que os mais diversos agentes tenham uma visão do conjunto. É comum que cada projetista tenha como única preocupação o projeto da sua especialidade, sem levar em consideração como ele será implantado e qual a relação dele com as outras especialidades.

Além disto, é necessário uma visão de conjunto, de cooperação desde o início do empreendimento. Neste sentido, estudos buscam alternativas para o desenvolvimento não seqüencial dos projetos, como o Projeto Simultâneo (Fabrício, 2002).

A industrialização da construção pela qual a construção metálica se insere, pode favorecer o desenvolvimento racional da construção, propiciando qualidade às edificações. Porém toda a construção deve ser planejada na etapa de projetos. O projeto deve ser coordenado desde o início do processo de projeto e compreendido por todos os

agentes do empreendimento, antecipando-se para a etapa de projetos problemas de construção.

Tanto as pesquisas analisadas que estudaram o processo de projeto, quanto as que estudaram o processo de projeto em construções metálicas, desenvolvem uma análise global do processo de projeto, envolvendo todas as etapas do processo (diversas especialidades e agentes). Em se tratando de pesquisas que envolvem o estudo de construções metálicas, estas propõem melhorias que são praticamente iguais às sugeridas para as edificações que utilizam o concreto armado. Não se preocupam em mostrar as singularidades da estrutura metálica envolvidas diretamente no projeto. Adicionalmente, estes estudos identificam patologias em construções metálicas, entretanto, sem associá-las de forma mais aprofundada com eventuais causas dentro do processo de elaboração do projeto estrutural (por exemplo, falta de compatibilização com outros projetos e detalhamento insuficiente).

Ou seja, existem poucos estudos sobre o processo de **projeto estrutural** de construções metálicas e como é a interface com os demais projetistas e com a produção. Na maioria dos estudos, nota-se uma grande preocupação com o projeto arquitetônico e suas implicações no restante do processo de projeto. Falta desenvolver uma análise criteriosa e completa de como é desenvolvido o projeto estrutural de construções metálicas, como: saber de que forma e quando é definido o sistema construtivo metálico, em qual etapa do processo de projeto o projetista estrutural tem contato com o projeto do empreendimento, quais são as entradas e saídas deste projeto, como são definidos os requisitos do projeto estrutural, como ele interfere nas demais etapas de projeto e do processo produtivo, se são feitas análises críticas deste projeto, se há uma retroalimentação e a preocupação de que os erros encontrados não se repitam, etc.

Acredita-se que a partir de um diagnóstico abrangente e uma análise criteriosa do processo de projeto estrutural, será possível traçar diretrizes para melhorar a qualidade das edificações metálicas e, então, valorizar este sistema construtivo no setor da construção civil. O presente trabalho pretende contribuir para se alcançar estes objetivos.

4

METODOLOGIA

Segundo definições de Gil (1988, p. 45) esta pesquisa possui um caráter exploratório e descritivo. Segundo o autor, **pesquisas exploratórias** “têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses”. Envolvem levantamento bibliográfico, levantamento de dados através de entrevistas e exemplos através de estudo de caso. Já uma **pesquisa descritiva** tem como objetivo “a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então o estabelecimento de relações entre variáveis”. As técnicas utilizadas neste tipo de pesquisa são a coleta de dados através de questionários e observação sistemática dos acontecimentos.

A necessidade de desenvolvimento de uma pesquisa exploratória e descritiva ocorreu devido ao tema proposto: “Análise do processo de projeto estrutural de construções metálicas”. Este, devido a sua complexidade e amplitude, exigiu uma observação multidisciplinar dos acontecimentos, que envolveu conhecimentos de engenharia, arquitetura e administração, por exemplo. Também era necessário um conhecimento

extenso sobre o que já havia sido estudado e a evolução das pesquisas sobre o tema - explorados no capítulo 3, na revisão bibliográfica - para que fosse possível refinar a base crítica e então analisar de forma mais abrangente a realidade atual do processo de projeto de construções metálicas. Além disto, era importante investigar como as empresas estão trabalhando nos dias de hoje para então caracterizar o setor. Isso foi possível através de levantamento de dados em entrevistas com as empresas responsáveis pelo processo de projeto estrutural de construções metálicas. Para que estas entrevistas contemplassem todos os tópicos a serem abordados no estudo proposto, foi necessária a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, por exemplo, questionários previamente estruturados. Também era conveniente ilustrar com exemplos a análise desenvolvida e, portanto, desenvolveu-se um estudo de caso em um empreendimento que utiliza construção metálica.

4.1. Metodologia do levantamento de dados através das entrevistas

O levantamento de dados realizado através das entrevistas teve como objetivo identificar como está sendo realizado o processo de desenvolvimento de projetos para empreendimentos que utilizam o sistema estrutural metálico. Para isto, foi importante conhecer a sistemática de trabalho dos agentes envolvidos no processo de projeto e uma das maneiras de obtenção destas informações é o levantamento de dados através de entrevistas. A própria definição, proposta por Gil (1988), deixa claro os objetivos de um levantamento de dados através de entrevistas:

Interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. Basicamente, procede-se à solicitação de informações a um grupo significativo de pessoas acerca do problema estudado, para em seguida, mediante análise quantitativa, obterem-se conclusões correspondentes aos dados coletados (GIL, 1988, p.56).

4.1.1. Seleção e caracterização das empresas entrevistadas

Para o desenvolvimento das entrevistas, buscou-se uma amostra significativa de empresas que tem alguma experiência com o sistema construtivo metálico e que são importantes na região de Belo Horizonte, totalizando 30 empresas. Apesar da análise realizada ter caráter qualitativo apenas, diferentemente da definição de Gil (1988), procura analisar tendências, culturas e comportamentos, uma vez que foi desenvolvida com um número significativo de especialistas do setor da construção civil em aço da região de Belo Horizonte.

As empresas foram distribuídas, de uma forma macro, entre empresas que desenvolvem projetos estruturais de construção metálica (13 empresas), empresas que desenvolvem projeto arquitetônico para edificações metálicas (08 empresas), empresas construtoras que foram responsáveis por construções que utilizaram o sistema estrutural metálico (02 empresas), empresas que desenvolvem o papel da coordenação de projetos e que já coordenaram projetos que utilizaram estrutura metálica (03 empresas); empresas responsáveis pela fabricação, montagem da estrutura e que também podem eventualmente desenvolver o projeto estrutural metálico (04 empresas). Procurou-se com esta definição, abranger os principais agentes envolvidos com o processo de projeto de um empreendimento que utiliza o sistema construtivo metálico e, desta forma, tentar contextualizar de uma forma mais coerente e completa, confrontando as visões e opiniões destes diferentes agentes. Devido à ênfase do trabalho no projeto estrutural, procurou-se entrevistar um número maior de empresas responsáveis pelo projeto estrutural.

Após a seleção das empresas, para que se testasse a disponibilidade e presteza destas em fornecer informações e agendar as entrevistas, fez-se previamente um contato telefônico e por e-mail a fim de esclarecer os objetivos da pesquisa. Devido à garantia às empresas do total sigilo das identidades das mesmas, adotou-se na redação da dissertação, um código para cada empresa, constituído por letras maiúsculas e números sequenciais. Desta forma, empresas de projeto de estruturas receberam a letra E (E-1 à E-11), empresas de arquitetura, a letra A (A-1 à A-7), empresas construtoras a letra C (C-1 e C-

2), as empresas de coordenação de projetos, as letras CO (CO-1 e CO-2) e as empresas fabricantes e montadoras de estruturas, a letra F (F-1 à F-3). As empresas de projeto relacionadas com o estudo de caso tiveram suas entrevistas mais focadas no empreendimento estudado, sendo menos genéricas que as demais. Por isto, durante a análise, foi feita uma separação destas. Também houve uma distinção no código destas empresas, feito da seguinte forma: EC-Ea para empresa de projeto estrutural especialista em estrutura metálica, EC-Eb para empresa de projetos de engenharia e de projeto estrutural, EC-A para a empresa de arquitetura, EC-CO para a empresa contratante e coordenadora dos projetos e obra e EC-F para a empresa responsável pela fabricação e montagem da estrutura.

As indicações de produtores de aço e a experiência das empresas candidatas à entrevista com o sistema estrutural metálico, foram decisivas na seleção dos entrevistados. Também se optou por empresas já consolidadas. Pode-se notar na TAB. 4.1 que a grande maioria das empresas entrevistadas possuem mais de 15 anos de atuação no mercado. Desta forma, as informações fornecidas pelos entrevistados já foram experimentadas e confirmadas ao longo dos anos de atuação.

Tabela 4.1 Caracterização das 30 empresas entrevistadas

CÓD.	TEMPO DE MERCADO (ANOS)	PORTE		ESPECIALIDADE			
		NºFUNC.	CLAS. SEBRAE	DESCRIÇÃO (PROJETO, DETALHAMENTO, ETC)	ED. ANDARES MÚLTIPLOS	ED. IND.	
ESTRUTURAS	E-1	15	3	micro	Cálculo e projeto estrutural de estrutura metálica	X	X
	E-2	29	4	micro	Projeto estrutural de construções metálicas	-	X
	E-3	20	40	pequena	Projetos de engenharia civil (várias especialidades) de obras industriais, públicas de grande porte e edificações comerciais com caráter especial (shopping, por exemplo).	X	X
	E-4	16	25	pequena	Cálculo, projeto estrutural e detalhamento de estruturas metálicas	X	X
	E-5	15	12	pequena	Cálculo e projeto estrutural de estruturas metálicas para edificações industriais. Inclusive ampliação e modificação de estruturas existentes.	-	X
	E-6	30	1	micro	Preparo para o cálculo estrutural de construções metálicas. Engenharia de conceito.	-	X
	E-7	16	800	grande	Elaboração de projetos de engenharia civil (várias especialidades), principalmente na área de mineração.	-	X
	E-8	17	3	micro	Projeto estrutural de construções metálicas	X	X
	E-9	15	2	micro	Cálculo e projeto estrutural de estrutura metálica	X	X
	E-10	27	22	pequena	Engenharia de conceito. Projeto de engenharia civil (várias especialidades), principalmente para a área industrial	X	X
	E-11	15	70 (sendo 5 sócios)	média	Projeto de engenharia civil (várias especialidades)	-	X
ARQUITETURA	A-1	10	14 (4 arq + 10 est)	pequena	residências, concursos públicos	X	-
	A-2	5	2 arq.	micro	residências, reformas e edifícios industriais	X	X
	A-3	23	3 arq.	micro	habitação e edificações institucionais	X	-
	A-4	6	3 (1 arq + 1 eng+ 1 est)	micro	prédios multifamiliares	X	-
	A-5	33	15	pequena	todas as especialidades	X	-
	A-6	21	2 (1arq + 1 est)	micro	principalmente edificações comerciais (lojas e concessionária), mas faz todas as especialidades	X	-
	A-7	17	3	micro	edificações residenciais, comerciais e industriais; desenho urbano; arquitetura de interiores e design de mobiliário.	X	X
CONS	C-1	21	30	pequena	edificações comerciais, industriais e residenciais	X	X
	C-2	20	500	grande	residencial	X	-
COORD.	CO-1	6	3 (1 arq + 1 eng+ 1 est.)	micro	consultoria de gestão de empreendimentos (compatibilização de projetos, custo, qualidade)	X	-
	CO-2	12	22	pequena	gerenciamento de projetos na construção civil (porte corporativo) e projeto de arquitetura	X	X
FAB	F-1	10	70	pequena	estrutura metálica (projeto estrutural, fabricação e montagem)	X	X
	F-2	15	60	pequena	estrutura metálica (projeto estrutural, fabricação e montagem)	X	X
	F-3	36	3000	grande	estrutura metálica (projeto estrutural, fabricação e montagem)	X	X
ESTUDO DE CASO	EC-Ea	30	1	micro	Projeto e cálculo de estrutura metálica	X	X
	EC-Eb	31	15	pequena	Projetos de engenharia civil (várias especialidades) e execução da parte técnica.	X	X
	EC-A	13	4 (2 arq + 2 est.)	micro	projeto comercial (foco: agência bancária), projetos de galpões industriais	X	X
	EC-CO		11.000	grande	empresa de saneamento. Internamente tem um setor de engenharia que é responsável pelas obras das empresas.	X	X
	EC-F	26	200	média	estrutura metálica. Andares múltiplos: projeto estrutural, fabricação e montagem. Industrial: detalhamento e fabricação.	X	X

OBS: Legenda: CÓD. – Código atribuído às empresas entrevistadas; No. FUNC. – Número de funcionários das empresas entrevistadas; CLAS. – Classificação; ED. – Edificações; IND. – Industriais; CONS – Construtores; COORD – Coordenação; FAB – Fabricantes; arq – arquitetos; eng – engenheiros; est – estagiários.

Outras considerações podem ser feitas acerca das características das empresas entrevistadas.

Devido à dificuldade de obtenção de dados para a classificação do porte das empresas baseado no faturamento destas, optou-se pela utilização da definição do SEBRAE. O SEBRAE utiliza como critério para definição de porte o número de pessoas ocupadas, principalmente para realização de estudos sobre a representatividade da micro e pequena empresa no Brasil e tem como referência a classificação criada pelo IBGE, que conta como pessoas ocupadas não só os empregados, como também os proprietários das empresas. Seguindo essa estratégia, a divisão dos portes das empresas obedece a seguinte regra:

Tabela 4.2 Definição do porte das empresas

PORTE / SETOR	INDÚSTRIA / CONSTRUÇÃO	COMÉRCIO / SERVIÇOS
MICRO EMPRESA	até 19 pessoas	até 9 pessoas
PEQUENA EMPRESA	até 99 pessoas	até 49 pessoas
MÉDIA EMPRESA	até 499 pessoas	até 99 pessoas
GRANDE EMPRESA	> de 500 pessoas	> de 100 pessoas

Fonte: Sebrae

Na classificação, na TAB 4.2, as empresas fabricantes de estrutura e os construtores se enquadram dentro de Indústria / Construção, e as demais dentro de Comércio / Serviços. Sendo assim, das 30 empresas entrevistadas, a grande maioria (24 empresas) é considerada pela definição do SEBRAE como micro (13 empresas) e pequena empresa (11 empresas). Pode-se perceber com isto que muitos dos projetos na construção metálica não são elaborados por grandes empresas e sim estão concentrados nas mãos de poucos profissionais, que em sua maioria, são subcontratados por empresas maiores de projeto⁸. Estes são especialistas em projetos de estrutura metálica, principalmente em edificações industriais. Em edificações de andares múltiplos⁹, devido aos poucos projetos nesta área, os profissionais de projeto também desenvolvem projetos com outras tecnologias construtivas (concreto e alvenaria auto-portante).

⁸ A forma de contratação das empresas será abordada com maiores detalhes no Capítulo 5, item 5.1.a.

⁹ Segundo a experiência e atuação das diversas empresas entrevistadas, pode-se listar algumas diferenças fundamentais entre projetos de edifícios de andares múltiplos e projetos industriais que serão mais detalhados no Capítulo 5, item 5.2.

Pode-se ainda perceber na tabela 4.3 que apenas 05 empresas das 30 entrevistadas possuem alguma certificação. A grande maioria das empresas entrevistadas optou por não se certificarem em sistemas de gestão da qualidade devido a vários fatores, porém, alguns aspectos foram mais relatados, principalmente: porte da empresa (13 empresas) e custo alto para implantação (6 empresas). Alguns não têm conhecimentos aprofundados sobre o assunto e acreditam que a implantação de algum sistema de qualidade pode engessar a forma de trabalhar. Outros tiveram dificuldades para implantar o sistema, principalmente devido à necessidade de deslocar um profissional da área técnica para o desenvolvimento e instalação dos procedimentos dentro da empresa. As empresas que se preocupam com a qualidade, optaram por utilizar um sistema próprio, desenvolvido dentro das empresas mas que não tem certificação de nenhuma entidade. Outras já foram certificadas ou efetuaram todos os procedimentos para a certificação e não obtiveram ou não mantiveram o certificado, pois além do custo alto para implantação, acreditam que o mercado não reconhece ou diferencia as empresas certificadas para a contratação dos profissionais que vão trabalhar no desenvolvimento de empreendimentos. As empresas entrevistadas que são certificadas, são empresas maiores e optaram pela certificação devido à exigência do mercado ou porque acreditam que assim podem garantir a qualidade dos processos e dos produtos finais. Atestaram que com a certificação otimizaram a produção.

Tabela 4.3 Certificação das empresas entrevistadas

CÓD.	CERTIFICAÇÃO EM SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE			CLIENTES		
	SIM NÃO	QUAL	MOTIVO PELO QUAL A EMPRESA OPTOU (OU NÃO) PELA CERTIFICAÇÃO	CERT (SIM / NÃO)	EXIGEM (SIM / NÃO)	
ESTRUTURAS	E-1	NÃO	-	Porte da empresa	SIM	NÃO
	E-2	NÃO	-	Utiliza alguns procedimentos mas não sentiu necessidade de certificação devido ao porte da empresa.	SIM	NÃO
	E-3	NÃO	-	Estão em processo de certificação na ISO. Serão certificados no próximo ano. Exigência de clientes.	SIM	SIM
	E-4	NÃO	-	Devido ao custo alto. Acredita que burocratiza e enrijece a forma de trabalhar. Utiliza sistema próprio sem ser certificado por nenhuma entidade.	SIM	NÃO
	E-5	NÃO	-	Porte da empresa	SIM	NÃO
	E-6	NÃO	-	Qualidade e segurança todo projetista em obrigação. Empresa pequena. A ISO não garante um bom produto.	SIM	NÃO
	E-7	SIM	ISO 9001: 2000	Porte da empresa	SIM	SIM
	E-8	NÃO	-	Grande investimento, depende de pessoal.	SIM	NÃO
	E-9	NÃO	-	Porte da empresa	SIM	NÃO
	E-10	NÃO	-	Iniciou mas resolveu parar (custo e dificuldades em implantar os procedimentos: falta de disciplina). Têm planos para retomar.	SIM	NÃO
	E-11	NÃO	-	Está em processo de implantação, sem um tempo marcado para terminar. Não está deslocando um profissional especificamente para isso. Imposição do mercado (concorrência) e vantagens no processo produtivo.	SIM	SIM
ARQUITETURA	A-1	NÃO	-	pesa em fazer	SIM	NÃO
	A-2	NÃO	-	intuitivo. Empresa pequena.	SIM	NÃO
	A-3	NÃO	-	Fica pouco tempo no escritório	SIM	NÃO
	A-4	NÃO	-	intuitivo. Empresa pequena.	SIM	NÃO
	A-5	SIM	ISO 9001: 2000	qualidade da produção e atendimento ao cliente. Segurança para o cliente (principalmente internacional). Otimização do processo de produção do escritório.	SIM	NÃO
	A-6	NÃO	-	Falta de conhecimento. Não acredita que funcione em empresa de arquitetura. Empresa pequena	Não Sabe	NÃO
	A-7	NÃO	-	Porte da empresa	NÃO	NÃO
CONST.	C-1	NÃO	-	Não teve necessidade ainda (marketing)	SIM	NÃO
	C-2	SIM	PBQP E ISO	Exigência do mercado	NÃO	SIM
COORDEN.	CO-1	NÃO	-	intuitivo. Empresa pequena.	SIM	NÃO
	CO-2	NÃO	-	Já foi certificada ISO, possui os procedimentos, mas optou por não manter o certificado (modelo novo) porque o mercado não reconhece a certificação. Diferenciam as empresas que se preocupam com a qualidade e não se são certificadas.	NÃO	NÃO
FABRICANTES	F-1	NÃO	-	Vão implantar. Fazem de maneira intuitiva.	NÃO	NÃO
	F-2	NÃO	-	Já foram certificados, mas perderam a certificação. Vão implantar. Trabalham seguindo a norma.	Nem sempre	NÃO
	F-3	SIM	ISO 9001: 2000, ISO 14001, AISC	Garantir a qualidade dos produtos	SIM	SIM
ESTUDO CASO	EC-Ea	NÃO	-	Porte da empresa	SIM	NÃO
	EC-Eb	NÃO	-	Chegaram até o Nível A mas não concluiu a certificação devido ao preço (não valeria a pena)	SIM	NÃO
	EC-A	NÃO	-	Faz informalmente. Financeiro e por falta de tempo. Porte da empresa.	SIM	NÃO
	EC-CO	NÃO	-	Norma interna que indica todos os processos e procedimentos.	NÃO	-
	EC-F	SIM	ISO 9001: 2000, AISC	Tendência de mercado. Marketing	SIM	SIM

OBS: Legenda: CÓD. – Código atribuído às empresas entrevistadas; CERT - certificados; CONST – Construtores; COORDEN – Coordenação.

4.1.2. Caracterização dos questionários (roteiro das entrevistas)

Para a realização das entrevistas foi desenvolvido um roteiro básico através de questionários estruturados, mas que também permitiam o surgimento de novas questões durante o desenvolvimento das entrevistas. Estes se diferenciam em alguns aspectos de acordo com a atuação dentro do processo de projeto de cada agente a ser entrevistado. Isto foi necessário, uma vez que cada especialidade possui características distintas e é responsável por uma parte dentro de todo o processo. Desta forma, foram adotados 4 modelos de questionários para empresas: (a) de projeto de estruturas e fabricantes; (b) de arquitetura; (c) de coordenação de projetos e (d) construtoras. Porém, mesmo possuindo um questionário específico para cada agente descrito acima, todos os questionários focavam o processo de projeto estrutural metálico, ou seja, buscava-se a relação destes diversos agentes com o projeto estrutural metálico e como este influenciava no desenvolvimento dos diferentes projetos das diversas especialidades dentro do processo de projeto. Apesar do presente estudo ter foco principal na análise do projeto estrutural de construções metálicas, entrevistar outros agentes do processo de projeto (arquitetos, construtores e coordenadores de projeto) se fez necessário, uma vez que estes influenciam direta ou indiretamente no projeto estrutural.

Pretendeu-se, durante a redação dos questionários, utilizar uma linguagem clara e objetiva, sem duplo sentido para que os entrevistados entendessem facilmente o que estava sendo questionado. Além disto, procurou-se utilizar perguntas que não sugerissem ou orientassem as respostas e que não provocassem respostas defensivas ou resistências dos entrevistados. O roteiro do questionário base para empresas de projeto de estruturas e fabricantes que é o mais completo e que serviu de modelo para o desenvolvimento dos demais, encontra-se no Anexo A desta dissertação.

Antes do desenvolvimento das entrevistas, foi conveniente obter uma validação dos questionários, o que foi feito com empresas de projeto que não participaram efetivamente na pesquisa. Este pré-teste não visou captar aspectos relacionados aos objetivos do levantamento. Pretendeu-se avaliar se o questionário iria ser suficientemente completo para obter os objetivos da pesquisa, se o tamanho estava

adequado, além de outras questões que poderiam interferir no resultado da pesquisa. A partir dele foram ajustados alguns pontos que poderiam provocar possíveis equívocos na interpretação das perguntas, constrangimentos, etc.

A seleção dos tópicos a serem abordados, o modelo de análise e o modelo dos questionários, buscaram traduzir os objetivos da pesquisa, ou seja, caracterizar o processo de projeto de empreendimentos que utilizam sistemas construtivos metálicos e localizar as possíveis origens das deficiências no processo de projeto. Foram baseados nos estudos de Fabrício (2002) e Melhado & Cambiaghi (2006) e adaptados ao processo de projeto estrutural de construções metálicas. Segundo Melhado & Cambiaghi (op.cit.),

“... as deficiências de gestão da qualidade nas empresas de projeto de arquitetura concentram-se na gestão dos recursos humanos, no tratamento das relações com o contratante, na documentação em geral e na comunicação interna e externa, dada a informalidade pela qual se processam.” (Melhado & Cambiaghi, op. cit., p. 16)

Desta forma, focando em projetos estruturais metálicos, pretendeu-se avaliar se estas deficiências também têm origem nos mesmos aspectos. Sendo assim, a pesquisa focou a análise na: **gestão de documentação, gestão do processo de projeto e contratação das empresas**. Para que fossem abordados todos estes aspectos, o questionário se subdividiu nos seguintes tópicos:

I. Caracterização da empresa e sistemas de gestão e garantia da qualidade

Tópicos que tiveram como objetivos classificar as empresas em estudo e identificar as implicações da certificação no processo de elaboração dos projetos. Foram abordadas questões como: nome, ano de fundação, número de funcionários, área de atuação, se possui algum sistema de gestão da qualidade, qual o motivo que levou à empresa a optar ou não pela certificação e se os clientes exigem esta certificação na hora da contratação.

II. Contratação das empresas

Pretendeu-se verificar quais são os mecanismos de contratação das empresas relacionadas com projeto de edificações que utilizam estrutura metálica e a existência ou não de parcerias, buscando influências da forma de contratação no desenvolvimento

dos projetos. Para isto, foram avaliados: quem contrata as empresas de projeto e qual tipo de empresa é responsável por esta contratação; qual é a relação entre a empresa contratante e a contratada; qual é a frequência de trabalho entre elas e qual a periodicidade da contratação; quando e em qual etapa do processo de projeto é contratada; se há sub-contratações; se as propostas comerciais da empresa obedecem a algum tipo de padrão e se, nestas propostas, além de aspectos relativos a custos e prazos, são incluídos aspectos como assistência técnica às obras durante e após a execução e como são definidos os custos e prazos de elaboração do projeto.

III. Gestão do processo de projeto estrutural

Devido ao fato desta pesquisa buscar analisar o projeto estrutural de estruturas metálicas, todas as características levantadas neste item focam o desenvolvimento do projeto estrutural e por isto o questionário e as análises foram desenvolvidas visando as empresas de projeto estrutural. Porém, devido à relação de interdependência entre os agentes e a necessidade de subsidiar a análise do projeto estrutural, também foram investigadas e questionadas estas mesmas características nos demais agentes envolvidos no processo de projeto, mesmo que a análise obtida destas entrevistas aconteça de uma forma mais superficial.

a. Escolha do material do sistema estrutural

Nesta etapa é importante esclarecer qual o papel que a utilização do sistema construtivo metálico teve no desenvolvimento dos projetos. Para isto, foi fundamental saber quando e porque se define pelo sistema construtivo metálico e qual a participação dos diversos projetistas nesta escolha, qual a influência que a estrutura metálica tem durante a elaboração dos projetos, se há utilização de outros sistemas industrializados (vedação, laje, componentes como banheiros, etc.) e como é definida a interface destes com o sistema construtivo metálico. É muito importante nesta etapa descobrir os parâmetros que configuram a qualidade de um projeto estrutural metálico na visão da empresa entrevistada.

*b. Requisitos dos projetos*¹⁰

Os requisitos de projeto devem ser capazes de registrar as informações pertinentes ao desenvolvimento dos projetos. É através dos requisitos de projeto que são tomadas decisões que nortearão o desenvolvimento destes, portanto, quando mal elaborados, podem gerar retrabalhos, incompatibilidades ou não corresponder às expectativas dos clientes. Por isso, foram pertinentes questões como: quais são estes requisitos; como e quem os define; se existe algum procedimento sistemático para definir e analisar criticamente estes requisitos; se eles sofrem alterações durante o desenvolvimento dos projetos e quais são as mais frequentes; se estes requisitos são formalizados em um documento chamado programa de necessidades¹¹ (*briefing*), e quem participa na elaboração deste documento, se há uma validação formal pelo cliente antes do desenvolvimento do projeto e como é feita esta validação.

c. Análise das entradas

Pretendeu-se avaliar como são definidas as entradas para a elaboração dos projetos incluindo: informações do programa de necessidades e exigências definidas na etapa de preparação, além de informações provenientes de projetos similares anteriores, de outras especialidades técnicas e demais requisitos essenciais para o projeto. Foram avaliados quais são os documentos utilizados como base e se os mesmos são claros e completos; se existe detalhamento adequado destes; como estes documentos são encaminhados aos projetistas; se existem reuniões para o esclarecimento de informações; se existe algum procedimento ou rotina para visita ao terreno ou vista a obra, para coleta de informações necessárias à elaboração dos projetos, independentemente do contrato ter previsto visitas de assistência técnica à obra; se informações de projetos anteriores de outros empreendimentos são utilizadas e que tipo de informações são encaminhadas aos projetistas.

¹⁰ Melhado & Cambiaghi (2006, p.32) definem como requisito para o projeto a “*necessidade ou expectativa que é expressa pelo contratante, de forma explícita ou implícita, de caráter obrigatório para a obtenção da qualidade, a ser considerada no desenvolvimento, análise crítica, verificação, validação e avaliação de resultados do projeto*”. Também estão incluídos como requisitos, segundo os mesmos autores, os requisitos de normas técnicas, regulamentos e legislação.

¹¹ Melhado & Cambiaghi (op. cit., p.31) definem como programa de necessidades a “*elaboração e descrição em um documento do conjunto de parâmetros e exigências a serem atendidos pela obra a ser projetada*”.

d. Análise da elaboração

Buscou-se investigar como os projetos são desenvolvidos e qual a interferência das demais especialidades técnicas no desenvolvimento destes. Para isto, foi necessário identificar quais são as diversas fases envolvidas na elaboração dos projetos, qual a relação destas com as etapas das outras especialidades e também o nível de interação (comunicação) com os projetos das demais especialidades técnicas e, quando aplicável, com o coordenador de projetos; quais ferramentas e métodos são utilizados na elaboração das soluções projetuais; se os projetos freqüentemente precisam ser refeitos ou modificados devido aos projetos de outras especialidades; se os prazos do desenvolvimento dos projetos são cumpridos e quais estratégias são empregadas durante a execução do projeto estrutural visando proporcionar agilidade e conseqüentemente cumprimento destes.

e. Análise das saídas

Foi importante avaliar se os dados de saída do projeto atendem aos requisitos de entrada e como estes estão sendo recebidos e utilizados pelos clientes para, então, confirmar a qualidade do processo de projeto. Para que esta avaliação ocorresse, foi necessário obter respostas para questões como: quais são os documentos provenientes da etapa de elaboração dos projetos das diversas especialidades técnicas; como os demais envolvidos no processo têm conhecimento e acesso a esses documentos; se há padronização de desenhos; qual é a forma de apresentação dos projetos; como é a forma de entrega destes aos clientes e se há reuniões pós-entrega; como são identificadas as alterações de projeto; como são feitos os registros das alterações e se elas são facilmente rastreadas; como são verificados e validados os documentos que são gerados pelos projetos e se há a participação do contratante nesta validação; por quanto tempo são armazenadas estas informações; se existe acompanhamento e assistência à obra; se é feito registro do projeto “*as built*” e se já houve algum caso que foi necessário fazer alguma adaptação na obra que não foi prevista na etapa de elaboração dos projetos.

*f. Análise das análises críticas*¹²

Pretendeu-se verificar se as empresas realizam em estágios apropriados e planejados, que podem ou não corresponder às etapas do processo de projeto, avaliações sobre o desenvolvimento do projeto, visando garantir a compatibilidade com outras especialidades, identificar possíveis problemas e propor as ações cabíveis. Portanto, buscou-se identificar, caso existam estas análises, quando elas são realizadas e se a avaliação é feita analisando se os dados de saída atendem os requisitos iniciais de projeto, quem participa do desenvolvimento destas análises, como é o retorno destas informações aos projetistas, se eventuais alterações dos projetos são analisadas criticamente, verificadas e aprovadas antes da sua implementação; se realizam avaliações de pós-ocupação; se avaliam a satisfação dos clientes; se são feitos registros destas informações; como são analisados estes dados e se há algum acompanhamento; se existe um banco de dados com histórico dos demais empreendimentos que possuam registros dos resultados dos processos de projeto e se há retroalimentação destas informações aos projetistas.

g. Relação entre projetistas

É necessário saber como acontece a comunicação entre os projetistas e qual a influência e participação de cada um deles na concepção e desenvolvimento das outras especialidades técnicas. Também é importante verificar se há um coordenador de projetos e qual o papel dele dentro do processo de projeto de empreendimentos que utilizam o sistema construtivo metálico, como é feita a compatibilização de projetos, como os projetistas recebem informações de outras especialidades para o desenvolvimento dos seus projetos e como eles participam do desenvolvimento das outras especialidades. Segundo Melhado (2003) a comunicação ineficiente entre projetistas pode ser responsável por diversos problemas no processo de projeto e por isso foi estudado com critério.

¹² Melhado & Cambiaghi (2006, p. 28) definem análise crítica como “avaliação documentada, profunda, global e sistemática de um projeto quanto à pertinência, à adequação e à eficácia das soluções de projeto em atender aos requisitos para o projeto, identificar problemas e propor o desenvolvimento de soluções para eles, se houver”. Segundo os mesmos autores, estas análises podem ocorrer em qualquer etapa do processo de projeto, devendo ser realizada sempre na conclusão do processo de projeto.

IV. Gestão da documentação

A forma como a empresa gerencia os documentos administrativos e de projeto também pode influenciar na qualidade do produto projeto e por isso foram analisadas questões como: como a empresa recebe e entrega documentos; como acontecem os arquivamentos; se existem *backup* e como eles acontecem; se existe um sistema de classificação e identificação dos documentos que são recebidos pela empresa de projeto; como é garantida a confidencialidade dos documentos do contratante; como os documentos são rastreados dentro da empresa e como é garantido que todos os projetistas estão trabalhando com a última versão dos projetos.

Ao final do questionário foram coletadas sugestões dos entrevistados para a melhoria do processo de projeto e também a opinião destes sobre a valorização do projeto e sobre o motivo pelo qual a estrutura metálica ainda é pouco utilizada na construção civil.

4.1.3. Caracterização do desenvolvimento das entrevistas

Devido ao fato das perguntas desenvolvidas nas entrevistas exporem a intimidade e provavelmente os pontos fracos das empresas, haveria o risco destas mascararem as respostas não fornecendo informações verdadeiras sobre o cotidiano delas e sim informações sobre o que estas acham ideal. Para que isto não ocorresse, além da garantia de confidencialidade das identidades das empresas, as perguntas foram indiretas, testadas e confrontadas com questões em outras etapas da entrevista (não subseqüentemente). Desta forma, os entrevistados discorriam sobre um determinado assunto que era verificado e comprovado a posteriori. Foi garantido às empresas que, após a defesa e correção da dissertação, seria enviada uma cópia desta para o conhecimento dos resultados.

Para o desenvolvimento das entrevistas procurou-se estar no local de trabalho dos entrevistados, pois a rotina diária e como as empresas se organizam também pôde ser analisada, desta forma, de maneira presencial. Devido ao tipo de questões das entrevistas, foi necessário que o desenvolvimento destas acontecessem com pessoas responsáveis pelas áreas técnicas e administrativas. Em empresas pequenas, os próprios

arquitetos e engenheiros, donos das empresas podiam responder com propriedade a perguntas específicas a cada uma destas áreas. Porém, no caso de empresas maiores, as entrevistas aconteceram com gerentes, diretores, engenheiros e arquitetos e os próprios donos das empresas. Isto foi importante pois nem sempre são as mesmas pessoas responsáveis pelas áreas técnicas e administrativas dentro das empresas e então não possuem conhecimento suficiente sobre todos os assuntos abordados. As entrevistas tiveram duração média de 2 horas e por isso, infelizmente, algumas vezes aconteceram interrupções. Quando estas ocorreram, as entrevistas foram retomadas nos mesmos pontos que estavam sendo discutidos antes das interrupções.

Durante o desenvolvimento das entrevistas, procurou-se deixar o entrevistado bem à vontade para que este fornecesse, sem impedimentos, as informações verdadeiras para a pesquisa. Em nenhum momento discutiu-se as opiniões emitidas por eles. Várias vezes os entrevistados saiam do roteiro inicialmente proposto para completar com exemplos que achavam relevantes e às vezes se antecipavam a questões que seriam propostas em outras etapas do questionário. Esta abertura permitiu que surgissem algumas questões não previstas anteriormente e também informações sigilosas, relevantes à pesquisa que então foram aprofundadas com conversas informais. Reações dos entrevistados à determinadas perguntas também foram consideradas na análise da qualidade e veracidade das respostas, o que provocou, às vezes, o retorno à determinados assuntos polêmicos.

As entrevistas foram gravadas e foi feita a transcrição interpretativa das idéias obtidas. Os dados foram agrupados em tabelas¹³ possibilitando o desenvolvimento de correlações e análises dos mais diversos aspectos. Buscou-se traçar uma divisão macro dos empreendimentos que utilizam a estrutura metálica em edifícios de andares múltiplos e edifícios industriais¹⁴. Desta forma foi possível, através de análises qualitativas e comparações, buscar diferenças e particularidades do processo de projeto estrutural em diferentes escritórios de projeto.

¹³ As tabelas das transcrições interpretativas das entrevistas estão distribuídas em todo o trabalho, porém mais concentradas no Capítulo 5 (Resultados e Discussão).

¹⁴ Segundo a experiência e atuação das diversas empresas entrevistadas, pode-se listar algumas diferenças fundamentais entre projetos de edifícios de andares múltiplos e projetos industriais que serão mais detalhados no Capítulo 5 item 5.2.

A investigação pretendeu também analisar a compatibilidade do projeto estrutural com o projeto de outras especialidades técnicas. A partir daí, juntamente com complementações advindas das opiniões e experiências de outros autores, explorados através da extensa revisão bibliográfica (capítulo 3), pôde-se analisar os problemas e singularidades do processo de projeto estrutural de construções metálicas e propor diretrizes de caráter conceitual para a melhoria do processo de gestão dos projetos estruturais e possivelmente difundir a construção metálica na região de Belo Horizonte.

4.2. Metodologia do estudo de caso

A pesquisa foi complementada e ilustrada com a análise de um empreendimento¹⁵ que utiliza o sistema construtivo metálico para identificar, em uma situação real, possíveis observações levantadas durante as entrevistas. O objetivo principal deste estudo de caso foi verificar a aplicação dos projetos na obra. Desta forma, não foi realizado um acompanhamento direto do desenvolvimento do processo de projeto do empreendimento, mas sim uma análise do resultado do processo de projeto durante sua execução na obra. Sendo assim, buscou-se identificar correlações entre prováveis falhas no desenvolvimento do processo de projeto que eclodiram durante a obra ocasionando diversos inconvenientes, perdas e retrabalhos. Para isto, além da observação *in loco*, foram realizadas entrevistas com os agentes do processo de projeto deste empreendimento, utilizando o mesmo modelo de questionário previamente estabelecido e desenvolvida uma análise documental com os projetos desta obra.

A escolha do empreendimento analisado no estudo de caso aconteceu devido ao fato de ser um empreendimento considerado de andares múltiplos¹⁶, onde havia uma grande relação entre os diversos agentes do empreendimento. Além disto, havia a possibilidade de acompanhamento da construção desde o início da montagem da estrutura até a etapa

¹⁵ A caracterização do empreendimento analisado no estudo de caso será desenvolvida com detalhes no Capítulo 5 (item 5.5).

¹⁶ Algumas características entre edifícios de andares múltiplos e edifícios industriais serão apresentadas com mais detalhes no Capítulo 5 (item 5.2).

de acabamento e possuía uma localização privilegiada na região de Belo Horizonte, o que facilitou visitas freqüentes ao canteiro. Além disto, os agentes do processo de projeto envolvidos também pertencem à região foco do estudo, não havendo distorções ou influência de outras regiões no desenvolvimento dos projetos.

Nas visitas à obra, durante a observação *in loco* da rotina e dos acontecimentos às vezes não programados, procurou-se estar perto das pessoas responsáveis pelo desenvolvimento da obra e com autorização destas, estar presente durante as discussões para resolução de questões que precisaram ser resolvidas no canteiro. Desta forma, foi possível vivenciar os problemas, na maioria das vezes, no momento em que aconteciam e então procurar relação destes com o processo de projeto. Devido ao fato de não haver tempo disponível durante o desenvolvimento desta pesquisa para a permanência integral no canteiro de obra, mesmo realizando visitas semanais, outras questões que já haviam ocorrido e não foram vivenciadas diretamente, foram levantadas através de conversas informais com diversas pessoas durante as visitas e posteriormente, visualizadas na obra. Os registros das observações *in loco* foram feitos através de fotografias e anotações das informações fornecidas durante as conversas informais.

O acompanhamento da obra começou após a preparação do terreno e concretagem das fundações, durante o início da montagem dos pilares metálicos e se estendeu até o término do fechamento em alvenaria em bloco de concreto celular autoclavado e início da execução dos acabamentos. Desta forma, foi possível presenciar a execução de quase todas as etapas do processo de projeto na obra e evidenciar as interferências de várias especialidades técnicas de projeto durante a execução destes projetos.

Devido ao fornecimento pelos projetistas das diversas especialidades dos projetos utilizados para o desenvolvimento da obra, foi possível o desenvolvimento de uma pesquisa documental. Esta, realizada em materiais que ainda não tinham recebido nenhum tratamento analítico, propiciou visualizar, no projeto desenvolvido, acontecimentos vivenciados na obra e vice-versa. Desta forma, foi possível traçar correlações entre observações feitas durante a visita à obra e o processo de projeto deste empreendimento.

5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos nas entrevistas será focada no processo de projeto estrutural de construções metálicas, estudando principalmente as entrevistas dos profissionais de projeto estrutural e as empresas de fabricação da estrutura metálica. Porém as entrevistas com os demais agentes do processo de projeto de um empreendimento, mesmo que menos aprofundadamente, também serão analisadas, uma vez que causam interferências e são intimamente ligadas com o processo de projeto estrutural. Vale ressaltar que as observações apresentadas, foram obtidas através de entrevistas com um grande número de empresas especialistas no setor da construção civil que utiliza estruturas de aço e buscam identificar e analisar algumas características predominantes no desenvolvimento de projetos estruturais de construções metálicas.

Inicialmente, será feita uma síntese destas características mais predominantes dentro do processo de projeto estrutural levantadas nas entrevistas (itens 5.1 a 5.4). Nesta, serão abordados aspectos relacionados ao: (a) planejamento de empreendimentos que utilizam estrutura metálica: contratação dos profissionais de projeto, escolha do sistema

estrutural metálico, definição dos requisitos para o projeto estrutural; (b) desenvolvimento do projeto estrutural metálico: entradas, elaboração, saídas e análises críticas; (c) relação entre agentes no processo de projeto: coordenação de projetos e comunicação entre profissionais de projeto e (d) gestão de documentos. Durante estes itens, será desenvolvida uma análise do processo de projeto estrutural de construções metálicas onde serão realizadas correlações entre o que está sendo mais comumente realizado e o que seria a proposta mais adequada de desenvolvimento do processo de projeto voltada para a qualidade final do empreendimento. Como modelos de desenvolvimento do processo de projeto estrutural serão adotados principalmente os estudos de Melhado & Cambiaghi (2006) e o Manual de Escopo de Serviços de Estrutura da ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE, 2007), adaptados ao processo de projeto estrutural de construções metálicas.

O estudo de caso que seguirá no item 5.5, procurará correlações entre algumas questões apontadas na análise do processo de projeto estrutural realizadas nos itens anteriores e a rotina de um empreendimento real. No item 5.6, serão abordados alguns dos problemas mais frequentes que têm como causa o processo de projeto estrutural de empreendimentos que utilizam a estrutura metálica.

5.1 Planejamento de empreendimentos que utilizam estrutura metálica

O planejamento de empreendimentos pode ser subdividido em três itens: (a) *contratação* da empresa que desenvolve o projeto estrutural; (b) *escolha do sistema estrutural metálico* e (c) *definição dos requisitos de projeto*.

[a] Contratação

Segundo o manual ABECE (2007), devido à exigência do mercado imobiliário quanto à otimização dos projetos, aliado ao fato do processo de elaboração de projetos ser complexo e envolver diversas interfaces, o adequado seria que as empresas de projeto estrutural fossem contratadas ainda no início da concepção do produto. Desta forma, os

projetos seriam previamente racionalizados e compatibilizados desde o início do empreendimento, minimizando improvisações de obra e aumentando a qualidade da edificação. Em projetos estruturais metálicos, esta necessidade de contratação precoce é ainda mais importante, devido a diversos fatores já mencionados na revisão bibliográfica (capítulo 3). Pode-se enfatizar: o fato do processo de produção da estrutura ser feito na fábrica, externamente ao canteiro de obras; a necessidade de precisão milimétrica da estrutura, principalmente na montagem desta e o pouco conhecimento técnico de alguns agentes de projeto com relação às características do aço.

Porém, as contratações das empresas de projeto estrutural são tardias. Apenas duas das empresas de projeto estrutural entrevistadas são contratadas no início do empreendimento. As demais são contratadas após o término do anteprojeto de arquitetura, antes do projeto legal ou mesmo com o projeto arquitetônico finalizado e aprovado nos órgãos competentes. Em projetos destinados a edificações industriais, onde projetos arquitetônicos não são desenvolvidos, 5 das 11 empresas de projeto estrutural entrevistadas são contratadas com base em diretrizes de projeto definidas pelo cliente ou mesmo com o Projeto Básico de Estruturas (PBE) finalizado.

Os clientes das empresas que desenvolvem projeto estrutural metálico são os mais diversos, porém, nas empresas entrevistadas, existe uma tendência a trabalhar com empresas siderúrgicas, mineradoras, fabricantes de estrutura e empresas de projeto especialistas em concreto.

Apesar das empresas entrevistadas terem experiências com edifícios de andares múltiplos e edifícios industriais¹⁷, os principais clientes das empresas que desenvolvem projetos estruturais de construções metálicas são as empresas siderúrgicas e mineradoras. O mercado da construção civil ainda é escasso para a construção em aço e as indústrias siderúrgicas e mineradoras estão em constante expansão, com vários empreendimentos sendo planejados e executados. Sendo assim, a oferta de trabalho é

¹⁷ Algumas diferenças fundamentais entre projetos de edifícios de andares múltiplos e projetos industriais que serão mais detalhados no item 5.2.

grande e quase todas as empresas de projeto estrutural entrevistadas têm alguma relação de trabalho com estes setores.

Diferentemente de arquitetos e construtores, as empresas de projeto de estruturas metálicas entrevistadas não costumam trabalhar diretamente com o cliente final. É comum que sejam subcontratadas por grandes empresas de projeto de engenharia ou empresas especialistas em projeto de estruturas de concreto. Quando a contratação ocorre desta forma, é muito rara a comunicação direta com o cliente final da edificação. Todas as informações necessárias ao desenvolvimento dos projetos são apresentadas através da empresa contratante. No caso de empresas siderúrgicas e mineradoras, alguns setores internos são responsáveis pela contratação.

Foi possível observar também que é comum que as empresas de projeto estrutural e fabricantes de estrutura subcontratem outros profissionais para o desenvolvimento dos projetos. Normalmente são contratadas pequenas empresas de projeto que auxiliam no desenvolvimento do cálculo estrutural, mas o mais comum é a subcontratação de empresas para o desenvolvimento do detalhamento estrutural e para a execução dos desenhos em CAD.

Não existe nenhuma relação de periodicidade de contratação entre as empresas contratantes e contratadas. Não há uma sistematização para a escolha dos profissionais que desenvolverão o projeto estrutural de um empreendimento que utiliza estrutura metálica. Não foram observadas parcerias entre as empresas. O que foi possível perceber é que apesar de alguns clientes contratarem mais vezes a mesma empresa, as contratações dependem da demanda do mercado e acontecem de forma atípica na grande maioria dos casos entrevistados.

Porém, algumas empresas contratantes, normalmente as siderúrgicas e mineradoras, costumam manter contratos tipo “guarda-chuvas” com algumas empresas de projeto. Estes buscam facilitar o processo de contratação, pois apresentam uma negociação prévia de valores e de condições gerais dos serviços a serem prestados durante a vigência do contrato. São contratos de longo prazo, normalmente anuais. Porém, a

contratação é por empreendimento e não existe um padrão definido. A empresa contratada não tem a garantia prévia do desenvolvimento de nenhum empreendimento e nem que haverá algum faturamento durante a vigência do contrato “guarda-chuva”.

Apesar de ser bastante significativo o número de empresas de projeto de estruturas que não tem nenhum procedimento formal com relação à elaboração das propostas técnicas e comerciais (cerca de 3 empresas), a grande maioria das empresas entrevistadas segue algum tipo de padrão. Algumas seguem apenas o padrão exigido pelas empresas contratantes na elaboração do contrato “guarda-chuva”, não utilizando nenhum outro padrão para os contratos com os outros clientes. O que foi possível perceber é que, em grande parte dos casos, as propostas seguem uma estrutura padrão que varia de acordo com o tipo de serviço a ser executado e com o tipo de empreendimento a ser desenvolvido. Podem incluir: escopo e fora de escopo, premissas, especificações de normas, especificações de cálculo, documentos preliminares, custo, quantitativo de desenhos e de peso da estrutura, forma de pagamento, prazo, validade da proposta e condições gerais. É comum que as empresas contratantes também exijam alguns anexos às propostas. Algumas poucas empresas relataram que costumam desenvolver duas propostas: uma técnica e outra comercial. Afirmaram que é necessário, uma vez que as decisões técnicas e comerciais são tratadas por pessoas diferentes dentro da empresa contratante e é comum que as propostas comerciais necessitem de um certo sigilo, pois costumam não ser de conhecimento de todas as pessoas, principalmente da área técnica.

O custo do projeto especificado nas propostas comerciais das empresas entrevistadas é definido de várias formas. No caso de empresas de projeto estrutural podem ser estimados pelo valor de hora gasta no desenvolvimento dos projetos, mas o mais comum é estimar um valor a ser remunerado por formato de desenho entregue a empresa contratante. Pode-se perceber uma tendência à definição do custo pelos próprios profissionais contratantes, pois 7 empresas das 11 empresas de projeto estrutural entrevistadas são contratados desta forma. Porém, mesmo quando o valor não é imposto pelo contratante, 60% das empresas relataram que há uma negociação com este antes da assinatura do contrato.

No caso de empresas fabricantes de estruturas que também desenvolvem o projeto estrutural, o custo do projeto está diluído dentro de uma planilha de orçamentos que também engloba o custo da fabricação e montagem da estrutura. Não orçam o valor do projeto separado pois afirmam que vendem o serviço completo desde o projeto da estrutura até a montagem final no canteiro, não vendendo separadamente o desenvolvimento do projeto estrutural. Caso o projeto estrutural já chegue pronto à fábrica, o valor destinado ao desenvolvimento deste, normalmente 3%, é retirado da planilha.

Pode-se perceber uma discrepância entre as empresas de projeto estrutural e os demais agentes do processo de projeto com relação às definições de custo e prazo dos projetos. Contrariamente às empresas de projeto estrutural, no caso das demais empresas entrevistadas, 9 entre os 10 arquitetos e construtores definem os custos de seus projetos. Porém, mesmo com algumas empresas estimando o valor dos projetos pelo valor de hora gasta, diferentemente das empresas de projeto estrutural, o mais comum é a definição dos custos de projeto baseada em um valor por metro quadrado da área a ser projetada e construída. Os profissionais das empresas de arquitetura e construtores afirmam que, definindo um valor por metro quadrado, o cliente consegue mensurar mais facilmente o que está comprando. Normalmente os valores são balizados por aqueles aplicados no mercado da construção civil e costumam ser diferenciados por tipo de serviço ou empreendimento. Já com relação aos prazos, com exceção das empresas de arquitetura que definem elas mesmas os prazos necessários para o desenvolvimento dos projetos, no caso das 14 empresas de projeto estrutural e empresas fabricantes de estrutura entrevistadas, em 12 delas as empresas contratantes impõem o tempo de desenvolvimento dos projetos. Raramente há negociação entre as empresas contratantes e contratadas. A imposição dos prazos de projeto pelo mercado também pode ser comprovada analisando as respostas das empresas construtoras, contratantes das empresas de projeto estrutural. No caso destas empresas, são elas que definem qual é o tempo disponível para o desenvolvimento dos projetos e as empresas de projeto estrutural têm que se adaptar a ele. A TAB 5.1 apresenta uma síntese das respostas apresentadas com relação à contratação das empresas entrevistadas.

Tabela 5.1. Contratação das empresas entrevistadas

COD	CONTRATAÇÃO							
	QUEM CONTRATA	SUB-CONTRATA	RELAÇÃO	QUANDO	PROPOSTA COMERCIAL	CUSTO	PRAZO	
ESTRUTURAS	E-1	Construtor, fabricantes, arquiteto, órgãos públicos; empreendedores	NÃO. Apenas detalhamento em empresas menores.	sem padrão definido	APA pronto (antes da aprovação), às vezes auxilia no projeto arquitetônico.	De acordo com o serviço/ cliente. Escopo (consultoria cálculo e projeto), prazo e preço.	o próprio profissional define	Contratante
	E-2	grandes empresas de projeto.	SIM. Projetistas	sem padrão definido. Depende da demanda de mercado.	projeto conceitual da indústria (arquitetônico). Tem desenhos e especificações.	Proposta técnica e comercial (pessoas diferentes). Tem um padrão: objeto, descrição do fornecimento, quantitativo da estrutura de aço, prazo, especificações de cálculo.	o próprio profissional propõe e há uma negociação do cliente.	Contratante
	E-3	Grandes siderúrgicas ou construtoras.	SIM. Detalhamento, arquitetura, instalação elétrica e hidráulica.	sem padrão definido. Depende da demanda de projeto. Mas também trabalha com contrato guarda-chuva.	Existe um arranjo, layout básico ou arquitetura básica. Às vezes fazem a arquitetura após definição das necessidades dos clientes ou equipamentos.	Tem um padrão, mas algumas empresas grandes exigem determinados anexos à estes contratos. Tem escopo, fora de escopo, documentos de referência que foram utilizados para fazer a proposta, prazos, quantitativo estimado de desenhos e horas, formas de pagamento e garantias.	o próprio profissional propõe e há uma negociação do cliente.	Contratante
	E-4	Fabricante de estrutura metálica, empresas de consultoria, siderúrgicas e mineradoras, empresas multidisciplinares de engenharia (parte de aço)	-	sem padrão definido. Depende da demanda de projeto. Mas também trabalha com contrato guarda-chuva.	CA e projeto pronto: desenvolvem DTE. Ou a partir de dados básicos estruturais fazem CA, PBE e DTE.	Tem um padrão. Inclui escopo, quantidade de desenhos de projeto, custo, prazo e condições gerais.	o próprio profissional propõe e há uma negociação do cliente.	se adequa ao prazo do empreendimento após negociação com contratante.
	E-5	mineradoras através de concorrências	NÃO	contrato guarda-chuva.	PBE (linhas gerais de dimensões do edifício, com lançamento da estrutura). Não existe projeto de arquitetura (muito raro).	Tem um padrão. Inclui escopo, custo, prazo.	Em parte definido nas licitações. Demais: valor por hora definido pelo projetista e negociado pelo contratante.	Contratante
	E-6	Empresas siderúrgicas, firmas que trabalham com concreto e subcontratam a parte de aço.	1 calculista e 2 cadistas	sem padrão definido. Depende da demanda de projeto.	Projeto industrial normalmente não tem projeto de arquitetura. Quando tem arquitetura, é após a finalização dela, antes das disciplinas de concreto.	Sem padrão.	o profissional define em função do volume do trabalho a ser feito.	quantidade de trabalho do escritório. Negocia com os clientes sem ficar sujeito aos prazos impostos.
	E-7	mineradoras	SIM. Pequenas empresas de projeto.	contrato guarda-chuva.	início do empreendimento	Contrato guarda-chuva feito pelas empresas contratantes. Engloba todas as disciplinas de projeto	Definido pela empresa contratante.	Contratante.São curtos.
	E-8	Subcontratados de grandes empresas de projeto e engenharia. Outros clientes particulares.	SIM. Contrata projetistas autônomos. É caro manter uma equipe interna de projetos.	sem padrão definido. Depende da demanda de projeto. Contrato por obra.	Projeto industrial normalmente não tem projeto de arquitetura. Às vezes com o PBE. Clientes particulares, após projeto de arquitetura.	Sem padrão.	Após análise do PBE, definem custo a partir do nº de desenhos. Tem um custo por formato entregue.	Contratante.São curtos.
	E-9	Subcontratados de grandes empresas de projeto e engenharia. Fabricantes de estrutura. Siderúrgica e mineradoras.	Subcontrata a parte de desenho.	sem padrão definido. Depende da demanda de projetos, mas alguns clientes sempre voltam.	Às vezes no início da concorrência. Projeto industrial normalmente não tem projeto de arquitetura. A partir de premissas básicas do PBE.	Tem um padrão. Inclui escopo, premissas, especificações de normas, documentos preliminares, custo, forma de pagamento, prazo, validade da proposta.	o profissional define mas negocia com o cliente. Não se sujeita ao leilão de preço.	Contratante. São curtos.

OBS: Legenda: APA – Anteprojeto de Arquitetura; CA – Cálculo Estrutural; DTE – Detalhamento Estrutural; PBE – Projeto Básico de Estrutura

Tabela 5.1. Contratação das empresas entrevistadas (continuação)

COD	CONTRATAÇÃO							
	QUEM CONTRATA	SUB-CONTRATA	RELAÇÃO	QUANDO	PROPOSTA COMERCIAL	CUSTO	PRAZO	
ESTRUTURAS	E-10	Grandes empresas de projeto de engenharia e empreiteiras. Clientes particulares.	Não	sem padrão definido. Depende da demanda de projeto. Contrato por obra.	Faz o projeto de arquitetura. Chega à empresa um layout conceitual de como vai ser o empreendimento.	Não tem um padrão, mas costuma ter definido escopo e fora do escopo, prazo, e custo.	Define, mas existe um padrão do mercado.	Contratante. São curtos.
	E-11	Siderúrgicas e Mineradoras	SIM. Não tem como manter grandes equipes de projeto. É muito caro e os projetos são sazonais para manter um "almoxarifado de pessoas".	Os mesmos clientes quase sempre com contrato de longo prazo (guarda-chuva). Contrato anual.	A partir da detecção por parte dos clientes da necessidade do projeto.	Contrato guarda-chuva feito pela empresa contratante.	Contrato guarda-chuva remunera por formato entregue ou por hora gasta, definido pelo contratante. Valores baseados no mercado e calibrados entre contratante e contratado durante a negociação do contrato.	Contratante
FABRICANTES	F-1	Empreendedor, construtor, o próprio cliente.	NÃO, mas às vezes o cliente contrata o detalhamento externamente à fábrica.	sem padrão definido. É sempre consultado, mas nem sempre contratado.	tem arquitetônico pronto – PEA = PL (80% dos casos).	Tem um padrão. Escopo, prazo, condições da obra (contratante), do contratado, compra de material.	Negociado com o cliente. 1º preço baseado em requisitos técnicos. Mas está sujeito ao "leilão de projetos". Contempla projeto à montagem. Caso não tenha projeto, o valor deste item (3%) é retirado da planilha.	Definido pelo contratante.
	F-2	Cliente final (empreendedor) e pequenas construtoras.	Montagem da estrutura.	Não há relação entre as contratações. Mas vários clientes retornam.	tem arquitetônico pronto (no mínimo APA). Gostaria que fosse o projeto arquitetônico detalhado.	Tem um modelo que varia de acordo com o tipo de empreendimento. Tem proposta técnica e comercial.	Baseado em uma planilha que inclui todos os elementos necessários para fabricação e montagem da estrutura. O valor do projeto já está incluído nesta planilha.	Definido a partir de uma análise com toda a empresa. Mas o mercado que delimita. Se você não se adaptar está fora do mercado.
	F-3	Governo, clientes internacionais e empreiteiras nacionais, siderúrgicas e mineradoras.	SIM. Desenhos de detalhamento.	sem padrão definido	PBE pronto.	Tem um padrão (grupos de propostas dependendo do tipo de edificação). Escopo e não escopo, detalhamento, fabricação, transporte e pintura, normas a serem utilizadas, preço e prazo.	Faz um orçamento interno com as diversas equipes dentro da empresa. Quem define é o mercado e negociação com o cliente.	mercado e negociação. É uma exigência do mercado.
CONSTRUTORES	C-1	clientes particulares e investidores.	Toda a construção. Subcontrata projeto estrutural.	sem padrão definido	1o. a ser contratado. No planejamento do empreendimento	Sem padrão. Faz montagem do orçamento de obra e prazos a partir das propostas das empresas subcontratadas	Definido pelo construtor	
	C-2	1º na hierarquia (construtor e empreendedor). Cliente particular.	Projeto arquitetônico, estrutural e instalações.	contrata sempre os mesmos escritórios de projeto.	1o. a ser contratado. No planejamento do empreendimento	exige algumas condições aos contratados.	Definidos pelo construtor (valor por m ²).	Definido pelo construtor.
COORDENADOR	CO-1	grandes empresas produtoras de aço, arquitetos, engenheiros.	NÃO	algumas empresas grandes - contrato guarda-chuva (consultoria)	no início de empreendimento	Tem um padrão, com obrigações do contratante, e do contratado, prazos, custos.	Hora técnica de consultoria (preço fixo). Definido pela empresa contratante.	Propõe, mas negocia com o cliente.
	CO-2	Empreendedor, licitações, Investidor ou construtora.	Quando <i>tumkee</i> de projeto, subcontrata as disciplinas de projeto (indicação cliente/ própria)	sem padrão definido, mas já trabalhou com contrato guarda-chuva.	no início do empreendimento (às vezes para identificar terreno) ou com programa de viabilidade pronto.	Proposta tem uma estrutura padrão, mas varia de acordo com o tipo de empreendimento e serviço.	Cliente. Faz internamente e depois olha se encaixa no mercado. Quando tem um potencial competitivo positivo é capaz de negociar de uma forma melhor.	atípico, mas já trabalhou com contrato guarda-chuva.

OBS: Legenda: APA – Anteprojeto de Arquitetura; PEA – Projeto Executivo de Arquitetura; PL – Projeto Legal; PBE – Projeto Básico de Estruturas

Tabela 5.1. Contratação das empresas entrevistadas (continuação)

COD	CONTRATAÇÃO							
	QUEM CONTRATA	SUB-CONTRATA	RELAÇÃO	QUANDO	PROPOSTA COMERCIAL	CUSTO	PRAZO	
ARQUITETURA	A-1	o próprio cliente, concurso e construtora pequena	NÃO	sem padrão definido	no início do empreendimento ou com programa prévio	Tem um padrão (AsBEA): EPA, APA, PBA, PEA, DTA, AC;	Baseado no mercado e AsBEA. Por m ² (variando com o tipo de projeto) e por etapa de projeto. Define, mas negocia com cliente.	Arquiteto define
	A-2	o próprio cliente e cooperativa de projetos (contratada por siderúrgica)	NÃO	cooperativa sempre contrata (ela tem contrato guarda-chuva com a siderúrgica), outros clientes, sem padrão definido.	no início do empreendimento/ com terreno escolhido (clientes particulares), com um estudo básico dos de locação dos equipamentos e implantação (cooperativa).	Tem um padrão próprio. Composto de: objeto, descrição das atividades, prazos, honorários, observações (obrigações dos contratantes e contratado)	Clientes particulares: baseado no mercado, por hora ou m ² . Negocia com o cliente. Cooperativa: preço fixo por formato A1 (devido ao contrato guarda-chuva da cooperativa com a siderúrgica)	Clientes particulares: Arquiteto define. Cooperativa: siderúrgica define (mas é informal)
	A-3	o próprio cliente (habitação), setor de engenharia e arquitetura da instituição.	Alguns desenhos em AutoCad	sem padrão definido	no início do empreendimento (antes da escolha do terreno, de preferência). Às vezes, no caso de instituições, chega a ter uma elaboração de um programa funcional.	Tem um padrão. Muda o escopo conforme o projeto. Tive acessoria jurídica. Diagnóstico (estudo de viabilidade), acessoria aos projetos de engenharia, consultoria e assistência à obra)	Não faz por m ² . "Projeto não é uma mercadoria, é uma etapa dentro da prestação de serviço (acessoria, consultoria, assistência à obra)".	O próprio define. Mas negocia com o cliente.
	A-4	o próprio cliente e construtoras.	NÃO	Uma construtora sempre contrata, mas grande maioria é sem padrão definido.	no início do empreendimento	Tem um padrão, com obrigações do contratante e do contratado, prazos, custos.	Define, com base nos preços de mercado (m ²), mas negocia com o cliente. Pagamento amarrado às etapas de projeto. Os 20% finais são relativos ao PEA e são pagos após aprovação. Construtora: preço fixo por m ² .	Propõe, mas negocia com o cliente. Amarrado à entrega de documentos prévios ao projeto.
	A-5	o próprio cliente, às vezes subcontratado de grandes empreiteiras, órgãos públicos, grandes empresas, instituições privadas.	SIM. Escritórios satélites contratados em projetos maiores o quando o prazo está apertado.	sem padrão definido	no início do empreendimento ou com programa prévio (que será discutido exaustivamente em reuniões no início do projeto)	Tem um padrão (uma estrutura). Específico para cada empreendimento: os objetivos, o programa arquitetônico, o dimensionamento, prazos preços e condições gerais	O escritório define. Política de preço definida pela ISO (remuneração de profissionais, etc). Mas tem como base o m ² (diferenciado pelo tipo do empreendimento), pois o cliente consegue mensurar mais facilmente.	Definido juntamente com o cliente, porém prazos mais apertados exigem remanejamento do escritório e subcontratações.
	A-6	o próprio cliente (empresários)	SIM. Desenho de apresentação e algum serviço de desenvolvimento.	Sempre trabalha para os mesmos clientes (relação de amizade)	no início do empreendimento. Escolhe terreno.	Tem um padrão (mas é informal: "eu tento ser formal").	O arquiteto define. Divide o pagamento e floieia a proposta para o cliente valorizar o preço. O cliente não discute devido ao desconhecimento.	O arquiteto define, mas às vezes é o cliente.
	A-7	o próprio cliente, construtoras.	SIM. Detalhamento, desenvolvimento de arquitetura, PL	Construtoras costumam ser as mesmas. Clientes particulares: amizade ou currículo.	no início do empreendimento ou com um programa prévio do empreendimento a ser melhorado e/ ou confirmado em reuniões.	Tem um padrão com escopo: APA, projeto inicial (PL), coordenação projetos de engenharia, PEA, DTA, AC, prazo (em aberto), custo.	Porcentagem para cada etapa de projeto. Parte do arquiteto mas é negociável. Valor de mercado.	Discutido com o cliente. Partes iniciais do projeto (até PL) são mais urgentes e definidos pelo cliente. PEA e DTA dependem do andamento da obra

OBS: Legenda: EPA – Estudo Preliminar de Arquitetura; APA – Anteprojeto de Arquitetura; PBA – Projeto Básico de Arquitetura; PEA – Projeto Executivo de Arquitetura; PL – Projeto Legal; DTA – Detalhamento de Arquitetura; AC – Acompanhamento do projeto na obra.

Segundo os entrevistados, confirmando informações presentes na revisão bibliográfica (capítulo 3), uma das maiores causas de problemas no processo de projeto se relaciona principalmente a dois fatores: valores e prazos de desenvolvimento dos projetos. Estes, quando insuficientes, afetam desde a etapa de planejamento até as fases de elaboração e análises críticas. Notou-se nas entrevistas que na construção civil há uma grande influência do mercado na definição dos custos e prazos dos projetos.

Segundo as empresas entrevistadas, um dos fatores que pode ter agravado a deterioração dos valores dos projetos se deve à escassez de empreendimentos que utilizam a estrutura metálica na construção civil. Esta, aliada a grande quantidade de profissionais que antigamente estavam se formando, fez com que existissem mais profissionais de projeto estrutural metálico do que oferta de trabalho, deteriorando o valor do projeto.

A escassez de empreendimentos de andares múltiplos em aço na construção civil e a má remuneração dos trabalhos acarretaram uma diminuição da oferta de profissionais especializados em aço no mercado da construção civil. Estes acabaram migrando para projetos estruturais de outros sistemas construtivos. Aliado a isto, a grande oferta de projetos industriais fez com que os profissionais que elaboram projetos estruturais em aço existentes se especializassem neste setor.

Segundo várias empresas entrevistadas, os profissionais que estão se formando em engenharia civil hoje, estão mais preocupados na área de gerenciamento, não se preocupando com o desenvolvimento dos projetos. Os que se desenvolvem dentro do setor de projetos, além de estarem voltados à construção convencional em concreto armado, onde a demanda é maior, se preocupam muito com o cálculo estrutural, sendo comum encontrar problemas na elaboração dos desenhos. É raro também encontrar novos profissionais de projeto estrutural que desenvolvam um projeto conceitual da estrutura previamente ao cálculo e também profissionais que desenvolvem detalhamento da estrutura metálica.

Desta forma os projetos existentes ficam a cargo de poucos profissionais especialistas no desenvolvimento de projetos estruturais metálicos. Isto, juntamente com prazos

restritos para o desenvolvimento dos projetos e a falta de equipes de projetos internas às empresas contratadas, acabam sobrecarregando as empresas de projeto estrutural metálico. Dentre estes fatores que impedem que as empresas de projeto mantenham profissionais internos estão: contratação esporádica das empresas de projeto; falta de vínculo entre empresas contratantes e empresas de projeto estrutural; alto custo para que as empresas de projeto mantenham equipes internas de projeto e baixos valores dos projetos. Para que estas consigam atender aos contratantes acabam realizando subcontratações de outros profissionais de projeto. A FIG. 5.1 esquematiza uma seqüência de causas e conseqüências de acontecimentos que podem favorecer a diminuição da qualidade do processo de projeto.



Figura 5.1. Sequência de acontecimentos que podem favorecer na diminuição da qualidade do processo de projeto

As subcontratações propiciam que o projeto estrutural acabe sendo desenvolvido por vários agentes. Esta fragmentação do processo produtivo facilita o desconhecimento por parte do profissional subcontratado do conjunto do projeto estrutural e sua relação com as demais especialidades técnicas de projeto. Aliado a estes fatores, a falta de uma relação de parceria e a contratação esporádica das empresas, faz com que as empresas subcontratadas não estejam ligadas à cultura da empresa contratante, acarretando em pouco comprometimento com o resultado final do empreendimento. Desta forma, as responsabilidades e interesses das empresas subcontratadas se reduzem ao desenvolvimento dos projetos a que foram contratados, o que pode favorecer a diminuição da qualidade do processo de projeto.

Para que as subcontratações sejam benéficas ao processo de projeto, faz-se necessário que, além de uma maior participação destas empresas no processo de projeto, sempre que possível, formar parcerias entre as empresas contratantes e subcontratadas. Além disto, deve-se haver uma maior preocupação com a compatibilização entre os projetos, uma vez que o processo de projeto poderá estar mais fragmentado. Devido ao fato da existência de mais empresas dentro do processo de projeto, problemas de comunicação e de relação entre profissionais podem ser agravados. Para que isto não ocorra, empresas de coordenação de projetos são ainda mais recomendadas em processos de projeto mais fragmentados.

Ainda na etapa de contratação das empresas envolvidas no processo de projeto, o perfil dos contratantes pode influenciar na desvalorização dos projetos. As empresas entrevistadas relataram com frequência a falta de capacidade de algumas empresas em contratar projetos de engenharia e em especificar corretamente os requisitos de projeto. Segundo elas, os gerentes das empresas responsáveis pelas contratações, na maioria das vezes, não têm conhecimento técnico para exercer esta função. São designados ao cargo não pelo conhecimento, mas sim devido a políticas internas das empresas contratantes.

Segundo as empresas entrevistadas, as empresas contratantes não conseguem mensurar o quanto um projeto com qualidade pode gerar em economia na construção do empreendimento. Confirmando afirmações salientadas na revisão bibliográfica, algumas

empresas entrevistadas afirmaram que “o projeto custa aproximadamente 5% do valor da obra e é onde é possível buscar uma economia no final da construção, mas os contratantes não enxergam isso”. Sendo assim, as empresas contratantes destinam poucos recursos para a aquisição de projetos, submetendo as empresas de projeto a um “leilão de projetos”. Como existem poucos projetos e as empresas precisam sobreviver, acabam aceitando esta imposição de preços pelo mercado. Além disto, o tempo destinado ao desenvolvimento dos projetos é pequeno enquanto o tempo de desenvolvimento de obra é grande. Deveria ser o contrário.

A falta de capacidade de algumas empresas contratantes em contratar projetos de engenharia relatada pelas empresas entrevistadas, também pode influenciar no tempo destinado aos projetos. Como os responsáveis pela contratação das empresas de projeto às vezes pertencem a áreas administrativas das empresas e não conhecem ou são pouco informados sobre a área técnica, não conseguem visualizar qual é o tempo necessário para o desenvolvimento dos projetos que estão contratando. Além disto, a necessidade de colocar as edificações a serem projetadas em operação o mais rapidamente possível, faz com que muitas vezes a etapa de projetos seja desenvolvida paralelamente à construção. Desta forma, não há tempo hábil para finalizar o projeto ou definir os equipamentos que serão utilizados. Não há verificação dos projetos. Desta forma, ocorrem perdas de peças que já estão sendo fabricadas ou são necessários reforços em estruturas já montadas.

[b] Escolha do sistema estrutural metálico

Um empreendimento que utiliza estrutura metálica deve ser concebido em estrutura metálica. Não se deve projetar a edificação com utilização da estrutura em concreto e posteriormente adaptá-la ao aço. Conforme previamente abordado na revisão bibliográfica (capítulo 3, item 3.4), o sistema estrutural metálico para que se torne economicamente viável à construção civil, exige alguns parâmetros específicos que devem ser abordados no início do processo de projeto, como por exemplo: modulação estrutural, padronização dos elementos estruturais, precisão milimétrica e facilidade de fabricação da estrutura. Confirmando afirmações abordadas no capítulo 3, item 3.4, para

algumas empresas entrevistadas, a utilização da estrutura metálica é decisiva para uma série de soluções, desde estéticas e construtivas, até com relação ao planejamento de projetos das diversas disciplinas técnicas, fluxo e cronograma da obra. Sendo assim, todos os detalhes devem ser resolvidos no início do projeto e para isso a escolha da utilização da estrutura metálica deve ocorrer no início do planejamento do empreendimento. Segundo ABECE (2007), durante as fases de apoio à concepção e definição do empreendimento, as empresas de projeto estrutural deveriam desenvolver análises comparativas das alternativas estruturais para que seja definido o sistema estrutural a ser adotado. Desta forma, os profissionais de projeto podem conceber o produto de acordo com os requisitos específicos da estrutura metálica e então, todas as potencialidades deste sistema construtivo podem ser abordadas corretamente, sem que haja desperdícios, retrabalhos e improvisações na obra.

Das 25 empresas entrevistadas (excluindo as empresas entrevistadas para o estudo de caso) 16 afirmaram que normalmente nos empreendimentos em que estes desenvolvem seus projetos, a escolha da estrutura metálica acontece no início do planejamento do edifício. Porém, destes casos, a grande maioria é destinada a indústrias siderúrgicas ou mineradoras, onde a escolha da estrutura metálica está implícita no uso da edificação. O que acontece com projetos de edifícios de andares múltiplos, é que quando se define pelo sistema construtivo metálico o processo de projeto já está bastante adiantado. Normalmente o empreendimento já foi concebido e o projeto arquitetônico já está bastante desenvolvido. Não se consegue ainda no início do empreendimento definir corretamente quais são os requisitos de projetos de empreendimentos que utilizam estrutura metálica. E assim, após a contratação da equipe de engenharia, após a análise de viabilidades técnicas e econômicas, é realizada a escolha pela estrutura metálica. Sendo assim, os muitos projetos desenvolvidos em concreto, são adaptados à estrutura metálica. Porém, não se consegue aproveitar todas as potencialidades da construção metálica desta forma.

Constatou-se que é muito rara a participação dos profissionais de engenharia estrutural e fabricantes de estrutura metálica na escolha do sistema estrutural dos empreendimentos. Isto pode ser comprovado também segundo as informações sobre a contratação destes,

abordada no item anterior. Como estes profissionais são contratados tardiamente ao processo de projeto, a estrutura metálica já está definida como sistema estrutural do empreendimento. No caso de empresas de projeto estrutural, 6 empresas das 11 entrevistadas não participam da escolha do sistema estrutural. No caso das empresas fabricantes de estrutura, em todas elas a estrutura metálica já está definida como sistema estrutural do empreendimento quando estas empresas recebem os projetos para o desenvolvimento dos seus projetos, fabricação e montagem da estrutura. Infelizmente, várias empresas de projeto estrutural, além de não participarem da escolha do sistema construtivo metálico, não souberam responder quem define pelo sistema estrutural metálico nos empreendimentos em que projetou a estrutura e o motivo pela escolha. Afirmaram que devido ao fato da escolha já estar definida quando o projeto chega para a empresa desenvolver o projeto estrutural, acabam não participando das etapas de planejamento e definição do empreendimento. Porém, pode-se perceber que, já no caso de empresas de arquitetura e de coordenação, estas têm grande influência e participam na escolha do sistema estrutural metálico. Como estes costumam ser os primeiros profissionais contratados, cabe a eles definir as características dos empreendimentos. Porém, grande parte das empresas entrevistadas afirmou que os profissionais de projeto podem prover informações sobre as potencialidades e deficiências de cada sistema estrutural, porém, baseado também no custo, quem realmente define é o patrocinador do empreendimento.

O alto custo da estrutura metálica foi citado pelas empresas entrevistadas como um dos principais entraves ao desenvolvimento da construção metálica na construção civil, com exceção dos empreendimentos industriais. Nestes, o custo do aço não é levado em consideração na escolha pelo sistema construtivo, pois a necessidade de colocar determinadas áreas em operação exige agilidade na construção. Isto, juntamente com o tipo de equipamento e uso da edificação, acaba favorecendo a utilização do aço nos empreendimentos industriais, mesmo que o custo deste sistema estrutural seja mais alto que os demais sistemas construtivos.

O motivo pelo qual acontece a escolha pela utilização da estrutura metálica pode ser bastante variado. Porém, grande parte das empresas entrevistadas afirmou que em

muitos casos a utilização deste sistema estrutural está implícita no tipo de uso do empreendimento. Algumas necessidades específicas de projeto também podem determinar a utilização da estrutura metálica, como principalmente: necessidade de grandes vãos e velocidade construtiva.

Um dos problemas citados pelas empresas entrevistadas que prejudicam na escolha por este sistema construtivo é a falta de sistemas construtivos complementares e industrializados que sejam compatíveis com a estrutura metálica, principalmente acabamentos e vedação. Segundo as empresas entrevistadas, a utilização destes ainda é pouco difundida e há pouca opção no mercado. Para estes, não existem informações suficientes sobre elementos industrializados de construção para subsidiar os projetos. Na grande maioria dos casos, apenas o sistema de lajes pré-fabricadas em concreto ou a laje *steel deck* são citados como sistemas industrializados utilizados juntamente à estrutura metálica. O que acontece com frequência é que, apesar de ser utilizado um sistema estrutural industrializado como a estrutura metálica, as demais etapas da construção acontecem utilizando sistemas convencionais não industrializados de construção. O sistema de vedação em alvenaria é um exemplo da não industrialização da construção. Este é largamente utilizado com a estrutura metálica e devido à forma manufatureira de execução desta, principalmente devido à falta de projetos para a produção, apresenta problemas de interfaces com a estrutura metálica e acaba atrasando o desenvolvimento da construção.

A TAB 5.2 apresenta uma síntese das respostas apresentadas com relação à escolha do sistema estrutural metálico em empreendimentos desenvolvidos pelas empresas entrevistadas.

Tabela 5.2. Escolha do sistema estrutural metálico

	CÓD.	ESCOLHA SISTEMA ESTRUTURAL						
		QUANDO DEFINE	PORQUE	QUEM DEFINE	PARTICIPA NA ESCOLHA	INFLUÊNCIA NO PROJETO / PARTICIPAÇÃO	SIST. INDUST.	
							S / N	QUAL
ESTRUTURAS	E-1	no início do empreendimento	está implícito no tipo de uso do empreendimento	A empresa que contrata define.	NÃO	não respondeu	SIM	laje e painel pré moldado
	E-2	já está definido quando o projeto chega para ele	está implícito no tipo de uso do empreendimento	Arquiteto e equipe de projetos provêm informações, mas quem define é o patrocinador do empreendimento	NÃO	Precisão de milímetro. Necessita de "boas técnicas de engenharia": fazer detalhe adequado que seja fácil de fabricar e que tenha o melhor comportamento estrutural possível.	-	-
	E-3	no início do empreendimento	está implícito no tipo de uso do empreendimento	Arquiteto e equipe de projetos provêm informações, mas quem define é o patrocinador do empreendimento	meio a meio	opina sobre o que é mais indicado para cada tipo de construção e ajuda na definição da modulação.	SIM	painel de vedação, lajes steel deck, pré-moldados de concreto.
	E-4	no início do empreendimento	está implícito no tipo de uso do empreendimento.	Arquiteto e equipe de projetos provêm informações, mas quem define é o patrocinador do empreendimento principalmente baseado no custo.	às vezes	tem que nascer metálico. Arquitetos são grandes direcionadores do aço. Já chega definido aos profissionais, mas quando o cálculo não está pronto eles influenciam.	NÃO	-
	E-5	já está definido quando o projeto chega para ele			NÃO	-	NÃO	-
	E-6	já está definido quando o projeto chega para ele			NÃO	Projeta o conceito da estrutura. Detalhe de como vai ser feito.	NÃO	-
	E-7	Durante o estudo de viabilidade	O tipo de projeto pede, mas o que define é custo e prazo.	O cliente pede para estudar opções e define.	SIM	pensar em todos os detalhes no início do projeto.	SIM	pré-moldados de concreto.
	E-8	já está definido quando o projeto chega para ele			NÃO	pensar em todos os detalhes no início do projeto.	SIM	lajes steel deck
	E-9	já está definido quando o projeto chega para ele	Prazo e tipo de construção. Edificações industriais: culturalmente metálica. Preço não influencia	já está definido quando chega para ele	NÃO	tem que nascer metálico. Pensar em todos os detalhes no início do projeto.	NÃO	-
	E-10	Durante o estudo de viabilidade do empreendimento.	prazo e características da construção. Porém o preço é decisivo na escolha (pode inviabilizar).	Arquiteto e equipe de projetos provêm informações, mas quem define é o patrocinador do empreendimento principalmente baseado no custo.	SIM. Faz estudos para identificar custos e benefícios.	cuidados arquitetônicos ao fazer um prédio de andares múltiplos em aço (comercial e residencial): encontro alvenaria e estrutura devido ao comportamento deferente dos materiais.	NÃO pouco	painel de vedação
	E-11	no início do empreendimento	está implícito no tipo de uso do empreendimento	Arquiteto e equipe de projetos provêm informações, mas quem define é o patrocinador do empreendimento	SIM	tem que nascer metálico	NÃO	-
FABRICANTE	F-1	Já está definido quando chega à empresa.			NÃO	Não participa no projeto arquitetônico.	SIM	laje steel deck
	F-2	Já está definido quando chega à empresa. Às vezes chega um projeto a ser orçado em aço e que também é orçado em concreto e então se define pelo sistema construtivo devido ao tipo de obra e necessidades de projeto.			Eventual	Existem obras potencialmente metálicas e outras potencialmente em concreto armado. Eventualmente participa do projeto arquitetônico (consultorias prévias).	SIM	laje steel deck
	F-3	Já está definido quando chega à empresa. A escolha da estrutura está implícita no tipo de edificação.			NÃO	Não participa no projeto arquitetônico. Faz detalhamento e fabricação. Às vezes montagem.	SIM	Já vem especificado. Laje steel deck.

Tabela 5.2. Escolha do sistema estrutural metálico (continuação)

	CÓD	ESCOLHA SISTEMA ESTRUTURAL					SIST INDUST.	
		QUANDO DEFINE	PORQUE	QUEM DEFINE	PARTICIPA NA ESCOLHA	INFLUÊNCIA NO PROJETO / PARTICIPAÇÃO	S / N	QUAL
ARQUITETURA	A-1	No início do projeto	Necessidade de projeto. Vãos grandes.	Arquiteto ou cliente final	SIM	Pensar na construção inteira, nos detalhes, nas interferências com projetos de engenharia.	SIM	Lajes pré-moldadas, painel de fechamento em chapa de aço e Dray Wall.
	A-2	chega pronto ao arquiteto	está implícito no tipo de uso do empreendimento (obras industriais)	A cooperativa	NÃO	modulação do projeto arquitetônico	NÃO	-
	A-3	No início do projeto	estrutura se encaixa às questões funcionais de edifícios institucionais e tempo curto do empreendimento	Arquiteto	SIM	Desafio, mas conseguiu tirar partido da estrutura e não ficar preso a ela.	NÃO	-
	A-4	Antes da necessidade do empreendimento. Estudo de projeto para edificação em aço (modelo).	Disseminação da utilização do aço na construção civil.	Arquiteto, Coordenador e empresa fabricante de aço.	SIM	Pensado para ser em aço. Delimitador do projeto (devido ao projeto ser um estudo-modelo). Necessidade de maior conhecimento da estrutura. Limitou a arquitetura. Limitador: custo final do empreendimento e conhecimento limitado sobre estrutura metálica	NÃO	-
	A-5	No início do projeto. Nasce em aço.	Surge na interpretação do programa, de acordo com as necessidades de projeto (demanda de vãos, esbeltez, velocidade de construção).	Arquiteto	SIM	O edifício tem que ser pensado para ser em aço. Delimitador do projeto. Possibilita ao arquiteto sair da rotina. É provocador e instigante trabalhar com estrutura metálica. Obra com personalidade.	SIM	criação do próprio arquiteto que se apropria de todo tipo de tecnologia. Não existe "autopeça" para estrutura metálica.
	A-6	No início do projeto	Gostaria de fazer uma construção High tech. Possível com o aço.	Arquiteto	SIM	É a base, tudo parte dela. A estrutura é aparente. Possibilita sair do convencional.	NÃO	-
	A-7	No início do projeto. Nasce em aço.	Condições de projeto exigem que seja metálico. Uma série de circunstâncias, juntamente com custo, levam à escolha do aço.	Arquiteto juntamente com a engenharia e setores comerciais das empresas contratantes (orçamentos)	SIM	Total. É decisivo em uma série de soluções: estéticas, construtivas, no planejamento de projetos de engenharia, fluxo e cronograma da obra. Não se deve desenvolver pré definições utilizadas com projetos convencionais em concreto.	SIM	Peças complementares em pré moldado de concreto, steel deck e dry wall.
CONSTRUTOR	C-1	no início do empreendimento	estrutura mais leve, sistema de paredes da construtora é próprio para o sistema metálico	Construtora	SIM	Argumenta e influencia na escolha do sistema metálica	SIM	Paredes externas em granito. Dray Wall. Steel Deck. Redução do peso em 15%. Utilização de shafts.
	C-2	no início do empreendimento	Prédio modelo (estudo)	Arquiteto e coordenador	NÃO	Viabilizou a construção do modelo.	NÃO	-
COORDENADOR	CO-1	Empreendimento iniciou com escolha da estrutura metálica.	Necessidade de verificar a possibilidade/ viabilidade de uma edificação modelo (padrão) de aço em um lote padrão	Arquiteto, coordenador e empresa fabricante de aço.	SIM	Participação na concepção inicial (idéia do empreendimento).	NÃO	-
	CO-2	no início do empreendimento ou após EPA (Estudo Preliminar de Arquitetura) com a definição de orçamentos e viabilidades.	Prazo e necessidades específicas de projeto	Arquiteto e equipe de projetos provêm informações, mas quem define é o patrocinador do empreendimento	SIM	Raciocínio em milímetros. Dificuldades: ligação entre alvenaria e estrutura metálica; vedação da interface alvenaria-estrutura; especificação de material de acabamento quando este fica parte na estrutura e parte na vedação. Calculista não conhece de materiais de acabamento e pessoal de acabamento não conhece de estrutura metálica. Mudou bastante arquitetura por causa de acabamentos.	NÃO	-

[c] Requisitos de projeto

Segundo Melhado & Cambiaghi (2006) as empresas de projeto, para desenvolverem projetos considerados de qualidade, devem identificar corretamente as necessidades, restrições e expectativas dos clientes para o desenvolvimento, análise crítica, verificação, validação e avaliação dos resultados dos projetos. Estas necessidades, expectativas e restrições serão chamadas a partir deste ponto de *requisitos para o projeto*. Estes podem ser declarados pelo contratante e incluir requisitos de entrega e pós-entrega do projeto; estar implícitos, não sendo declarados pelo contratante e serem requisitos de normas técnicas, regulamentos ou legislações.

As 11 empresas de projeto estrutural, quando questionadas sobre quais são os requisitos necessários para o desenvolvimento dos seus projetos, afirmaram que são: necessidades dos clientes (4 empresas); normas nacionais e internacionais (3 empresas); projeto de arquitetura (4 empresas) e especificações técnicas de equipamentos e carregamentos (6 empresas). Estes, segundo as empresas entrevistadas, podem chegar desenvolvidos à empresa de projeto estrutural ou mesmo estarem definidos pelo projeto de arquitetura ou pela engenharia básica. É rara a realização de reuniões destes profissionais com os clientes finais para esclarecimento ou elaboração do programa de necessidades (apenas 3 empresas).

Segundo algumas empresas, os requisitos de projetos são mal definidos pelas empresas contratantes, principalmente quando se utiliza estrutura metálica. Esta falha no processo de projeto de empreendimentos metálicos pode ocorrer devido a vários motivos. Para as empresas entrevistadas, as empresas contratantes têm pouco conhecimento do que necessitam, não sendo capazes de contratar corretamente os serviços de engenharia. Não conhecem o sistema construtivo metálico. Também não valorizam a etapa de projetos não encarando-a como estratégica para o desenvolvimento de um empreendimento com qualidade. Sendo assim, não contratam todos os profissionais de projeto na etapa de planejamento da construção. Desta forma, em projetos de andares múltiplos, apenas os arquitetos são contratados no início do empreendimento e participam do desenvolvimento do programa de necessidades. Os profissionais de projeto estrutural

são contratados somente após o desenvolvimento de algumas etapas do projeto arquitetônico. E, às vezes, são subcontratados de grandes empresas de projeto, não conseguindo um contato direto com o cliente, não possuindo uma visão de todo o conjunto do empreendimento. Sendo assim acabam sendo obrigados a resolver durante o projeto questões mal esclarecidas nos programas de necessidades devido ao fato dos requisitos de projeto não serem especificados corretamente. Portanto, é importante que o responsável pelo desenvolvimento do projeto estrutural metálico esteja presente nas reuniões que definem o programa de necessidades dos empreendimentos que utilizem estrutura metálica.

Para Melhado & Cambiaghi (2006), os requisitos de projeto devem ser formalizados e registrados em um documento chamado programa de necessidades ou *briefing*. Este deve englobar todos os parâmetros e exigências a serem abordados pelo empreendimento a ser projetado. Deve ser validado pelo contratante e continuamente atualizado. Caso o contratante apresente um programa de necessidades previamente elaborado, cabe à empresa de projeto contratada analisá-lo e verificar sua completude. O programa de necessidades deve ser desenvolvido com critério a partir de uma especificação completa de todos os requisitos de projeto. Quanto mais completo estiver, menor a chance de haver alterações no programa de necessidades devido a mudanças nos requisitos de projeto. Devem ser desenvolvidos e validados pelos contratantes antes do início do desenvolvimento dos projetos para garantir que desde a concepção, os projetos serão de qualidade, pois estarão atendendo as necessidades e expectativas dos clientes.

Das 25 empresas entrevistadas (excluindo as empresas entrevistadas no estudo de caso), 16 empresas responderam que desenvolvem seus projetos a partir de algum documento formal que aborda as necessidades dos projetos. Porém com o desenvolvimento das entrevistas, ficou claro que quando existe um programa de necessidades formal do empreendimento, este é focado no desenvolvimento do projeto de arquitetura e não engloba aspectos relativos aos requisitos necessários aos demais projetos (estrutural metálico e das demais disciplinas técnicas). Pode-se perceber também que as empresas de arquitetura não mencionam como requisitos para o desenvolvimento dos seus

projetos as informações sobre a estrutura metálica. Desta forma, estas informações não fazem parte do programa de necessidades do empreendimento (quando este existe). Desta forma, as potencialidades da estrutura metálica não são consideradas na concepção do projeto arquitetônico.

Pode-se perceber que grande parte das empresas de projeto estrutural considera como programa de necessidades formal do empreendimento o projeto de arquitetura. Considerando que o projeto de arquitetura, por mais completo que esteja, pode não englobar ou explicitar todas as necessidades dos clientes para o desenvolvimento do projeto estrutural, para a análise das respostas das entrevistas estes não serão considerados como programa de necessidades. Sendo assim, apenas 4 empresas que desenvolvem o projeto estrutural seguem um programa de necessidades formal do empreendimento. Algumas empresas consideram como programa de necessidades formal as atas das reuniões com os clientes. Algumas poucas empresas desenvolvem reuniões com os clientes para destrinchar ou esclarecer dúvidas sobre o programa de necessidades. Raramente as empresas de projeto estrutural participam do desenvolvimento do programa de necessidades (4 empresas entrevistadas). Quem realmente o elabora acaba sendo a empresa de arquitetura.

Com relação à validação do programa de necessidades, 14 das 16 empresas que utilizam um programa formal, chegam a realizar uma validação deste com o cliente. Esta validação ocorre através de atas de reunião ou assinando a proposta comercial, quando o programa formal está discriminado nesta.

As alterações nos requisitos de projeto, caso aconteçam após o início do desenvolvimento dos projetos, podem implicar em grandes retrabalhos. Por isso, devem ser ponderadas para que apenas as alterações extremamente necessárias sejam adotadas. Segundo Melhado & Cambiaghi (2006), caso haja alterações nestes requisitos, a documentação correspondente deve ser complementada e os profissionais envolvidos devem ser informados.

Com relação aos projetos desenvolvidos pelas empresas entrevistadas, 20 das 25 empresas entrevistadas (excluindo as empresas do estudo de caso) responderam que há alterações nos requisitos dos projetos. Estes acontecem principalmente devido a mudanças nas necessidades dos clientes e alterações nas especificações dos equipamentos a serem abrigados pelo empreendimento. Porém, investigações superficiais das necessidades de projeto, durante a confecção do programa de necessidades, também são apontados como prováveis causas das mudanças nos requisitos dos projetos. Normalmente acontecem com grande parte dos projetos em andamento e bastante avançados gerando retrabalhos, revisões e, às vezes, improvisações na obra. Segundo as empresas entrevistadas, quando acontecem alterações nos requisitos dos projetos, o prazo para entrega destes raramente é modificado. Desta forma, podem favorecer o surgimento de incompatibilizações entre disciplinas de projeto, pois nem todos os profissionais são avisados a tempo ou conseguem se adequar aos novos requisitos antes do início da construção.

Segundo as empresas de coordenação de projeto entrevistadas, o cliente modifica o que ele quer à medida que o projeto evolui. As empresas de coordenação têm que garantir que o escopo previsto no contrato seja cumprido. Porém, deve-se ter cuidado ao identificar as necessidades dos clientes. Ao desenvolver o programa de necessidades é importante identificar quais as necessidades dos clientes e o que pode ser feito em termos de custo, prazo, exigências legais, etc. É importante salientar ao cliente as conseqüências das mudanças solicitadas por ele.

A TAB 5.3 apresenta uma síntese das respostas apresentadas com relação aos requisitos para o desenvolvimento dos projetos desenvolvidos pelas empresas entrevistadas.

Tabela 5.3. Requisitos para o desenvolvimento dos projetos

CÓD	REQUISITOS PARA PROJETO					SOFREM ALTERAÇÕES	
	QUAIS SÃO	COMO SÃO DEFINIDOS	PROGRAMA FORMAL				
			EXISTE (S/N)	PARTICIPA DO DESENVOLVIMENTO	CLIENTE VALIDA (S/N)		
ESTRUTURAS	E-1	arquitetura, normas brasileira e internacionais	projeto arquitetônico e engenharia básica	SIM	Cliente e profissionais	SIM	SIM
	E-2	normas, especificações técnicas e arquitetura.	projeto arquitetônico e engenharia básica	SIM	NÃO	NÃO	SIM. Mudança de equipamentos.
	E-3	normas, especificações técnicas e arquitetura.	projeto arquitetônico e engenharia básica. Cliente informa normas específicas.	SIM	SIM, junto com o arquiteto e o cliente	SIM	SIM. O que geram revisões e incompatibilizações. Prazo não muda.
	E-4	necessidades dos clientes.	arquitetura define	SIM	NÃO	SIM	SIM
	E-5	carregamentos, equipamentos	Já chegam prontos à empresa.	SIM	NÃO	SIM por reuniões.	SIM
	E-6	necessidades dos clientes.	Conversa com o cliente, vai ao local da obra fazer levantamentos, pesquisa documentos.	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
	E-7	necessidades dos clientes.	Reuniões com os clientes.	SIM	SIM, junto com o cliente	SIM	SIM
	E-8	Projeto de arquitetura e caderno anexo com especificações.	recebe pronto	SIM	NÃO	SIM	NÃO
	E-9	necessidades dos clientes.	São mal definidos pelos contratantes	NÃO	NÃO	NÃO	SIM. Mudança de equipamentos.
	E-10	Equipamentos delimitam o caminho.	chega um layout.	NÃO	NÃO	NÃO	-
	E-11	finalidade da estrutura, quais equipamentos serão abrigados e requisitos destes equipamentos (carga, peso, impacto).	reuniões de esclarecimento, através de experiências de projetos anteriores. Faz um <i>check list</i> de alguns pontos e discutem com o cliente para tentar abranger tudo.	NÃO. Falou que é consolidado no anteprojeto	Usuários da edificação e profissionais.	NÃO	SIM
ARQUITETURA	A-1	necessidades dos clientes.	reuniões com os clientes.	SIM. Proposta comercial com pré-dimensionamento dos ambientes	SIM. Feito junto com o cliente.	SIM. Assinando a proposta.	-
	A-2	necessidades dos clientes, legislação específica da empresa contratante e do município	reuniões com os clientes e cooperativa.	SIM	SIM	SIM	NÃO
	A-3	necessidades dos clientes, aspectos legais.	reuniões com os clientes	SIM	Em parte. Recebe pronto algumas vezes, mas destrincha através de reunião	SIM. Assinando a proposta.	NÃO
	A-4	necessidades dos clientes (mercado), custo final da edificação, estrutura aparente.	Cliente, mercado e padrão Caixa Econômica Federal.	NÃO	faz internamente.	NÃO	-
	A-5	necessidades dos clientes	Tudo é discutido. Tudo se define a partir de reuniões.	SIM	SIM	SIM	-
	A-6	necessidades dos clientes	Em reuniões. Tem que "fazer uma leitura dos clientes"	NÃO	NÃO	NÃO	-
	A-7	necessidades dos clientes	Às vezes o programa já chega pronto e tem que ser ajustado através de reuniões.	SIM (ata de reunião)	SIM, em parte. Nas reuniões iniciais.	NÃO	SIM, após AP
CONST.	C-1	Exigências legais, necessidades dos clientes.	reuniões com os clientes	NÃO	NÃO	NÃO	Pode sofrer. Os projetos são refeitos.
	C-2	Necessidade de mercado (demanda).	Identificado pelo setor de vendas. Definido pela construtora.	NÃO	NÃO	NÃO	-

Tabela 5.3. Requisitos para o desenvolvimento dos projetos (continuação)

CÓD	REQUISITOS PARA PROJETO						
	QUAIS SÃO	COMO SÃO DEFINIDOS	PROGRAMA FORMAL			SOFREM ALTERAÇÕES	
			EXISTE (S/N)	PARTICIPA DO DESENVOLVIMENTO	CLIENTE VALIDA (S/N)		
COORDENAÇÃO	CO-1	Necessidade do mercado.	pesquisa de mercado, estudo de viabilidade e legislação.	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
	CO-2	Programa do empreendimento	reuniões técnicas com a equipe do cliente, usuário da edificação e o cliente final.	SIM	SIM	SIM. Etapa remunerada.	SIM. O cliente muda o que ele quer. Podem surgir mudanças importantes que podem comprometer o desempenho da edificação.
FABRICANTES	F-1	Finalidade do projeto. Necessidade dos vãos. Projeto arquitetônico. Normas.	Chega já definido, mas faz reuniões para clarear idéias.	SIM. Atas de reunião	SIM	SIM	SIM
	F-2	Respeitar a arquitetura, normas técnicas e cargas dependendo do uso.	O arquitetônico define (90%) as dúvidas são retiradas e informações são completadas (principalmente de cargas) em reuniões.	SIM	SIM	SIM. Procedimento de segurança / garantia.	SIM
	F-3	Especificações exclusivas dos clientes, as normas a serem adotadas (legislação internacional específica)	Vêm no projeto arquitetônico ou já vêm padronizados (cliente internacional ou edital de licitação) ou é definido por reuniões.	SIM	SIM	SIM	SIM, devido à alterações das necessidades do cliente

5.2 Desenvolvimento do projeto estrutural metálico

A análise do desenvolvimento de projetos estruturais metálicos, pode ser subdividida em três itens macros: (a) *análise das entradas* para o desenvolvimento do projeto estrutural metálico; (b) *análise da elaboração* do projeto estrutural metálico e (c) *análise das saídas* do projeto estrutural metálico.

[a] Análise das entradas do projeto estrutural metálico

As entradas necessárias para o desenvolvimento do projeto estrutural metálico são definidas de acordo com o serviço que é executado pelos engenheiros de projeto estrutural e fabricantes da estrutura metálica. Por exemplo, algumas empresas de projeto estrutural desenvolvem todo o projeto estrutural desde estudos preliminares da estrutura até o detalhamento estrutural e projetos de fabricação e montagem da estrutura. Outras desenvolvem apenas a etapa de detalhamento da estrutura ou apenas as etapas de fabricação e montagem.

O que se pode perceber nas entrevistas é que é rara a participação dos engenheiros estruturais nas etapas iniciais de planejamento do empreendimento. Conforme salientado no item 5.1, a grande maioria das empresas de projeto estrutural é contratada após o início do projeto de arquitetura. Desta forma, as necessidades dos clientes raramente são abordadas como entradas ao projeto estrutural. Além disto, as necessidades do projeto estrutural metálico não costumam fazer parte dos requisitos de projeto e do programa de necessidades. O programa de necessidades acaba sendo utilizado como entrada apenas no projeto arquitetônico. Da mesma forma como abordado no item anterior de requisitos dos projetos, pode-se perceber também que as empresas de arquitetura não mencionam como entradas aos seus projetos as informações do projeto estrutural ou consultorias sobre estrutura metálica previamente ao desenvolvimento dos seus projetos. Desta forma, raramente todas as potencialidades da estrutura metálica são consideradas na concepção do projeto arquitetônico.

A legislação e as normas necessárias ao desenvolvimento do projeto estrutural, apesar de terem sido bastante citadas enquanto requisitos para o desenvolvimento do projeto estrutural, não foram mencionadas como entradas ao projeto estrutural. As informações retroalimentadas de projetos anteriores são utilizadas apenas pelo *know-how* da grande maioria dos entrevistados, não existindo nenhum procedimento formal para obtenção e registro destas informações.

No caso de empreendimentos considerados de andares múltiplos, as empresas de projeto estrutural acabam desenvolvendo os seus projetos a partir dos primeiros estudos do projeto arquitetônico, com este já bastante evoluído ou mesmo tendo sido aprovado nos órgãos competentes. Neste caso, os projetos utilizados como entradas para o desenvolvimento dos projetos estruturais metálicos são Anteprojeto de Arquitetura (APA), Projeto Legal (PL) ou mesmo o Projeto Básico de Arquitetura (PBA)¹⁸.

Com exceção dos projetos destinados a empreendimentos industriais, nenhuma empresa de projeto estrutural mencionou a utilização de informações de outros projetos de engenharia como entradas necessárias ao desenvolvimento do projeto arquitetônico. Segundo algumas empresas, os projetos das demais disciplinas técnicas devem ser adaptados ao projeto estrutural, e não enxergam que, caso soubessem das necessidades das outras especialidades técnicas, o projeto estrutural poderia, além de diminuir o tempo de desenvolvimento dos projetos, ajudar a melhorar a qualidade global do

¹⁸ Segundo o Manual de Escopo de Serviços de Arquitetura e Urbanismo da AsBEA – Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura (AsBEA, 2007), o projeto arquitetônico pode ser compreendido de 6 grandes fases: (a) Concepção do Produto, que corresponde à etapa de Estudo Preliminar (EPA) na NBR 13.531; (b) Definição do Produto, que corresponde à etapa de Anteprojeto (APA) na NBR 13.531; (c) Identificação e Solução de Interfaces que corresponde à etapa de Projeto Básico (PBA); (d) Detalhamento das Especialidades, que corresponde ao Projeto Executivo (PEA) na NBR 13.531, (e) Pós-entrega do projeto e (f) Pós-entrega da obra. Na fase destinada à concepção do produto, é caracterizado o partido arquitetônico e urbanístico, as soluções das edificações e de implantação segundo algumas premissas básicas. Subdivide-se em levantamento de dados (LV), programa de necessidades (PN) e estudo de viabilidade (EV). Na fase de definição do produto, o partido arquitetônico e os demais elementos do empreendimento são consolidados e são definidas todas as informações necessárias à elaboração dos projetos legais. Nesta etapa também está incluído o desenvolvimento do projeto legal (PL) que será aprovado nos órgãos competentes. Na fase de Identificação e Solução de Interfaces acontece a compatibilização com as outras especialidades técnicas. Na fase de Detalhamento das Especialidades, são executados os detalhamentos de todos os elementos do empreendimento. A Pós-entrega do projeto tem como objetivo garantir a plena compreensão e utilização das informações de projeto, bem como sua aplicação correta nos trabalhos de campo. A Pós-entrega da obra tem como objetivo analisar e avaliar se o projeto atendeu as expectativas do empreendedor e de ocupação dos usuários.

processo de projeto e do empreendimento como um todo. O manual da ABECE (2007), descreve com detalhes todas as entradas necessárias as várias etapas do projeto estrutural. Além dos projetos arquitetônicos, são necessários vários outros, como: instalações, projeto de produção, geotécnica, dados de estudos de viabilidade técnica e econômica, impermeabilizações, sistemas construtivos, etc.

Já no caso de empreendimentos industriais, não há o desenvolvimento do projeto de arquitetura. Todas as informações são apresentadas aos projetistas através de um projeto básico de engenharia, conceitual. Inclui dimensão e posicionamento da edificação, especificação técnica dos equipamentos, carregamentos e informações sobre o terreno (topografia e sondagem). Às vezes o projeto mecânico de equipamentos também é considerado como entrada ao desenvolvimento do projeto estrutural de empreendimentos industriais. Caso o empreendimento a ser projetado seja uma ampliação de uma edificação já existente, é necessário que o engenheiro de estruturas também receba um levantamento e desenhos pré-existentes da edificação já construída.

Quando a empresa de estruturas é responsável apenas pelo detalhamento do projeto estrutural, desenvolvido no Projeto Executivo de Estruturas (PEE)¹⁹, utilizam como entradas do Projeto Básico de Estruturas (PBE), memorial descritivo e memorial de cálculo. Estes também são utilizados pelas empresas de fabricação no desenvolvimento dos projetos de fabricação (PFE) e montagem (PME) da estrutura.

As empresas de projeto estrutural entrevistadas, em sua maioria, utilizam o padrão imposto pelo cliente contratante com relação à nomenclatura dos arquivos e de desenvolvimento dos projetos (especificações de penas, formatos, etc). Quando o contratante não impõe nenhum padrão, grande parte das empresas de projeto estrutural entrevistada utiliza um padrão próprio.

Com relação à qualidade das informações de entrada aos projetos de estruturas metálicas, 09 das 11 empresas de projeto estrutural entrevistadas não consideram as

¹⁹ A definição das fases do projeto estrutural estão descritas no capítulo 3 item 3.5.1

informações claras completas ou detalhadas. Para elas existem vários problemas que se resumem em informações insuficientes, incoerentes e incorretas. Segundo os entrevistados, as especificações são ruins. É comum serem copiadas de outros projetos se tornando sem sentido para o projeto atual. Existem conflitos entre as informações apresentadas nas plantas, cortes e elevações. Faltam informações das interfaces com os projetos das demais disciplinas técnicas. É possível encontrar erros em cotas e escalas. Erros no cálculo dos projetos estruturais utilizados no desenvolvimento do detalhamento da estrutura também são comuns. As empresas de projeto estrutural entrevistadas acreditam que os problemas da má qualidade apresentados nas entradas dos seus projetos podem ter várias causas como: pouco tempo de desenvolvimento do projeto, que implica na não revisão dos projetos de entrada; fragmentação das equipes de projeto, que impede que os profissionais tenham uma visão do conjunto do processo de projeto e definição tardia dos fornecedores dos equipamentos utilizados em empreendimentos. Confrontando as informações das entradas do projeto estrutural metálico com as informações obtidas junto aos arquitetos com relação às saídas do projeto arquitetônico (item, 5.2.c; TAB. 5.6), pode-se perceber uma discrepância nas informações e falta de retroalimentação em todo o processo de projeto. No caso das empresas de arquitetura entrevistadas, todas consideram seus projetos claros, completos e detalhados. Algumas delas acreditam que podem melhorar apenas com relação ao detalhamento do projeto arquitetônico. Não recebem nenhum retorno das empresas de projeto estrutural sobre a má qualidade das informações contidas no projeto arquitetônico. As empresas de arquitetura também não realizam uma pesquisa sobre a satisfação dos clientes e não encaram o projeto estrutural como cliente interno do projeto arquitetônico dentro de todo o processo de projeto. Apesar de grande parte das empresas de arquitetura afirmarem que utilizam algumas informações de projetos antigos no desenvolvimento dos novos projetos, a retroalimentação é equivocada a partir do momento em que problemas encontrados pelos clientes internos ao processo de projeto não são relatados às empresas de arquitetura. Desta forma os mesmos erros se repetem, impedindo que se aumente a qualidade das edificações metálicas.

Para que sejam esclarecidas as dúvidas com relação às entradas para o desenvolvimento do projeto estrutural metálico, as empresas têm o hábito de se reunirem com os

profissionais que desenvolveram os projetos de entrada. Também realizam consultas via telefone e e-mail. Apenas 9 das 25 empresas entrevistadas (excluindo as empresas do estudo de caso) não registram as informações destas reuniões. Apenas 7 das 14 empresas responsáveis pelo projeto estrutural e pela fabricação da estrutura metálica entrevistadas têm o hábito de visitar o canteiro de obra antes do desenvolvimento de seus projetos.

A TAB 5.4 apresenta uma síntese das respostas apresentadas com relação às entradas do projeto estrutural metálico em empreendimentos desenvolvidos pelas empresas entrevistadas.

Tabela 5.4. Análise das entradas dos projetos

COD.	DOCUMENTOS NECESSÁRIOS				REUNIÕES		VISITA OBRA ANTES PROJETO	RETRO ALIMENT. (S/N). COMO?	
	QUAIS SÃO	CLAROS COMPLETOS DETALHADOS	MAIOR PROBLEMA	NOMENCLATURA (CONTRATANTE OU PRÓPRIA)	SIM / NÃO	REGISTRO (S/N)			
ESTRUTURAS	E-1	projeto arquitetônico e engenharia básica	SIM	-	Segue o padrão do cliente. Caso não tenha, é utilizado o próprio padrão.	SIM	SIM	raramente	SIM informalmente (Know-how)
	E-2	projeto conceitual e especificações.	variado	Especificações são ruins. Copiadas de outros projetos às vezes sem sentido.	Segue o padrão do cliente. Caso não tenha, é utilizado o próprio padrão.	SIM	NÃO	eventualmente. Mais é importante pois muda a visão do projetista.	SIM informalmente (Know-how)
	E-3	especificação técnica, arquitetura ou arranjo básico (quando é edifício industrial que não tem arquitetura), cargas	variado	incompletos, falta de escalas, conflitos nas informações, cortes incompatíveis, cotas erradas. Maior causa: prazos apertados não havendo revisões.	Segue o padrão do cliente, mas acrescenta a nomenclatura própria. Caso não tenha, é utilizado o próprio padrão.	SIM	SIM	SIM	SIM informalmente (Know-how)
	E-4	PBA e equipamentos com cargas e pesos. No caso de DTE: PBE (com especificação de material), memória de cálculo.	NÃO	Equipes fragmentadas: cada profissional faz um pedaço do projeto sem a visão do conjunto. Falta de informações no início do desenvolvimento do projeto estrutural das interfaces entre projetos.	Segue o padrão do cliente. Caso não tenha, é utilizado o próprio padrão.	SIM	SIM	às vezes quando tem que fazer levantamento (raro)	SIM informalmente (Know-how)
	E-5	Memorial descritivo, desenhos base (PBE)	SIM	-	Segue o padrão do cliente.	SIM	SIM	SIM	SIM informalmente (Know-how)
	E-6	Autorização formal da empresa contratante, desenhos de projetos pré-existentes caso tenha alguma coisa já construída ou projeto arquitetônico.	NÃO	Projeto arquitetônico apenas dá uma idéia. É bom que não seja totalmente detalhado, pois assim liberdade ao projetista estrutural para propor alternativas para melhorar a edificação (em termos estruturais).	Segue o padrão do cliente, mas acrescenta a nomenclatura própria. Caso não tenha, é utilizado o próprio padrão.	SIM	NÃO	SIM	SIM. Revê coisas feitas anteriormente.
	E-7	layout definido, regras de utilização, arranjo de equipamentos, APA.	SIM	Falta de dados mais detalhados. Tem que destrinchar as interfaces entre estrutura e arquitetura durante o desenvolvimento do projeto estrutural.	Segue o padrão do cliente juntamente com a nomenclatura própria.	SIM	SIM	NÃO	SIM informalmente (Know-how)
	E-8	Carregamentos. PBE ou APA	Nem sempre. Tem que retirar dúvidas com os clientes.	Faltam informações e especificações de equipamentos. Fornecedores dos equipamentos são definidos tardiamente ao projeto.	Segue o padrão do cliente.	SIM	às vezes ata	NÃO	SIM informalmente (Know-how)
	E-9	PBE (arquitetura da indústria), e especificações.	NÃO	Falta tudo. Só quem desenvolveu é capaz de entender o projeto. Tem que decifrar. Erros de projeto e de cotas. Erros de escala. Erros graves de cálculo.	Segue o padrão do cliente.	SIM	NÃO	SIM	SIM informalmente (Know-how)
	E-10	Sondagem, informações dos equipamentos, layout	NÃO	Só recebem o conceito. Tem que buscar informações	Segue o padrão do cliente.	SIM	SIM, atas	SIM	SIM informalmente (Know-how)
	E-11	desenho básico, APA, mecânica ou equipamento.	Nem sempre	Profissionais não têm tempo de projetar, falta maturação das idéias e então as informações são conflitantes.	Contratante e própria (pelo nº do contrato)	e-mail e telefone	NÃO	SIM	SIM informalmente (Know-how)
CONST.	C-1	Documentos de terreno e de prefeitura que são entregues pelos clientes.	-	-	Sem padrão	SIM	NÃO	SIM	SIM informalmente (Know-how)
	C-2	-	-	-	Própria	SIM	SIM	Alguns arquitetos	SIM

OBS: Legenda: APA – Anteprojeto de Arquitetura; PBA – Projeto Básico de Arquitetura; PBE – Projeto Básico de Estruturas; DTE – Detalhamento Estrutural

Tabela 5.4. Análise das entradas dos projetos (continuação)

COD.	DOCUMENTOS NECESSÁRIOS				REUNIÕES		VISITA OBRA ANTES PROJETO	RETRO ALIMENT. (S/N). COMO?	
	QUAIS SÃO	CLAROS COMPLETOS DETALHADOS	MAIOR PROBLEMA	NOMENCLATURA (CONTRATANTE OU PRÓPRIA)	SIM / NÃO	REGISTRO (S/N)			
ARQUITETURA	A-1	Necessidades dos clientes	-	o cliente não sabe o que quer	-	SIM	SIM. Proposta comercial	Às vezes	NÃO
	A-2	Necessidades dos clientes	SIM, desde que extraídos em reunião preliminar diretamente com o cliente	o cliente não sabe o que quer	Cientes particulares: própria. Cooperativa: padrão da siderúrgica	SIM	SIM. Proposta comercial	Cientes particulares: SIM. Cooperativa: raramente.	NÃO
	A-3	Necessidades dos clientes	NÃO. Através de entrevistas, destrincha o PN que é recebido.	o cliente não sabe o que quer. Representação gráfica é burocrática.	-	SIM	SIM. Proposta comercial	SIM. Às vezes participa da escolha do terreno	SIM informalmente (Know-how)
	A-4	Documentos de terreno e de prefeitura que são entregues pelos clientes.	-	atraso dos clientes	criada pelo coordenador e adotada pelos projetistas.	RARO. E-mail e tel	SIM	-	NÃO
	A-5	Necessidades dos clientes	NÃO. Através de entrevistas, destrincha o programa de necessidades.	As primeiras informações sempre são parciais. Não encara a totalidade do problema. Necessita uma interpretação para crescimento do programa sem mudança de custo. Às vezes o que parece que não é importante é o que norteia o projeto.	Própria	SIM	SIM	Às vezes	SIM reuniões finais.
	A-6	Necessidades dos clientes	NÃO. Através de entrevistas, descobre o que o cliente quer.	Quem procura arquiteto é inseguro, sabe o que não quer mas não sabe o que quer.	Própria	SIM	NÃO	SIM. Às vezes participa da escolha do terreno	SIM informalmente (Know-how)
	A-7	Necessidades dos clientes	NÃO. Através de entrevistas, descobre o que o cliente quer.	o cliente não sabe o que quer e programas são incompletos.	Própria	SIM	SIM. Proposta comercial	SIM	SIM informalmente (Know-how)
COORD.	CO-1	-	-	-	criada pelo coordenador e adotada pelos projetistas	NÃO	-	-	NÃO
	CO-3	Programa de necessidades.	NÃO	programa básico às vezes é encarado pelo cliente como um EPA. O cliente não sabe o que é um PN.	Própria	SIM	SIM	SIM, com a equipe de projeto sempre que possível.	-
FABRICANTES	F-1	Projeto arquitetônico.	NÃO. Esclarece dúvidas através de reuniões.	Falta informação. Cotas incorretas. Desenho escalado de forma imprópria. Arquitetônico não faz um lançamento prévio da estrutura (sinalização do posicionamento), deixando a cargo dos projetistas estruturais.	Própria. Pelo nº do contrato, nº do desenho e nº de revisão.	SIM	SIM	SIM	SIM informalmente (Know-how)
	F-2	Projeto arquitetura, definições de necessidades. Recebe projeto arquitetônico, DTE (PFE) e desenho de projeto de estrutura (PBE) sem detalhamento para fabricar.	NÃO	Especificações de materiais e acabamentos copiadas de outros projetos e que não fazem sentido. A empresa faz adequações para atender a realidade de mercado e facilitar a produção (engenharia de processo).	Própria, mas isto está falho hoje na empresa.	SIM	SIM	NÃO	SIM informalmente (Know-how)
	F-3	Desenhos de PBE (90% dos casos) ou PBA ou PL (10% dos casos); cargas a serem adotadas, normas específicas, especificação dos clientes, dados topográficos, levantamento de estruturas existentes.	NÃO	faltam informações.	Tem uma própria, mas na maioria das vezes segue a do contratante.	SIM	SIM	NÃO	SIM informalmente (Know-how)

OBS: Legenda: PN – Programa de Necessidades; EPA – Estudo Preliminar de Arquitetura; PBA – Projeto Básico de Arquitetura; PL – Projeto Legal; PBE – Projeto Executivo de Estruturas; DTE – Detalhamento Estrutural; PFE – Projeto de Fabricação da Estrutura.

[b] Análise da elaboração do projeto estrutural metálico

ABECE (2007) define as fases de desenvolvimento de um projeto estrutural como sendo: (a) apoio à concepção do produto - ACP; (b) apoio à definição do produto - ADP; (c) identificação e solução de interfaces - ISI; (d) projeto de detalhamento das especialidades - DET; (e) pós-entrega do projeto e (f) pós-entrega da obra.

Nas entrevistas, foi possível perceber que as empresas de projeto estrutural não desenvolvem todas estas fases e também não estão familiarizadas com a nomenclatura proposta pela ABCECE²⁰. Também é comum que um conjunto de empresas de projeto estrutural e fabricantes de estrutura metálica desenvolvam esta seqüência de projeto estrutural, porém cada empresa desenvolve uma parte do todo. Confirmando as informações obtidas nas entrevistas com relação à contratação das empresas e as entradas dos projetos, dificilmente é desenvolvida a fase Apoio a Concepção do Produto (ACP), ou, segundo a NBR 13.531, Estudo Preliminar de Estrutura (EPE).

As empresas de projeto estrutural entrevistadas também não subdividem os trabalhos da mesma maneira descrita no manual da ABCECE (op. cit.). Percebeu-se que, apesar das atribuições descritas pelo manual estarem sendo desenvolvidas, há uma troca de nomenclaturas das fases do projeto estrutural, ou mesmo atribuições de nomes diferentes às fases. Sendo assim, por exemplo, é possível encontrar no mercado, etapas pertencentes à fase de Apoio à Definição do Produto (ADP) pelo manual da ABCECE (op. cit.), como sendo da etapa Projeto Básico de Estruturas (PBE), segundo a NBR 13.531.

Pode-se perceber que a seqüência de projeto mais desenvolvida pelas empresas entrevistadas é a seguinte: Projeto Básico de Estruturas (PBE), Projeto Executivo de Estruturas (PEE) ou Detalhamento Estrutural (DTE), Projeto de Fabricação da Estrutura (PFE) e Projeto de Montagem da Estrutura (PME). Sendo assim, as fases de Projeto de Fabricação da Estrutura (PFE) e Projeto de Montagem da Estrutura metálica (PME), que

²⁰ Devido à este fato, quando se tratar de etapas de projeto desenvolvidas pelas empresas de projeto entrevistadas, será adotada a nomenclatura mais comumente utilizada por estas empresas, ou seja, a nomenclatura utilizada pela NBR 13.531.

no manual da ABECE (op.cit.) estão inseridas dentro da fase de Projeto de Detalhamento das Especialidades (DET), no desenvolvimento dos projetos das empresas de projeto estrutural e fabricantes de estrutura entrevistados pertencem a etapas distintas.

A etapa de Projeto Básico de Estruturas (PBE) é bastante fragmentada nas empresas de projeto estrutural entrevistadas, apresentado várias sub-etapas. Segundo as empresas entrevistadas, o PBE é a etapa na qual é desenvolvido o desenho da estrutura metálica (diagrama unifilar preliminar). É nesta etapa que, a partir do projeto arquitetônico, é realizado o pré-lançamento da estrutura. São realizados os Cálculos Estruturais (CA) e definidos os carregamentos e apoios da estrutura que serão base para o projeto das fundações. É realizado o pré-dimensionamento da estrutura. São elaborados memoriais de cálculo, resumos e listas de materiais. No manual ABECE (2007) algumas destas etapas pertencem à fase de apoio à definição do produto (ADP). Na etapa de Projeto Executivo de Estruturas (PEE), correspondente à fase de Detalhamento das Especialidades (DET) no manual da ABECE (op.cit.) as empresas entrevistadas finalizam os desenhos da estrutura, realizados cálculos finais e definidas e detalhadas as ligações. Também são desenvolvidas listas completas de materiais, parafusos e chumbadores. É uma preparação para o projeto de fabricação e por isso grande parte das empresas entrevistadas define esta etapa apenas como Detalhamento da Estrutura (DTE). Na etapa de fabricação da estrutura (PFE), cada peça é detalhada e dimensionada separadamente e cada elemento da estrutura é enviado individualmente às máquinas que realizarão o corte e furação das peças estruturais. O projeto de montagem da estrutura (PME) tem como objetivo orientar a montagem das peças no canteiro. Este, desenvolvido a partir do PEE, designa uma nomenclatura específica a cada peça que é impressa nos elementos estruturais durante a fabricação da estrutura.

Como o tempo para o desenvolvimento dos projetos é pequeno, algumas etapas se confundem podendo até mesmo ser eliminadas. Desta forma algumas vezes na etapa PBE, não são desenvolvidas as etapas preliminares do projeto estrutural, mas sim as etapas finais equivalentes ao PEE. Sendo assim, a etapa PBE é apenas complementada pelo detalhamento da estrutura e ligações. Em casos extremos, não existe o

detalhamento da estrutura como uma etapa separada. Esta etapa acaba sendo desenvolvida durante o Projeto de Fabricação (PFE). Normalmente as empresas de projeto estrutural não desenvolvem o projeto de fabricação (PFE) e o projeto de montagem da estrutura (PME). Estes acabam sendo desenvolvidos pelos fabricantes da estrutura que além das etapas de PFE e PME também desenvolvem as outras etapas do projeto estrutural (PBE e PEE). Segundo algumas empresas entrevistadas, a responsabilidade do Detalhamento Estrutural (DTE) ou da etapa do Projeto de Fabricação da Estrutura (PFE) é muito alta. Todos os erros provenientes destas etapas acarretam imediatamente em perda de material e de tempo na montagem, principalmente porque peças já podem ter sido transportadas para canteiros distantes quando se descobre o problema. Para estas empresas, estas etapas são as mais estranguladas do processo de projeto. Sendo assim, os profissionais sofrem pressões devido à responsabilidade intrínseca da etapa e também com relação à liberação das peças detalhadas antes da verificação final. Não há acompanhamento do desenvolvimento do projeto na obra, não são realizadas avaliações da satisfação dos clientes e não há avaliações pós-ocupação (APO) pelas empresas de projeto estrutural entrevistadas.

Segundo as empresas entrevistadas, os profissionais de projeto não têm o hábito de pensar na produção do empreendimento no canteiro de obra. Sendo assim, acabam enviando para ser executado na obra o Projeto Legal (PL). O desenho técnico destinado à aprovação, é burocrático. Pode e deve ser feito por profissionais da área técnica. Projetos voltados à prefeitura não servem para serem utilizados na obra. Devem ser mais bem detalhados. As etapas dos projetos consideradas como Desenhos Executivos devem ser abordadas como uma "ordem de serviço para a obra". Nesta etapa, deve ser pensada a compatibilização e produção do empreendimento.

A FIG 5.2 esquematiza as etapas de projeto características das empresas de projeto estrutural entrevistadas e procura correlacioná-la com as fases de projeto estrutural descritas pelo manual da ABECE (2007).

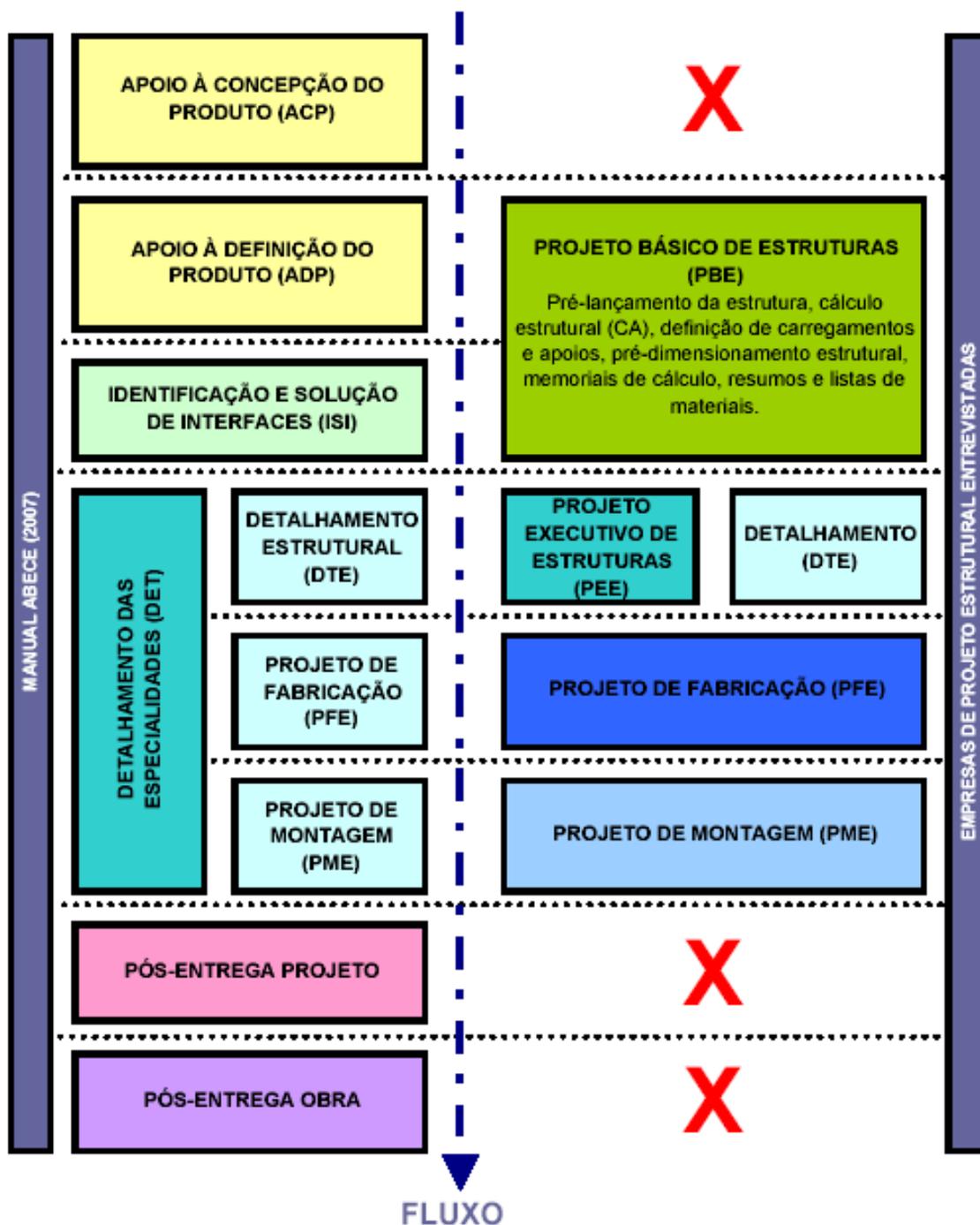
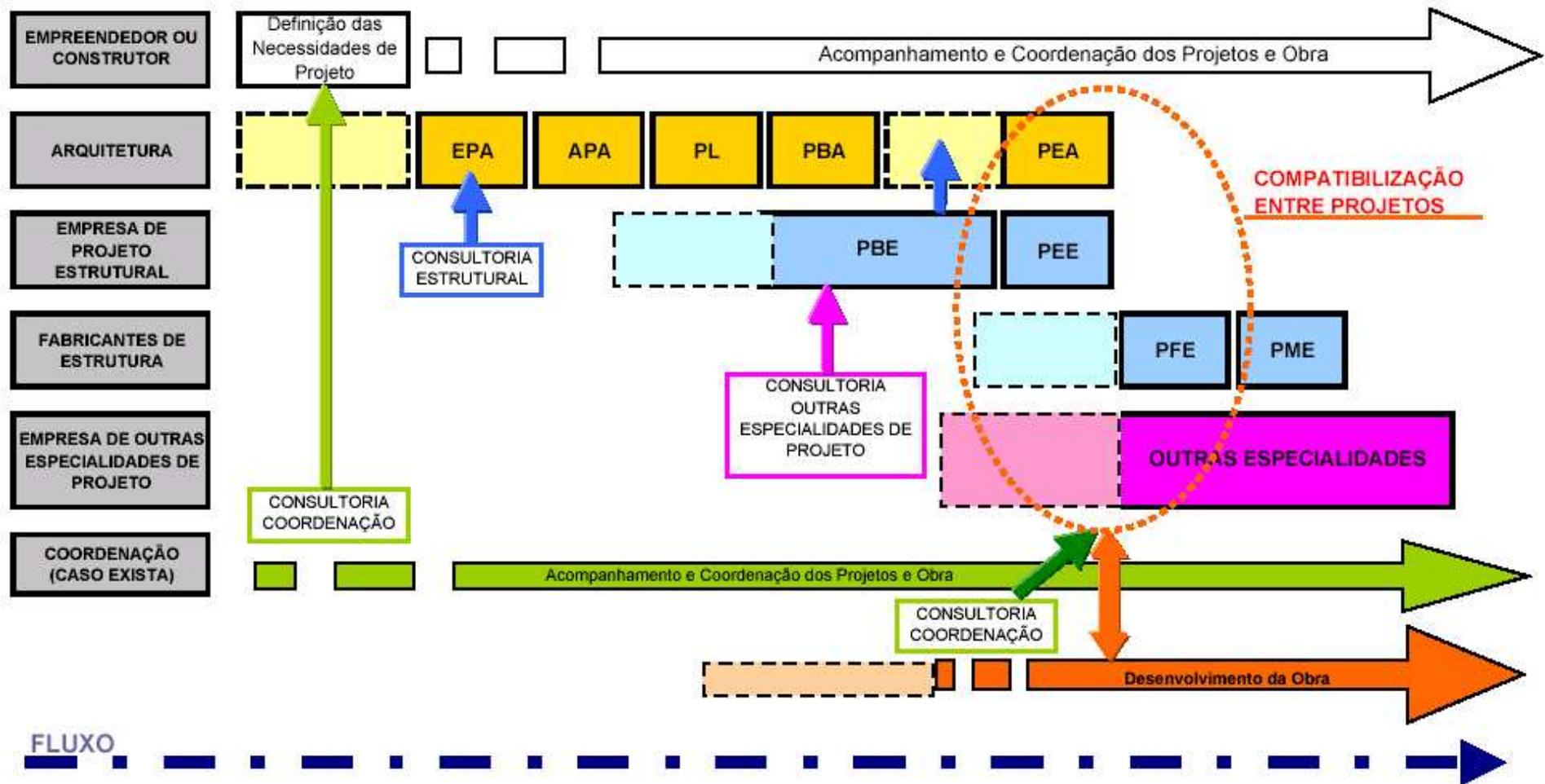


Figura 5.2. Comparativo da seqüência de projeto estrutural proposta pelo manual da ABECE (2007) e a praticada nas empresas de projeto estrutural entrevistadas

Há pouca interação entre os profissionais de projeto estrutural e os demais agentes das demais especialidades de projeto. Normalmente, o projeto estrutural metálico é desenvolvido após a elaboração do projeto arquitetônico e os demais projetos de engenharia são desenvolvidos após a finalização do projeto estrutural. O arquiteto pode

propiciar uma arquitetura que torne o uso da estrutura metálica mais econômica, desde que seja assessorado pelo projetista estrutural. Alguns projetistas estruturais afirmaram que em alguns casos prestam consultoria ao projeto arquitetônico ainda no começo do desenvolvimento do projeto do empreendimento, mas só chegam efetivamente a desenvolver o projeto estrutural após o projeto legal (PL) de arquitetura. O mais adequado seria que o projeto arquitetônico fosse desenvolvido junto com o projeto estrutural para que as soluções fossem criadas aproveitando todas as potencialidades da construção metálica. Afirmam que recebem informações sobre os projetos de engenharia no desenvolvimento do projeto estrutural, porém a finalização destes projetos ocorre após o término do projeto estrutural. Desta forma, a compatibilização dos projetos acontece tardiamente ao processo de projeto, com a obra já evoluída. Às vezes, quando não chega a acontecer durante o processo de projeto, são resolvidas através de improvisações de obra.

A FIG.5.3, demonstra a seqüência de projeto mais comumente observada na análise das entrevistas e a relação entre o projeto estrutural e as demais especialidades técnicas.



OBS: Legenda: EPA – Estudo Preliminar de Arquitetura; APA – Anteprojeto de Arquitetura; PL – Projeto Legal; PBA – Projeto Básico de Arquitetura; PEA – Projeto Executivo de Arquitetura; PBE - Projeto Básico de Estruturas; PEE – Projeto Executivo de Estruturas; PFE – Projeto de Fabricação da Estrutura; PME – Projeto de Montagem da Estrutura.

Figura 5.3. Sequência de projeto de um empreendimento metálico e a relação desta com as demais especialidades técnicas

Os prazos de desenvolvimento dos projetos, apesar de serem insuficientes para o desenvolvimento criterioso dos projetos, são cumpridos em 80% dos casos. Quando acontecem atrasos, as empresas de projeto estrutural entrevistadas garantiram que a causa está no excesso de revisões e no acúmulo de trabalho dos profissionais de projeto estrutural. Apenas 2 de um total de 14 empresas de projeto estrutural e fabricantes da estrutura entrevistados afirmaram que realizam a verificação dos projetos antes do envio destes à fabricação da estrutura devido aos prazos apertados. O verificador de projeto, quando existe, tem que verificar o trabalho de muitos profissionais (chamados cadistas) o que é inviável.

As empresas de projeto estrutural entrevistadas utilizam amplamente de recursos computacionais tanto no desenvolvimento dos cálculos estruturais quanto no desenvolvimento dos desenhos de projeto e detalhamento. Segundo as empresas entrevistadas, os contratantes acreditam que a adoção de ferramentas de computação pode agilizar o processo de projeto estrutural de empreendimentos que utilizam estrutura metálica. Por isso, exigem que os prazos de entrega de projetos sejam ainda mais reduzidos. Sem dúvida, a utilização de ferramentas de informática pode ajudar no desenvolvimento dos projetos e favorecer na resolução das interfaces com outras especialidades técnicas. Porém, apesar de todos os benefícios advindos da utilização de computadores, é necessário que o profissional que desenvolve o projeto, tenha um tempo destinado à maturação e verificação dos projetos. Segundo algumas empresas de projeto, “os profissionais que se formam hoje, estão reféns do computador e não sabem o que estão projetando. Não têm noção de ordem de grandeza”. Para algumas empresas, o cálculo bem feito está além do computador. Para as empresas de projeto estrutural, muitos projetos feitos no computador são feitos sem análise. O desenvolvimento das memórias de cálculo é um exemplo disto. Estas, geradas automaticamente pelo computador, possuem muitas páginas de cálculo e acabam sendo sem propósito. O objetivo de uma memória de cálculo é mostrar a linha de raciocínio do projetista para que outro projetista consiga utilizá-la depois. Porém isso não acontece. A TAB 5.5 apresenta uma síntese das respostas apresentadas com relação à elaboração do projeto estrutural metálico em empreendimentos desenvolvidos pelas empresas entrevistadas.

Tabela 5.5. Análise da elaboração dos projetos

	SEQÜÊNCIA DE PROJETO			FERRAMENTAS UTILIZADAS	PRAZOS SÃO CUMPRIDOS (S/N)	REVISÕES		
	COMO É	QUANDO COMEÇA	RELAÇÃO COM OUTRAS ESPECIALIDADES			DEVIDO A OUTROS PROJETOS (S/N)	REG. (S/N)	
ESTRUTURAS	E-1	Cálculo estrutural, projeto, desenhos de detalhamento, fabricação e montagem.	arquitetônico pronto ou quase	Arquitetônico pronto, mas têm ajustes de acordo com o projeto estrutural. Demais projetos trabalham depois do projeto estrutural.	softwares próprios	SIM	SIM, ajustes	SIM
	E-2	PBE (lançamento, CA, memória, resumo e lista de material), PFE (DTE), PME	projeto conceitual da indústria ou PBA.	Os arquitetos não dão abertura para a participação dos engenheiros. Demais disciplinas são feitas após projeto estrutural.	softwares próprios, Sap2000	NÃO. Prazos são muito curtos.	SIM	SIM
	E-3	PBE (Lançamento, definição de cargas, apoios, definição da norma para o dimensionamento, cálculo de ligações. Definições de materiais). PFE e DTE, PME (que utiliza o desenho do PBE)	a partir do PBA. há participação através de reuniões	após arquitetura, faz estrutural e compatibiliza com demais disciplinas de projeto e entrega para o coordenador. Há participação através de reuniões	Sap2000, AutoCad	70% SIM. 30% atrasa devido à revisões.	SIM	SIM
	E-4	Plano de Base, Quadro de cargas, PEE (=PBE com materiais), DTE (=PFE), verificação, emissão	a partir do PBA, memória de cálculo e especificação de materiais.	Participa do projeto arquitetônico quando é chamado, através de reuniões. Recebe informações dos projetos de outras disciplinas para o desenvolvimento do projeto de estrutura e compatibilização	AutoCad, Tecnometal	SIM quando o prazo é acordado entre as duas empresas.	SIM devido à mudanças dos equipamentos.	SIM
	E-5	pré dimensionamento, DTE, cálculo final, ligações, e emissão de documento após verificação feita por outro profissional (não o mesmo que fez o projeto).	PBE	Durante o projeto estrutural visualiza as interfaces entre a estrutura e os projetos de outras disciplinas (que são feitas em paralelo) e compatibilização.	Sap2000, Cosmos Work e AutoCad	70% SIM. 30% atrasa devido ao acúmulo de trabalho	SIM	SIM. No próprio carimbo
	E-6	Faz uma lista dos problemas e das possíveis soluções estruturais e tenta prever os problemas de cada solução, buscando melhoria.	Após o recebimento da documentação inicial	Participa da arquitetura sugerindo melhorias e modificações para facilitar a execução, porém somente após a entrega do PBA (não durante o desenvolvimento). apenas o calculista e o cadista participam do projeto estrutural	feito a mão (projeto e memória de cálculo). Tem profissionais para digitalizar.	SIM	SIM. Ajustes	SIM. No próprio carimbo
	E-7	projeto piloto, projeto detalhado lançamento estrutural, pré-dimensionamento, desenhos de projeto, DTE.	Após definição das necessidades dos clientes e apresentação de um layout básico de arquitetura.	Base de arquitetura pronta, mas o restante da arquitetura é desenvolvido juntamente com o estrutural. Projetos de outras disciplinas caminham em paralelo com o projeto estrutural, pois este precisa da definição das cargas dos equipamentos para desenvolver seu projeto. Projeto mecânico e arquitetura fornecem informações para o projeto estrutural. As disciplinas trabalham em conjunto.	softwares próprios, Sap2000, AutoCad, CPCad	SIM	SIM	SIM
	E-8	CA, PBE, PEE, DTE para fabricação, PF, PM. Às vezes por falta de tempo algumas etapas são cortadas.	A partir da arquitetura	Não participa do projeto arquitetônico. As disciplinas são independentes. Projeto mecânico é feito em paralelo com o projeto estrutural. Os problemas só serão detectados na montagem. Difícilmente se conclui todo o projeto para entregar o fabricante. As etapas são demoradas e desencontradas e tudo fica para ser compatibilizado no canteiro de obra. Projetos de engenharia utilizam o projeto estrutural para desenvolver seus projetos.	CPCad	SIM	SIM. Devido à falta de especificação ou mudança de equipamentos.	SIM. No próprio carimbo/projeto.
	E-9	Desenho da estrutura, CA, DTE, envio para fábrica.	após o recebimento do básico de estrutura	Cada projetista não sabe o que o outro está fazendo. Demais projetos fazem tudo depois da estrutura.	softwares próprios, Sap2000, AutoCad,	SIM	NÃO	-
	E-10	estrutura final definitiva, detalhamento final	a partir de um layout básico e dados dos equipamentos	Apoio ao projeto de arquitetura antes de ser contratado. Reuniões com projetistas de outras disciplinas e com o cliente para definir como resolver interferências.	Sap2000, Ansis, AutoCad	NÃO. Mudanças do cliente (escopo)	SIM	SIM
	E-11	Concepção estrutural. Estudo das cargas atuantes. Modela a estrutura. Análise estrutural. Quadro de cargas nas bases na fundação. DTE. Desenhos de projeto (PBE). Desenhos de fabricação (PFE). PME, baseado nos desenhos de projeto.	Após a definição das necessidades dos clientes ou a partir do AP (mecânico ou arquitetura).	Fazem todas as especialidades de projeto Seqüência: APA ou mecânica, estrutural, fundações e civil. Interação entre os projetistas desde o começo do empreendimento. Estruturas é chamada para auxiliar na arquitetura através de reuniões.	Sap2000	NÃO. Atrasos devido a revisões propostas pelos contratantes. Falta de informações iniciais, projeto mais complexo e falta de pessoal.	SIM, ajustes porque alguns aspectos de projeto costumam mudar.	SIM. No próprio carimbo/projeto.

OBS: Legenda: AP – Anteprojeto; APA – Anteprojeto de Arquitetura; PBA – Projeto Básico de Arquitetura; PBE – Projeto Básico de Estruturas; CA – Cálculo Estrutural; DTE – Detalhamento Estrutural; PEE – Projeto de Executivo de Estruturas; PFE – Projeto de Fabricação da Estrutura; PME – Projeto de Montagem da Estrutura.

Tabela 5.5. Análise da elaboração dos projetos (continuação)

	SEQÜÊNCIA DE PROJETO			FERRAMENTAS UTILIZADAS	PRAZOS SÃO CUMPRIDOS (S/N)	REVISÕES		
	COMO É	QUANDO COMEÇA	RELAÇÃO COM OUTRAS ESPECIALIDADES			DEVIDO A OUTROS PROJETOS (S/N)	REG. (S/N)	
ARQUITETURA	A-1	Seguem escopo AsBEA (EPA, APA, PL, PBA, PEA).	Após aprovação da proposta comercial e entrega da documentação pelo cliente.	EPA e APA no escritório (com poucas consultorias de outros profissionais). Após PBA (projeto legal), contratação de engenheiros para execução de demais projetos. Reuniões semanais até entrega do PE de todas as especialidades. Reuniões desde o começo. Lançamento prévio da estrutura a partir de consultoria de outros profissionais.	Maquete, AutoCad, 3D max, Adobe Photo Shop	mais ou menos. Residência é mais informal. Atraso na prefeitura.	Outros projetos são revisados devido ao arquitetônico. Existem pequenas adequações (após aprovação na prefeitura). Se a modificação for depois da aprovação do cliente, é cobrado à parte.	
	A-2	EPA, APA, PBA, PEA (PL)	Após aprovação da proposta comercial e entrega da documentação pelo cliente.	Todos os projetos começam depois da entrega do PEA ao cliente. Após entrega de PEA, o estrutural dá sugestões e então adequa-se o projeto arquitetônico.	AutoCad	SIM	SIM. Devido ao projeto estrutural.	SIM. No próprio carimbo/projeto.
	A-3	Diagnóstico, EPA = APA, PL, PEA (ordem de serviço com pormenores de obra, às vezes antes do projeto legal), DTA	Após aprovação da proposta comercial e entrega da documentação pelo cliente (principalmente informação básica atualizada).	Outros projetos licitados tardiamente (começam após o PL e se adaptam à arquitetura). Já teve consultorias de projetos de engenharia antes do desenvolvimento dos projetos para saber realizar compatibilização. Nas reuniões de compatibilização, outros projetistas dão sugestões que levam a modificação/ melhoria do projeto arquitetônico.	Desenho à mão, pouco AutoCad (normalmente terceirizado)	SIM	SIM. Devido às sugestões de outros projetistas.	SIM. No caso de projetos institucionais
	A-4	EPA, APA, PEA (PL), DTA (pago à parte pelo cliente)	após entrega de documentação pelo cliente.	Com exceção do estrutural (conversas na etapa de EPA), outros projetistas só entraram após APA, antes do PEA. Apenas através de discussões entre projetistas (estrutural, hidráulico)	AutoCad, Excel	SIM. O cliente NÃO. Atrasa as entregas dos documentos.	NÃO. Apenas esquadrias com relação aos travamentos.	SIM (esquadrias)
	A-5	APA (noção de dimensionamento, especificações gerais, avaliação estrutural prévia) com condição de ser pré-orçado, PL (em alguns casos) e PEA	Após aprovação da proposta comercial, entrega da documentação pelo cliente e reunião inicial	Todas as especialidades participam desde o começo do empreendimento após uma primeira idéia/ proposta do arquiteto. O arquiteto, após estudo do projeto e das interferências das outras especialidades técnicas, faz perguntas pontuais e dirigidas em reuniões coletivas com todos os profissionais das especialidades.	Softwares próprios, AutoCad.	SIM	NÃO. Revisões acontecem quando há uma modificação na obra. Modificações durante o projeto são registradas em tempo real.	
	A-6	EPA (que já é quase o projeto definitivo); APA; PL	Após aprovação da proposta comercial, entrega da documentação pelo cliente e reunião inicial	Costuma conversar com o calculista.	AutoCad	SIM	SIM	NÃO
	A-7	EPA; APA; Projeto Inicial (PL); PEA; DTA	Após aprovação da proposta comercial, entrega da documentação pelo cliente.	Estrutural trabalha junto desde o começo do projeto. Complementam após PL. Os projetos de engenharia trabalham em cima do projeto arquitetônico após PL. Reuniões longas com todo o pessoal de projeto no início do empreendimento. As decisões do arquitetônico já nasciam balizadas pelas considerações de todas as especialidades (sistema construtivo, instalações, estruturas). Tinha um consultor de estruturas para concreto (lajes e fundações).	Desenho a mão, croquis, AutoCad e 3D.	SIM, mas depende das circunstâncias (atraso por parte da prefeitura e mudança dos escopos dos clientes).	poucos ajustes	SIM. No próprio carimbo/projeto.

OBS: Legenda: EPA – Estudo Preliminar de Arquitetura; APA – Anteprojeto de Arquitetura; PBA – Projeto Básico de Arquitetura; PL – Projeto Legal; PEA – Projeto Executivo de Estruturas; DTA – Detalhamento de Arquitetura; PE – Projeto Executivo

Tabela 5.5. Análise da elaboração dos projetos (continuação)

	SEQÜÊNCIA DE PROJETO			FERRAMENTAS UTILIZADAS	PRAZOS SÃO CUMPRIDOS (S/N)	REVISÕES		
	COMO É	QUANDO COMEÇA	RELAÇÃO COM OUTRAS ESPECIALIDADES			DEVIDO A OUTROS PROJETOS (S/N)	REG. (S/N)	
CONSTRUTORES	C-1	Cliente chega com necessidade. Após EPA faz-se verificação de viabilidade legal na prefeitura. Apresentação de orçamento. Projeto Estrutural.	Começa com a necessidade do cliente e verificação da viabilidade legal do empreendimento.	Projeto estrutural é consultado durante o projeto arquitetônico. Construtor participa do projeto arquitetônico e estrutural através de reuniões.	-	SIM	NÃO	-
	C-2	arquitetura, projeto de incêndio, projeto de estruturas (após PL), fundação e projetos de engenharia	após definidas as necessidades de projeto.	Arquiteto consulta projeto estrutural, incêndio e de engenharia. Com exceção da arquitetura, os demais projetos terminam depois do PL. Construtor e vendas participam no projeto arquitetônico	-	SIM	NÃO	-
COORDENAÇÃO	CO-1	EPA, APA, Estrutural, PEA (PL), PEE, Proj. Comp.	Coordenação: início do empreendimento	Antes PEA=PL, com arq bem encaminhada, teve consultoria com estrutural para acertar. Após PL, e estrutural encaminhado, contratação de demais disciplinas de projeto (que se adaptaram à estrutura). Estrutural consultoria no projeto de arquitetura. Demais profissionais, relação somente com o coordenador.	Project, e Excel	SIM	NÃO. Quando acontece são nos projetos de instalações.	SIM. No próprio carimbo/projeto.
	CO-2	Projeto simultâneo entre todas as especialidades de projeto. Todas as especialidades começam no início do empreendimento. Reuniões iniciais (conceituação do produto) com todas as especialidades. EPA, após aprovação do cliente vai pra todas as especialidades fazerem uma análise crítica mostrando alterações (problemas e possíveis melhorias).			Gerenciamento: Celog. Banco de dados para armazenamento do projeto. Workflow. Tudo pode ser rastreado. BrixCad.	SIM, desde que não mude o escopo.	SIM	Via Celog.
FABRICANTES	F-1	Partindo da arquitetura, lança e calcula a estrutura. Define o material. Projetista compatibiliza com arquitetura (arranjo: dimensões são definidas dentro da arquitetura). DTE (PFE), PME, utilizando o arranjo para diagrama de montagem.	A partir do projeto de arquitetura pronto (PEA=PL)	Não participa do proj. arquitetônico. Projetos das demais disciplinas técnicas entram após definição do projeto estrutural. Anteriormente, apenas são definidas as descida de água pluviais (definida pela arquitetura).	Cálculo: Sap2000 cpcad e AutoCad	NÃO. Atrasos na maioria das vezes devido a revisões propostas pelos contratantes.	SIM	SIM
	F-2	CA prévio, Orçamento, Reunião de definição/apuração do escopo, Estudos de engenharia e dimensionamento (PBE), DTE (PFE) e PME	A partir do projeto de arquitetura pronto (PEA = PL)	Eventualmente participa do proj. arquitetônico prestando consultorias aos profissionais. Os projetos das demais disciplinas técnicas entram após o estrutural pronto.	Sap e AutoCad	NÃO. 90% devido a projetos mal definidos, alterações no escopo e projetos, situações não pensadas.	SIM	SIM
	F-3	PBE - Lançamento da estrutura, CA, dimensionamento, ligações; DTE = PFE;	A partir do PBE	Não participa do projeto arquitetônico. Conversa com demais profissionais de engenharia para solucionar interferências. Devido ao pouco tempo destinado à etapa de projeto, projetos acontecem ao mesmo tempo, sem comunicação entre eles. Solucionam os problemas no final (revisões). seqüência: arquitetônico em paralelo com estrutural e depois entram os demais projetos.	CAE/ CAD/ CAPP/ CAM. SAP-R13. GT Strudl, Umsicade, Tecnometal, X-Steel e AutoCad.	Meio a meio. Devido às revisões.	SIM, revisões devido a mudanças das necessidades dos clientes e interferências com demais projetos.	SIM

OBS: Legenda: EPA – Estudo Preliminar de Arquitetura; APA – Anteprojeto de Arquitetura; PL – Projeto Legal; PBA – Projeto Básico de Arquitetura; PEA – Projeto Executivo de Arquitetura; PBE – Projeto Básico de Estruturas; CA – Cálculo Estrutural; DTE – Detalhamento Estrutural; PEE - Projeto Executivo de Estruturas; PFE – Projeto de Fabricação da Estrutura; PME – Projeto de Montagem da Estrutura.

Ainda com relação à elaboração do projeto estrutural, um dos grandes problemas encontrados que pode prejudicar na qualidade da edificação, foi a participação de profissionais de projeto estrutural especializados em edificações industriais no desenvolvimento de projetos de edificações de andares múltiplos e vice-versa. Para compreender este problema é importante salientar as diferenças, ressaltadas pelas empresas entrevistadas, entre os projetos destinados às edificações de andares múltiplos e destinados às edificações industriais.

Edifícios de andares múltiplos, comuns na construção civil, são edifícios coordenados, com escopo de projeto previamente definido. Raramente existem alterações da edificação após a construção desta. Quando acontecem acabam sendo desenvolvidos acréscimos e anexos às edificações existentes. São edificações estruturalmente mais simples. As sobrecargas, usos e premissas de projeto não variam e são poucas (peso, sobrecarga e vento). O conceito estrutural é diferente pois existem outros elementos construtivos como lajes e vedações que podem ajudar na estabilização da estrutura como um todo. Não existe muita interferência de equipamentos pesados no desenvolvimento dos projetos. No projeto estrutural metálico há repetição de detalhes e padronização das ligações. O projeto estrutural é baseado no projeto arquitetônico. Não existem muitas ofertas de empreendimentos metálicos em andares múltiplos na construção civil devido a vários fatores, mas principalmente devido ao fato deste sistema estrutural metálico possuir um custo mais alto do que a construção convencional em concreto armado e a oferta da mão de obra especializada necessária ser menor do que a construção convencional em concreto armado.

Do ponto de vista estrutural, edifícios industriais são mais complexos. São obras mais pesadas em que as solicitações de uso acarretam na vibração e movimentação das edificações. Os usos e escopos inicialmente previstos em projeto variam com o passar dos anos. Portanto, o projeto estrutural deve ser versátil e prever alterações nas solicitações estruturais. As espessuras das chapas são maiores. As ligações são mais solicitadas e complexas. Não há padronização, o que exige o detalhamento de mais peças. A estrutura deve ser mais rígida, pois não existem elementos construtivos complementares que possam auxiliar no travamento da estrutura. Não são

desenvolvidos projetos arquitetônicos. As empresas contratantes enviam às empresas de projeto estrutural um arranjo conceitual com idéias de implantação e com as medidas básicas necessárias. Edificações pré-existentes são comuns. Destas, provêm interferências, e se faz necessário o desenvolvimento de levantamentos de campo. A oferta de projetos estruturais metálicos em edifícios industriais é grande, uma vez que não há a preocupação com o custo final da estrutura e sim com o prazo de execução da obra.

Profissionais acostumados a trabalhar com edifícios de andares múltiplos têm dificuldades de trabalhar com edificações industriais devido à diferença dos valores das cargas e usos a serem utilizadas. Estão preocupados com segurança e custo da estrutura. Na situação inversa, os projetistas especializados em projetos industriais não se preocupam com custo, mas com segurança e liberdade de utilização da edificação. Superdimensionam estruturas em edifícios de andares múltiplos que poderiam ser mais simples.

Para todas as empresas entrevistadas, mesmo quando o uso da edificação é favorável à estrutura metálica, o custo do aço é uma barreira ao desenvolvimento de edifícios de andares múltiplos que utilizam estrutura metálica. Segundo as empresas fabricantes de estrutura, soluções projetuais na etapa de desenvolvimento de projeto estrutural, podem favorecer o barateamento da estrutura, mesmo que o custo do aço permaneça alto. Para as empresas fabricantes de estrutura metálica, nem sempre a utilização de perfis esbeltos diminui o custo da estrutura metálica. Às vezes é preferível aumentar o peso em prol de uma facilidade na fabricação e logística de transporte. Seria conveniente que as empresas fabricantes tivessem um corpo de engenheiros para analisar e fazer projeto. Os projetos estruturais metálicos quando desenvolvidos na fábrica, visam otimizar a produção. Profissionais de projeto, não costumam estar atualizados com a rotina da fábrica, dificultando a otimização da produção. As empresas de projeto estrutural e fabricantes da estrutura afirmaram que o perfil laminado facilitou a utilização do aço, pois permite a utilização de uma gama enorme de opções de tamanhos de perfis. Para as empresas entrevistadas, estes perfis são considerados “perfis de prateleira” devido à variedade e facilidade de compra.

Outros problemas em empreendimentos que utilizam estrutura metálica como: detalhes de encaixe de alvenaria, arremates, interferências e acabamentos deveriam ser solucionados entre as empresas de estrutura e arquitetura ainda na concepção de projetos. Porém isto não acontece. Empresas de arquitetura e coordenadores de projetos afirmaram que têm dificuldades para obter informações ao especificar materiais que trabalhem juntamente à estrutura metálica. Sendo assim, se faz necessário que sejam desenvolvidos mais estudos nas universidades, visando desenvolver tecnologia e materiais para solucionar os problemas existentes. Além disto, as empresas fabricantes de materiais complementares à estrutura metálica deveriam divulgar mais os produtos e os dados técnicos destes, visando uma maior utilização destes materiais pelo mercado.

Outro ponto importante com relação à especificação de materiais em empreendimentos que utilizam estrutura metálica diz respeito à manutenção predial. A manutenção predial em empreendimentos metálicos, como em empreendimentos convencionais em concreto armado, sempre que possível, deve ocorrer preventivamente. É comum que os usuários das edificações realizem manutenções corretivas e não preventivas. Devido a isto, a especificação de materiais a serem utilizados juntamente com a estrutura metálica deve ser pensada visando à conservação do empreendimento. Portanto, é muito importante, prever ainda na etapa de projeto, a manutenção predial. No caso das estruturas de aço se não tiver sido adequadamente solucionado na etapa de projeto, pode gerar problemas graves como a corrosão causada por acúmulo excessivo de água. Dependendo do projeto da edificação esta manutenção também pode ser facilitada, evitando locais de difícil acesso e que acumulem água, principalmente.

[c] Análise das saídas do projeto estrutural metálico

As saídas do projeto estrutural normalmente se resumem em desenhos de projeto de fabricação e montagem, detalhamento de ligações, memoriais de cálculo, listas de materiais e planilhas de orçamentos.

Normalmente, as saídas do projeto estrutural metálico, quando destinadas ao cliente externo (empreendedor, construtor ou dono da obra), seguem o padrão das empresas contratantes em 80% dos casos. Os desenhos de projeto seguem o formato A1 segundo as normas de desenho da ABNT e as especificações e memórias de cálculo seguem em formato A4. Todas as empresas de projeto estrutural entrevistadas consideram que geram projetos claros, completos e detalhados. Achrom que podem melhorar com relação ao desenvolvimento de desenhos em três dimensões, pois desta forma seria mais fácil visualizar as interferências entre projetos, facilitando a compatibilização entre as diversas disciplinas técnicas. Afirmam que devido à falta de tempo destinado aos projetos não são realizadas verificações dos mesmos. Sendo assim estes seguem para o canteiro de obras com problemas que poderiam ser solucionados na etapa de projetos.

Reuniões para entrega dos projetos estruturais às empresas contratantes, acontecem em apenas 4 das 11 empresas de projeto estrutural entrevistadas, sendo que o mais comum é o envio destes por e-mail ou mesmo impressos. Quando as reuniões acontecem quase todas as empresas registram as informações destas em ata ou em documentos formais. As empresas de projeto estrutural raramente acompanham seus projetos durante a execução destes na obra. Quando estes profissionais realizam visitas ao canteiro de obra, são necessidades previstas durante a contratação ou mesmo que surgiram após a aparição de problemas na construção.

Falta retroalimentação sobre a qualidade dos projetos, principalmente com relação à opinião de outros projetistas das outras especialidades. Além disto, a maioria dos profissionais envolvidos com o processo de projeto de empreendimentos que utilizam estrutura metálica não tem acesso aos projetos de produção da estrutura. Não acontece um feedback da obra sobre os problemas provenientes das etapas de projeto. Projetos “*as built*” são desenvolvidos em 10 das 25 empresas entrevistadas, e quando acontece alguma improvisação na obra devido a problemas não solucionados em projeto²¹. Porém só são realizados quando inicialmente previstos em contrato.

²¹ As improvisações de obra relatadas mais freqüentemente pelas empresas entrevistadas estão descritas mais detalhadamente no item 5.6.

A TAB 5.6 apresenta uma síntese das respostas apresentadas com relação às saídas do projeto estrutural metálico em empreendimentos desenvolvidos pelas empresas entrevistadas.

Tabela 5.6. Análise das saídas dos projetos

CÓD.	DOCUMENTOS GERADOS					REUNIÕES PÓS ENTREGA		PROJETISTA VISITA OBRA DURANTE EXECUÇÃO PROJETO	IMPROVISACÃO OU PROBLEMA FREQUENTE NA OBRA	PROJETO "AS BUILT" (S/N)
	QUAIS SÃO	COMO SÃO APRESENTADOS	CLAROS COMP. DET. (S/N)	ONDE MELHORAR	CLIENTE VALIDA (S/N)	SIM / NÃO	REG. (S/N)			
E-1	Memórias de cálculo e projeto	Desenhos em formato A1 (ABNT)	SIM	-	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO
E-2	memórias de cálculo, desenhos de projeto, fabricação e montagem, listas de material e planilhas	Desenhos em formato A1 (ABNT), especificações em A4	SIM	O projeto tem que nascer certo	SIM. Verifica e aprova	NÃO	-	SIM. Acompanha execução.	-	SIM. Quando tem feedback
E-3	memórias de cálculo, desenhos de projeto, fabricação e montagem, listas de material e planilhas	padrão da firma contratante.	SIM	SIM. 3D pode facilitar a compatibilização das interferências.	SIM. Verifica e aprova	É raro. É mais comum por e-mail ou telefone.	NÃO	Depende do cliente. Visitas esporádicas.	Problemas de ligações ou interferências entre projetos. Dificuldade de encontrar o material especificado no tempo de obra.	NÃO
E-4	Desenhos de projeto.	padrão da firma contratante e de normas.	SIM	SIM. 3D pode facilitar a compatibilização das interferências.	SIM. Verifica e aprova	É raro. É mais comum por e-mail ou telefone.	NÃO	NÃO	Acontece devido a levantamentos incompletos (falta de informações) de estruturas existentes (expansão). Ligações que não casam.	SIM, quando está previsto no contrato e o cliente pede.
E-5	Relatórios de cálculo e desenhos	padrão da firma contratante.	SIM	Hoje, devido a falta de tempo, não está sendo feito verificação dos projetos.	NÃO	SIM	SIM	Às vezes quando tem problema.	Acontece devido a levantamentos incompletos de estruturas existentes. Necessidade de reforços. Interferência com equipamentos pois eles mudam depois que o projeto foi executado.	SIM
E-6	Desenho e memória de cálculo.	Padrão da firma contratante. Memória de cálculo feita à mão.	SIM	-	Se não volta o projeto está validado	NÃO	NÃO	NÃO	Modificações feitas na hora da execução por quem está executando sem que este visualize o conjunto.	NÃO. Tem um custo que o cliente não quer pagar.
E-7	Desenho com definições dos elementos que compõe a estrutura e detalhes nas ligações e materiais envolvidos.	Padrão da empresa contratada	SIM	necessidade de sistema integrado de cálculo e detalhamento. 3D.	SIM	SIM	SIM	NÃO	Mudança de equipamentos com relação ao que foi proposto.	SIM, quando está previsto no contrato e o cliente pede.
E-8	memória de cálculo, desenhos de projeto, especificação de peças padrões, especificação de materiais.	Padrão da empresa contratante, formato A1 e formato A4	SIM	-	SIM	SIM	NÃO	NÃO	falta peça, interferência, deficiência nas peças.	SIM
E-9	Memória de cálculo, desenhos de projeto	memória de cálculo padrão do cliente. Desenhos padrão do próprio profissional	SIM	"todo mundo elogia"	NÃO	NÃO. Passa por telefone ou e-mail	SIM	Só no caso de aparecer algum problema.	Erros de locação de fundação. Giro e posicionamento errado de base, tamanho de bitolas de chumbadores diferentes entre pilares e base. Vigas que não encaixam nos pilares. Ligações difíceis de executar.	NÃO. Não tem alteração de projeto.
E-10	Memória de cálculo, desenhos de projeto	Padrão da firma contratante.	SIM	-	NÃO	NÃO. Passa por e-mail	NÃO	SIM. Presta assistência à obra.	NÃO sabe	SIM
E-11	memórias de cálculo, desenhos de projeto, fabricação e montagem e listas de material.	Memória de cálculo eletrônica e em formato A4, desenhos formato A1, padrão da empresa e ABNT.	SIM	Memórias de cálculo, pois o computador gera muitas informações que se perdem.	SIM, mas é informal	NÃO	NÃO	SIM. Presta assistência à obra.	obras de ampliação. O levantamento, não bate com a situação encontrada no canteiro. Chumbadores de fundação incompatíveis com a furação na estrutura. Problemas na interface estrutura metálica e concreto armado.	NÃO

Tabela 5.6. Análise das saídas dos projetos (continuação)

CÓD.	DOCUMENTOS GERADOS					REUNIÕES PÓS-ENTREGA		PROJETISTA VISITA OBRA DURANTE EXECUÇÃO PROJETO	IMPROVISACÃO OU PROBLEMA FREQUENTE NA OBRA	PROJETO "AS BUILT" (S/N)	
	QUAIS SÃO	COMO SÃO APRESENTADOS	CLAROS COMP. DET. (S/N)	ONDE MELHORAR	CLIENTE VALIDA (S/N)	SIM / NÃO	REG. (S/N)				
ARQUITETURA	A-1	Maquetes, caderno com desenhos e informações, perspectiva e vídeo. Projetos para prefeitura. Desenhos de execução (PEA)	Caderno de desenhos, maquete e vídeo.	SIM	-	SIM	SIM. Reuniões para apresentação.	NÃO	em alguns casos	problemas com solda nas ligações.	NÃO
	A-2	Desenhos (plantas, cortes e fachadas) e especificação de material.	Formato A3 (EPA, APA, PBA) e formato A1, padrão prefeitura (PEA=PL)	SIM	Detalhamento	SIM	NÃO	NÃO	raramente	não têm conhecimento	NÃO
	A-3	Laudo técnico (diagnóstico), desenhos de projeto	Padrão das instituições e próprio quando a empresa contratante não tem.	SIM	-	SIM	SIM	SIM	em alguns casos	Compatibilização de vedação com estrutura devido a desconhecimento técnico.	NÃO
	A-4	Material exigido para aprovação (CD e plotagem). Especificação básica de materiais de acabamento de fachada.	Define em função do tamanho de projeto (escalas). Normalmente em A1. Memórias e especificações (A4).	SIM	Detalhamento (quando for remunerado para tal)	SIM. Pelo coordenador	RARO, mais por e-mail e com o estrutural	NÃO	NÃO	-	-
	A-5	Desenhos, material de publicação, documentação técnica e administrativa, contratos, vídeo.	Entregues em CD e Impresso em formatos A1	SIM são auditados	-	SIM	SIM	SIM	em alguns casos	NÃO. A estrutura metálica é a que menos dá problema pois tudo é pensado antes e com precisão de milímetro.	SIM, mas é raro.
	A-6	Desenhos de projeto (planta, corte, fachada e perspectiva)	Formato A1, sem padrão de carimbo.		Acha que pode melhorar. Procura ser, procura ter a visão de quem vai construir.	NÃO	SIM	NÃO	SIM. Acompanha.	Problemas pequenos. Quando é reforma e ampliação acontece com mais frequência e não são previstos em projeto. Para o arquiteto, é nessa hora (na resolução de problemas) que o profissional mostra o quanto ele é criativo.	NÃO
	A-7	Desenhos, cópias dos arquivos eletrônicos, croquis, tabelas de especificação.	Formato A1, padrão de carimbo próprio.	SIM	Não poluir com informações que dificultarão a leitura dos diversos profissionais. É melhor orientar cada projetista e deixar que eles próprios detalhem suas especialidades.	NÃO	SIM	NÃO	SIM. Acompanha.	Poucos devido às discussões exaustivas no começo da obra.	NÃO
CONS	C-1	Projetos	Padrão construtora	SIM	-	-	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
	C-2	Projetos	Padrão construtora	SIM	-	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM

OBS: Legenda: EPA – Estudo Preliminar de Arquitetura; APA – Anteprojeto de Arquitetura; PBA – Projeto Básico de Arquitetura; PL – Projeto Legal; PEA – Projeto Executivo de Arquitetura.

Tabela 5.6. Análise das saídas dos projetos (continuação)

	CÓD.	DOCUMENTOS GERADOS				REUNIÕES PÓS-ENTREGA		PROJETISTA VISITA OBRA DURANTE EXECUÇÃO PROJETO	IMPROVISAZÃO OU PROBLEMA FREQUENTE NA OBRA	PROJETO "AS BUILT" (S/N)	
		QUAIS SÃO	COMO SÃO APRESENTADOS	CLAROS COMP. DET. (S/N)	ONDE MELHORAR	CLIENTE VALIDA (S/N)	SIM / NÃO				REG. (S/N)
COORDENAÇÃO	CO-1	Projetos	cada um tinha uma padronização de uma forma (layer, formato, carimbo)	SIM	Nada	NÃO	NÃO	-	SIM	infiltração de água entre estrutura e vedação.	-
	CO-2	Variado (projetos, especificações, orçamentos)	padrão definido na reunião inicial do empreendimento	Atípico. Perde tempo formatando projeto de outras pessoas.	Falta critério. Foco para coisas menos importantes e falta atenção às coisas importantes.	SIM	SIM. Apresentação de projeto.	SIM	SIM	-	-
FABRICANTES	F-1	memória de cálculo, desenhos e lista de materiais	memória de cálculo encadernada	SIM	Nada	SIM	NÃO	-	NÃO	SIM. Devido a falta de informações, principalmente em ampliações.	SIM
	F-2	Memória de cálculo, desenhos de projetos, requisições de materiais	Cliente recebe em formato A2. Cliente não recebe o projeto inteiro, pois a empresa não vende projeto, vende a obra.	SIM	Informatização das saídas (lista de materiais, principalmente)	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM. Muitas. Soluções imediatistas. Furos em vigas para passagem das instalações. Mudança do posicionamento da estrutura. Erros do posicionamento dos chumbadores e fundação (desnivelado, desalinhado e rotacionado). Erros no detalhamento de projeto. Erros de fabricação.	NÃO
	F-3	Desenhos de PBE, lista de material avançada, especificação de fabricação e montagem.	PBE - formato A1. Padrão do cliente.	NÃO	mais informação em textos (descrição da origem das coisas).	SIM	SIM	SIM	SIM. Esporadicamente, quando surge um problema.	SIM. Especificação de materiais que não existem mais ou são difíceis de encontrar no mercado ou no prazo da obra.	SIM se o cliente pede.

OBS: Legenda: PBE – Projeto Básico de Estruturas.

5.3 Relação entre agentes do processo de projeto

A relação entre os profissionais de projeto durante todo o processo deve ser analisada devido ao fato de muitos problemas do processo de projeto terem causas relacionadas a falhas na comunicação entre os diferentes agentes envolvidos. Como e quando acontece a comunicação entre as diversas especialidades, se existem coordenadores de projeto e qual o papel deles dentro dos empreendimentos, são algumas das questões que devem ser respondidas para tentar esclarecer onde se encontram as falhas na relação entre os projetistas das diversas especialidades técnicas. Se a comunicação entre os diversos profissionais envolvidos no processo de projeto for mais eficiente, será possível solucionar muitos problemas no processo de projeto.

Segundo Melhado & Cambiaghi (2006), as comunicações internas e externas devem ser registradas e controladas uma vez que podem envolver informações relacionadas com o projeto e podem ser fornecidas em qualquer mídia e ocasião. Através destes registros, segundo os autores, é possível controlar, encaminhar adequadamente as informações e assegurar retorno apropriado ao contratante no menor prazo possível. Sendo assim, os autores afirmam que as empresas de projeto devem registrar todas as comunicações com o contratante e demais envolvidos com o processo de projeto, principalmente quando relacionados a informações do projeto, tratamentos de consultas, contratos, pedidos e aditivos e retroalimentação pelo contratante.

O que foi possível perceber com a realização das entrevistas é que grande parte da comunicação entre projetistas acontece principalmente através de telefonemas e e-mails. Estas acontecem durante todo o projeto, porém os registros se resumem a guarda dos e-mails recebidos e enviados. Não são realizados registros das informações e solicitações resolvidas durante conversas informais ao telefone.

Também acontecem reuniões durante o desenvolvimento dos projetos, porém estas acontecem em etapas previamente definidas, principalmente no início do projeto. Os registros destas reuniões, quando acontecem são realizados através de atas, assinadas por todos os profissionais presentes. Podem estar presentes nestas reuniões:

profissionais das diversas especialidades de projeto, coordenadores de projeto (caso houver), e os construtores ou empreendedores (donos do empreendimento).

Porém, a participação dos empreendedores normalmente acontece nas reuniões iniciais de definição do empreendimento sendo que, em reuniões destinadas a definições de requisitos técnicos dos projetos, normalmente, este chega a ser representado por um profissional mais habituado com a rotina técnica de um empreendimento. O empreendedor ou construtor também costuma analisar a viabilidade técnica e econômica do empreendimento de acordo com estudos apresentados pelos profissionais de projeto durante estas reuniões.

A partir do início do desenvolvimento do projeto, principalmente em empreendimentos maiores, o que se pode perceber nas entrevistas é que nas reuniões posteriores, o empreendedor é representado por um profissional da área técnica ou mesmo por um coordenador de projetos. Este, que também pode desenvolver o papel de coordenador de contratos, pode ser a ligação entre as empresas de projeto e o dono do empreendimento. Sendo assim, as solicitações do contratante acabam sendo apresentadas aos projetistas através do coordenador. O coordenador também pode participar da formulação do programa de necessidades através de orientações técnicas e sugestões.

Pode-se perceber que a figura do coordenador de projetos está presente em 16 das 25 empresas entrevistadas. Quando existe a figura do coordenador de projetos, as equipes de projeto se reportam a ele. Este profissional pode assumir diversas responsabilidades. Pode ser interno à empresa de projetos, porém pode também ser um profissional ligado diretamente à empresa contratante. Algumas empresas são especializadas em desenvolver esta função e são contratadas juntamente com as empresas de projeto no início do planejamento do empreendimento. Têm como principais atribuições: (a) centralizar todas as informações dos projetos; (b) receber, analisar e distribuir os projetos; (c) controlar documentos; (d) articular a comunicação entre projetistas; (e) gerenciar as reuniões com os profissionais; (f) identificar problemas nas interfaces entre os projetos e (g) realizar compatibilização destes. Porém, foi possível perceber nas empresas entrevistadas que o coordenador de projetos não desenvolve todas as

responsabilidades que podem caber à figura deste profissional. Muitas vezes, apenas recebe e redireciona os projetos, mas dificilmente realiza uma compatibilização eficiente dos projetos das diversas especialidades técnicas.

Em alguns casos, o coordenador chega a ser responsável pela contratação dos profissionais de projeto e até mesmo de obra. Neste caso, responsabilidade com relação à qualidade final do empreendimento e a garantia do cumprimento dos prazos e valores destinados ao desenvolvimento do empreendimento passam a fazer parte das atribuições conferidas ao coordenador de contratos e projetos.

É importante salientar a diferença entre coordenador de contratos e coordenador de projetos. As funções destinadas a um coordenador de contratos possuem principalmente caráter administrativo e jurídico. Não é necessário que este esteja familiarizado com a área técnica. Já o coordenador de projetos é fundamentalmente ligado às questões técnicas dos empreendimentos. É necessário que, além de um grande domínio sobre o desenvolvimento dos projetos das diversas especialidades, este tenha uma grande vivência de obra. É importante que este conheça, mesmo que de forma macro, todas as disciplinas. Percebe-se que, nas empresas entrevistadas, a formação principal do coordenador de projetos é em engenharia civil, apesar desta função também ser exercida por arquitetos em alguns casos.

A compatibilização de projetos pode ser realizada pelo coordenador, quando este existe, ou, no caso da inexistência deste, quem realiza são os próprios profissionais de projeto. Estes podem ser arquitetos ou engenheiros, mas a grande maioria das empresas respondeu que caso não haja coordenador de projetos, cada profissional se responsabiliza por compatibilizar sua especialidade com as demais.

A compatibilização de projetos, segundo as empresas entrevistadas, pode acontecer de várias formas. Algumas empresas realizam sobreposição dos projetos e desta forma visualizam as interferências, outras afirmam que resolvem os problemas das interferências entre projetos em reuniões com os profissionais de projeto. Algumas afirmaram que a compatibilização é garantida com o intercâmbio entre os projetos das

diversas especialidades. Também surgiram respostas como: “não existe compatibilização” ou “não sei como acontece”. O que foi possível perceber é que nenhuma empresa entrevistada apresenta um procedimento formal e eficaz para garantir que os projetos não serão enviados ao canteiro de obra sem a total compatibilização das interferências entre projetos. Os motivos principais para que a compatibilização não ocorra de uma forma adequada podem estar no tempo destinado ao projeto e também na impossibilidade de quantificar o quanto um projeto compatibilizado é mais vantajoso economicamente. Não é possível mensurar previamente o aumento da qualidade em projetos onde a compatibilização de projetos é eficaz. Desta forma, poucos profissionais, empreendedores e construtores valorizam este tipo de serviço. Muitas vezes, a falta de compatibilização só é notada no canteiro de obra.

Estes profissionais são muito importantes no desenvolvimento do processo de projeto, pois conseguem, devido a grande experiência destes, antever as possíveis incompatibilidades entre disciplinas de projeto, resolvendo-as em sua maioria ainda durante o processo de projeto. Porém, as empresas contratantes não conseguem facilmente visualizar os benefícios e mensurar a economia que podem ter caso contratem este tipo de profissionais. Além disto, foi comum encontrar durante o desenvolvimento das entrevistas uma certa confusão entre os papéis de coordenador de projetos e coordenador de contratos. Em muitos casos foi possível perceber que a maioria das empresas entrevistadas, não faz corretamente esta distinção. Observou-se nas empresas entrevistadas que o coordenador de projetos era descrito como coordenador de contratos, não desenvolvendo nenhuma das funções técnicas de gerenciamento e compatibilização dos projetos. Alguns profissionais que hoje exercem a função de coordenador de projetos nos empreendimentos, não têm experiência com o desenvolvimento dos projetos no canteiro de obra, o que impede a estes que visualizem alguns tipos de problemas comumente encontrados nas construções.

A TAB 5.7 apresenta uma síntese das respostas apresentadas sobre a relação entre agentes do processo de projeto.

Tabela 5.7. Relação entre agentes do processo de projeto

CÓD.	COORDENADOR			COMUNICAÇÃO ENTRE PROFISSIONAIS.			COMPATIBILIZAÇÃO		
	SIM / NÃO	QUEM É	O QUE FAZ E RELAÇÃO COM OS PROFISSIONAIS	COMO	QUANDO	FORMALIZADO EM DOCUMENTO (S/N)	COMO	QUEM FAZ	
ESTRUTURAS	E-1	NÃO	-	-	E-mail, telefone e reuniões	durante todo o projeto	SIM (atas)	coloca estrutural em cima do arquitetônico	estrutural (estrutura-arquitetura)
	E-2	NÃO	-	-	E-mail, telefone e reuniões	durante todo o projeto	SIM (atas)	No projeto conceitual são definidas as soluções das interferências.	Arquiteto
	E-3	SIM	tem um interno e um externo à empresa	Centraliza todas as informações. Gerente de contrato que faz o papel de coordenação. Os projetistas se reportam à ele.	contato entre coordenadores, reunião, e-mail.	durante todo o projeto, mas mais no começo.	SIM (atas)	feita através de reuniões	profissionais envolvidos e tem uma equipe que fica por conta de resolver as interfaces.
	E-4	SIM	engenheiro empresa contratante	Passa as informações de todos os projetos de todas as especialidades para todos os projetistas. Os projetistas se reportam a ele. Responsável pelo fechamento e compatibilização das interfaces entre projeto.	reunião, e-mail telefone	início do projeto	SIM (atas)	não sabe como é feito	coordenador externo
	E-5	SIM	interno à empresa (engenheiro ou projetista). Existe um da empresa contratante.	Responsável pelo contato com cliente e passa informações para os projetistas. Os projetistas se reportam à ele. Coordenar os projetos das diversas disciplinas técnicas e a interface deles com o estrutural. Conversas entre coordenadores (internos e externos).	reunião, e-mail telefone	durante todo o projeto, mas mais no começo.	SIM (atas das reuniões. Telefone fica informal)	os projetos são passados para os projetistas das diversas especialidades analisarem todas as disciplinas	profissionais envolvidos
	E-6	NÃO	-	-	e-mail e telefone	durante todo o projeto	NÃO	engenheiro estrutural passa o projeto para as outras especialidades e eles olham as interferências.	projetistas das outras especialidades.
	E-7	SIM	interno à empresa	Controla os documentos. É a ele que os projetistas se reportam. Acompanha a compatibilização. Coordena reuniões.	reunião, e-mail telefone e sistema interno no computador.	durante todo o projeto, mas mais no começo.	SIM	todos os projetos são desenvolvidos pela empresa e o coordenador junta as equipes durante o desenvolvimento do projeto.	cada especialidade e/ou coordenador.
	E-8	NÃO	-	-	telefone e reuniões	durante todo o projeto, mas mais no começo.	às vezes tem ata	verificação em 3D	profissionais das empresas contratantes ou na obra
	E-9	NÃO	-	-	Reuniões iniciais. "A comunicação é feita no desenho".	não existe fora das reuniões iniciais.	NÃO	não existe. Sobre projetos das demais disciplinas técnicas: "passam em qualquer lugar após meu projeto ter terminado"	-
	E-10	NÃO	-	-	reunião e e-mail. telefone: menos	o tempo todo	Atas de reunião.	passa tudo para o arquiteto e resolve interferências (arquitetura-estrutura) nas reuniões. Demais disciplinas, apenas arquiteto participa.	Arquiteto
	E-11	SIM	interno à empresa (engenheiro ou projetista)	o sucesso de um empreendimento depende da atenção dele às interfaces de projeto.	E-mail e telefone	durante todo o projeto	NÃO	verificadores através de cópias de todas as especialidades, analisam os projetos checando se as "coisas estão casando". Algumas especialidades já trabalham em cima de outros projetos de outras especialidades feitos anteriormente.	Coordenador interno

Tabela 5.7. Relação entre agentes do processo de projeto (continuação)

CÓD.	COORDENADOR			COMUNICAÇÃO ENTRE PROFISSIONAIS.			COMPATIBILIZAÇÃO	
	SIM / NÃO	QUEM É	O QUE FAZ E RELAÇÃO COM OS PROFISSIONAIS	COMO	QUANDO	FORMALIZADO EM DOCUMENTO (S/N)	COMO	QUEM FAZ
A-1	NÃO	-	-	reuniões semanais e por e-mail / telefone	desde o começo do empreendimento.	SIM, para projetos mais formais. NÃO no caso de projetos mais simples.	Executivo sai compatibilizado. Resolução de interferências em reuniões semanais com diversas especialidades.	todos os profissionais.
A-2	SIM	Engenheiro Civil da cooperativa	recebe e repassa projetos. Recebe projetos por e-mail e passa as necessidades de projeto.	telefone e e-mail	principalmente no começo, mas durante todo o empreendimento	NÃO. Apenas registro dos e-mails	Feito depois do projeto de arquitetura	Coordenador
A-3	SIM	Informalmente. O próprio arquiteto	recebe e repassa projetos. Coordena comunicação entre projetistas (articulação). reuniões de apresentação de projetos com todos os projetistas.	reuniões, telefone e e-mail	Mais no começo do empreendimento e no final. Porém acontecem várias outras ao longo do processo de projeto do empreendimento.	SIM. No caso de projetos institucionais.	Faz questão de ele mesmo fazer e recebe por isso. Reuniões de apresentação de projeto arquitetônico antes da concepção dos projetos de engenharia. Outras disciplinas dão sugestões ao projeto de arquitetura. Sobrepõe os projetos. Guarda os projetos das diversas disciplinas.	o próprio arquiteto
A-4	SIM	Engenheiro Civil contratado para isso.	recebe e repassa projetos. Os profissionais entregavam seus projetos e se reportavam.	E-mail e telefone. Reuniões técnicas para discutir projeto (poucas físicas).	entre AP e PE (projeto definitivo/ legal)	SIM. Guarda e-mails (impressos, inclusive).	Reuniões para discutir ajustes entre projetos.	todos os profissionais e coordenador.
A-5	SIM	Equipe Interna. Arquiteto	Cada projeto sem seu coordenador interno e uma equipe interna de desenvolvimento.	Reunião geral com todos os especialistas. E-mail e telefone.	Todas as pessoas do escritório e de todas as especialidades estão sempre informadas, participam e cooperam. Reuniões gerais: no início do empreendimento.	SIM. Ata com assinatura de todos.	Reuniões para discutir ajustes entre projetos ("correções de rota"). Através de software próprio, os trabalhos são alterados em tempo real. Todos os escritórios das diversas especialidades recebem as alterações de projeto em tempo real, o que garante que todos trabalhem com a última versão de todas as especialidades.	O escritório do arquiteto compatibiliza todos os projetos com a arquitetura. Entre as especialidades o arquiteto é apenas uma ponte entre eles. Pode haver um escritório contratado à parte.
A-6	NÃO	-	-	Reuniões. Evita telefone e e-mail para não gerar problemas de interpretação incorreta.	quando surge um problema.	NÃO	Resolve interferências analisando os projetos das diversas especialidades e às vezes na obra dando soluções para questões não pensadas.	o arquiteto que gosta de fazer para resolver as interferências em prol da arquitetura.
A-7	SIM	o mesmo faz este papel, mas na construtora era um diretor técnico e um arquiteto.	era a ele que os profissionais das diversas especialidades se reportavam. Sobrepunha os projetos e fazia a compatibilização. Coordenador de projeto: cargo muito importante (gerente de projetos).	reuniões e telefone.	Mais no começo do empreendimento e no final. Porém acontecem ao longo do processo de projeto do empreendimento.	NÃO	Recebe os projetos das diversas disciplinas técnicas e fazem o casamento no PE.	o arquiteto

Tabela 5.7. Relação entre agentes do processo de projeto (continuação)

CÓD.	COORDENADOR			COMUNICAÇÃO ENTRE PROFISSIONAIS.			COMPATIBILIZAÇÃO		
	SIM / NÃO	QUEM É	O QUE FAZ E RELAÇÃO COM OS PROFISSIONAIS	COMO	QUANDO	FORMALIZADO EM DOCUMENTO (S/N)	COMO	QUEM FAZ	
CONSTRUT.	C-1	SIM	Equipe Interna	reúne os projetos. Coordena as reuniões com os profissionais.	Reuniões, telefone e e-mail	ao longo de todo o projeto	NÃO	Reunião entre equipes.	cada profissional faz o seu projeto
	C-2	SIM	Equipe Interna	recebe e distribui os projetos, coordena as análises críticas, as entregas de projeto e comunicação de projetistas. Coordena comunicação e entrega/ recebimento de projetos.	Reuniões, telefone e e-mail	ao longo de todo o projeto	SIM	comunicação por e-mail ou telefone.	os próprios projetistas
COORDENAÇÃO	CO-1	SIM	Engenheiro Civil	Articulou a idéia (venda do conceito) do empreendimento, indicou profissionais de projeto e obra. Coordenação de contrato e projetos. Recebe e repassa projetos. Coordena comunicação entre projetistas. Ligação entre projetistas (alguns não tinham conhecimento do aço). Coordenação dos projetos não muito formal. Coordenação de contrato: perfil de solucionar problemas. Coordenação de projetos: necessário ter conhecimento específico/ técnico além do perfil de coordenação de contratos. Uma pessoa pode fazer ambos desde que tenha anteriormente passado pela coordenação de contratos.	Sem reuniões. Telefone e e-mail. Apenas entre o coordenador e profissionais.	mais no começo	Apenas por e-mail	Recebimento de projetos por e-mail, análise em papel e indicação (sugestão) aos projetistas das interferências. Coordenador não sobrepunha projetos devido ao pouco conhecimento de AutoCad.	Coordenador e projetistas.
	CO-2	SIM	Arquitetos	integra projeto e gerenciar a execução dos projetos (estrutura, elétrica, hidráulica, etc.). Gerente de projetos e de contrato. Coordena os projetos das diversas especialidades (área técnica) e também pode ser o responsável pelas contratações das diversas disciplinas. Encaminha o programa de necessidades para os projetistas que participam da formulação deste dando sugestões e orientações. Coordenador de contrato: escopo administrativo e jurídico. Não é técnico. Coordenador de projeto é fundamentalmente técnico. Conhece mesmo que de forma macro, todas as disciplinas.	Celog, e-mail e reuniões. Pouco telefone.	mais na fase de negociações técnicas.	SIM	Analisa os projetos e informa às especialidades onde estão os problemas de interferências que são responsáveis em equalizar as soluções através da mediação do coordenador de projetos.	a empresa coordenadora
FABRICANTES	F-1	SIM	Coordenadores de obra. Equipe interna. Engenheiro	conhecer de materiais, do fluxo de trabalho, de projeto, da fábrica.	reunião, e-mail, fax, telefones	02 reuniões no começo e de outras formas ao longo do projeto/ fabricação.	SIM. Atas de reunião.	Reuniões	cada profissional faz o seu projeto
	F-2	Mais ou menos	Arquiteto	conversa com estrutural e resolve problemas a partir das reuniões. Não existe coordenação de projetos na prática, o que existe é a coordenação de contrato.	reunião, e-mail, fax, telefones	freqüente	NÃO	Reuniões e discussão	cada profissional faz o seu projeto
	F-3	SIM	Equipe interna. Coordena o projeto dentro da empresa. Tem também um responsável pelo empreendimento (cliente). Engenheiro	Externamente à empresa: conversa com coordenador interno, repassa e recebe os projetos. Internamente: responsável por passar todas as informações aos projetistas. É a ele que os projetistas se reportam. Faz reunião de conhecimento do projeto (entrada) com toda a equipe e faz análises críticas ao longo de todo o projeto. É responsável pelo contato com o coordenador externo.	e-mail e reuniões.	mais no começo, mas também acontece ao longo de todo o processo.	SIM	Manda todas as informações para o cliente.	Compatibilização final feita pela engenharia do cliente.

5.4 Gestão de documentos

Segundo Melhado & Cambiaghi (2006), a gestão da documentação é um dos pilares indicativos da capacidade de prestação de serviços de projeto de uma empresa. Para os autores, a documentação, juntamente com a comunicação e o tratamento dispensado aos clientes são “parâmetros que podem ser assimilados a uma competência básica de gestão” (MELHADO & CAMBIAGHI, 2006, p. 16). Sendo assim, para que se tenha uma gestão da documentação eficiente, os documentos de projeto devem ser classificados, identificados e rastreados.

Segundo os mesmos autores, o sistema de classificação e identificação de documentos de projeto deve ser aprovado pelo contratante e ser de conhecimento dos demais agentes envolvidos no processo de projeto. Foi possível perceber nas entrevistas, conforme salientado no item 5.2.a, que as empresas de projeto estrutural entrevistadas, em sua maioria, utilizam o padrão imposto pelo cliente contratante com relação à nomenclatura dos arquivos. Caso o contratante não adote nenhum padrão, é utilizado o padrão das empresas de projeto. Ainda existem empresas que acrescentam à nomenclatura do contratante a própria nomenclatura (ver TAB 5.4).

Para Melhado & Cambiaghi (op. cit.), as alterações de projeto devem poder ser rastreadas. Sendo assim, é necessário que estas informações sejam claramente identificadas. Também devem ser mantidos registros destas. O que foi possível perceber é que, na grande maioria dos casos, as revisões de projeto são identificadas nos próprios carimbos dos formatos dos desenhos gerados pelas empresas de projeto (ver TAB. 5.5). Nestas informações estão contidas normalmente a data da modificação e o nome do responsável pela alteração. Os conteúdos das alterações costumam estar indicados nos próprios desenhos através de “amebas”. A nomenclatura do arquivo também é alterada e é possível identificar que se trata de arquivos alterados. Porém, vários entrevistados afirmaram que muitos projetistas não têm o hábito de identificar as modificações com “amebas” ou outras formas de sinalização, o que prejudica a identificação do que foi alterado. Sendo assim, o profissional ao receber a revisão tem que analisar todo o desenho comparando com a versão anterior para tentar identificar o que foi modificado.

Desta forma aumenta-se a possibilidade de que alguma alteração não seja percebida e compatibilizada com todas as especialidades de projeto. Além disto, foi possível perceber que não existe um procedimento claro com relação à garantia de que os profissionais estão trabalhando com as últimas versões dos projetos. Normalmente, os projetos são enviados a um coordenador de projetos que se responsabiliza por encaminhar as novas versões a todos os agentes interessados (conforme salientado no item 5.3). Porém, na inexistência deste profissional, não há a garantia de que todos os agentes envolvidos interessados sejam informados das novas versões de todos os projetos. Sendo assim o que mais acontece é que os profissionais acabam trabalhando com versões ultrapassadas e as informações desconhecidas normalmente só são percebidas no canteiro de obra. Quando percebidas antes da execução do projeto, ainda no desenvolvimento geram retrabalhos e perda de tempo.

Com relação ao recebimento e envio de documentos, as empresas de projeto estrutural recebem os documentos de entrada através de e-mails quando se tratam de arquivos de projeto, ou mesmo pessoalmente através de reuniões com outros profissionais de projeto ou clientes quando se tratam de documentos impressos e CDs. As saídas dos projetos estruturais costumam ser encaminhadas em sua maior parte através de e-mail. Porém alguns clientes exigem que os projetos sejam entregues impressos. Com relação a protocolos de envio e recebimento, apesar de ainda existirem algumas empresas que não registram as entradas e saídas de documentos, a maioria registra de alguma forma. Algumas empresas utilizam o e-mail para formalizar os registros, mas a forma mais observada de registro acontece através de Guias de Remessa de Documentos, mais conhecidas como GRD. Estas, encaminhadas junto com os projetos, basicamente costumam identificar o que está sendo entregue, a data da entrega e o nome do cliente. Normalmente são assinadas pelas empresas quando estas recebem os documentos ou são validadas através de e-mails.

Melhado & Cambiaghi (2006) ainda afirmam que a empresa de projeto deve manter a confidencialidade quanto aos documentos e informações dos contratantes. Devem assegurar a conservação de todos os documentos pelo período estabelecido pelo contratante ou de responsabilidade técnica.

Todas as empresas de projeto estrutural entrevistadas costumam arquivar os documentos em meio eletrônico. Estes são armazenados nos servidores das empresas e são realizados backup periódicos. Algumas empresas também conservam os projetos na forma impressa. Costumam controlar os documentos através do número do contrato, número da Ordem de Serviço – OS, nome ou número do cliente ou nome da obra. Porém, pode-se perceber que o controle da documentação realizado nas empresas é bastante rudimentar, apesar de algumas empresas já terem estabelecido alguma organização interna. Algumas empresas mais preocupadas com o controle de documentos estabeleceram sistemas próprios para rastrear os documentos e contrataram profissionais especializados em organização de documentos.

Segundo Melhado & Cambiaghi (2006), apenas os documentos verificados e validados com a participação do contratante devem ser liberados para execução. Segundo as empresas entrevistadas, devido ao pouco tempo destinado ao projeto, não está sendo realizada a etapa de verificação dos projetos e estes acabam sendo executados sem uma análise prévia criteriosa de outros agentes de projeto e mesmo dos contratantes. Além disto, segundo as empresas entrevistadas, muitos contratantes não tem experiência técnica para verificar projetos, principalmente projetos estruturais metálicos. Em alguns casos, quando é possível realizar a verificação, os contratantes acabam designando outros profissionais e mesmo empresas de coordenação, para que os projetos sejam verificados e validados. A não validação dos projetos implica na não garantia de total compatibilização com os projetos das demais especialidades técnicas, ou mesmo que projetos com erros ou equívocos provenientes da etapa de desenvolvimento dos projetos, não sejam percebidos e sigam para ser executados no canteiro de obra. Desta forma, problemas totalmente corrigíveis ainda durante o processo de projeto, podem gerar grandes inconvenientes na construção, ocasionando incompatibilidades, retrabalhos, perda de tempo e recursos.

A TAB 5.8 apresenta uma síntese das respostas apresentadas sobre a análise da gestão de documentação das empresas entrevistadas.

Tabela 5.8. Análise da gestão de documentação das empresas entrevistadas

CÓD.	ARQUIVAMENTO		OBS	BACKUP	RECEBIMENTO		ENVIO		
	ELETRÔNICO	IMPRESSO			FORMA	PROTOCOLO S/N	FORMA	PROTOCOLO VALIDAÇÃO S/N	
ESTRUTURAS	E-1	X	X	Manual. Pastas de arquivamento	SIM	reunião e e-mail	SIM	e-mail	NÃO
	E-2	X	-	Controle rudimentar. Arquivo morto e trabalho atuais. Separa por cliente, memórias de cálculo, desenhos de montagem e desenho de fabricação.	SIM	e-mail	SIM. GRD.	e-mail	SIM. GRD.
	E-3	X	X	Controle feito pelo nº do cliente. Armazena por obra. Contratou uma bibliotecária para organizar o arquivo de documentos. Já fizeram um projeto em que todos os desenhos eram colocados em um site (sempre ficava a última versão) e o acesso era feito através de senha por toda a equipe.	SIM	e-mail	SIM	e-mail e impresso	SIM. GRD.
	E-4	X	X	Servidor armazena todos os dados de recebimento de arquivos. Nome da obra e data.	SIM	e-mail	SIM. GRD.	e-mail	SIM. GRD.
	E-5	X	-	Por empresa, nº do contrato, projeto.	SIM	CD e impresso	SIM. GRD.	e-mail	SIM. GRD.
	E-6	X	X	Péssimo. "Devem ter pessoas próprias para as áreas técnicas e administrativas. Uma boa organização permite que qualquer um localize o que precisa". No caso, ninguém localiza nada, só ele.	SIM. mensal	pessoalmente com o cliente ou e-mail.	NÃO	e-mail	NÃO
	E-7	X	-	centralizado. Toda a emissão de documento é via solicitação e nem todos tem acesso.	SIM	e-mail	SIM	e-mail e impresso	SIM
	E-8	X	X	Completo. Projetos são arquivadas pelo nº do pedido (OS). Nome do cliente e nome da obra.	SIM	e-mail e documentos físicos	NÃO	e-mail e impresso	SIM
	E-9	X	-	Sistema próprio para rastrear documento.	SIM	e-mail e documentos físicos	NÃO	e-mail	NÃO
	E-10	X	X	Desorganizado	SIM	e-mail	SIM. GRD.	e-mail	SIM. GRD.
	E-11	X	X	Sistema interno que controla saídas, entradas e liberações de documentos e andamento de contratos, faturamentos. Documentos técnicos e administrativos. Nem todos tem acesso a todos os documentos. Arquivamento pelo nº de contrato.	SIM	e-mail	SIM	e-mail e impresso	SIM. GRD.
ARQUITETURA	A-1	X	-	Controle rudimentar	SIM	reunião	NÃO	apresentação para o cliente com acompanhamento dos engenheiros. Para outros profissionais, por e-mail.	NÃO
	A-2	X	X	aprendeu com o tempo, sem orientações técnicas para organização. Projetos mais antigos são guardados impressos.	SIM (sem padrão)	e-mail e documentos de clientes (físico)	NÃO	e-mail / apresentação	SIM
	A-3	X	X	Aprendeu com o tempo, sem orientações técnicas para organização. Guarda projetos das diversas disciplinas técnicas. Físico: projetos mais antigos, contratos, croquis e desenhos representativos, documentação legal, registros de entrevistas.	SIM (sem padrão)	documentos físicos.	NÃO	físico (desenhos humanizados) e eletrônico. Procedimento de entrega formal (instituições).	SIM
	A-4	X	X	Completo	SIM	e-mail e documentos de clientes (físico)	SIM	Passa para o coordenador (quando existe). CD e impresso.	SIM
	A-5	X	X	Completo. Tudo no servidor. Acesso através de senhas em qualquer lugar via internet. O serviço pode ser rastreado, controlado.	SIM	documentos físicos e reuniões com os clientes.	SIM	CD e impresso	SIM
	A-6	X	X	Muito desorganizado. Não tem nenhum procedimento e controle. Apaga arquivos que não tem que apagar e costuma não achar o que guardou.	SIM (sem padrão e controle)	Reunião com os clientes	NÃO	apresentação	NÃO
	A-7	X	X	Completo. Ordena pelo nome do projeto. Cada projeto em um sigla e então consegue localizar um desenho.	SIM	Reunião com os clientes	NÃO	e-mail e impresso	NÃO

Tabela 5.8. Análise da gestão de documentação das empresas entrevistadas (continuação)

	CÓD.	CONTROLE DE DOCUMENTOS							
		ARQUIVAMENTO		OBS	BACKUP	RECEBIMENTO		ENVIO	
		ELETRÔNICO	IMPRESSO			FORMA	PROTOCOLO S/N	FORMA	PROTOCOLO VALIDAÇÃO S/N
CONSTRUT.	C-1	X	X	Cópias em CDs e caixa arquivo com cópias de papel. Rastreamento de documentos através das empresas contratadas também.	SIM	e-mail	e-mail	e-mail	e-mail
	C-2	X	X	Padrão ISO. Dono da construtora não soube responder como é.	SIM	e-mail e documentos físicos	SIM	e-mail e impresso	SIM
COORDENAÇÃO	CO-1	X	X	Completo	SIM	e-mail e documentos de clientes (físico)	SIM	e-mail e documentos de clientes (físico)	SIM
	CO-2	X	-	Completo. "É importante que todos saibam como achar estes documentos". Nem todos têm acesso. É necessário fazer uma solicitação. Matriz de responsabilidades pela hierarquia da empresa. Projetos identificados pelo centro de custo.	SIM. Dia, semana, mês e ano.	e-mail, celog	SIM	e-mail, celog	SIM
FABRICANTES	F-1	X	X	Controle rudimentar. Procedimentos próprios. Uma única pessoa é responsável pelo controle de documentos (recebimento e envio de arquivos).	SIM	e-mail	NÃO	e-mail e impresso	NÃO
	F-2	X	X	O procedimento era preconizado pela ISO, mas alguma coisa se perdeu devido a saída de pessoal.	SIM	e-mail	SIM	Para cliente: Apenas desenho de projeto (PBE). E-mail e impresso	SIM
	F-3	X	X	Caminho dos documentos: recebimento, classificação, avaliação e distribuição para cada setor respectivo. Tudo é acessado pela rede interna (intranet) da empresa (GED - Gerenciador Eletrônico de Documentos). Pode pesquisar qualquer documento de várias formas (nº documento, nº cliente, título desenho) e através de um link gerado na pesquisa faz-se o acesso ao documento. Documentos impressos são microfilmados e digitalizados.	SIM	CD, e-mail, FTP e físico (com procedimentos para posterior digitalização)	SIM	e-mail, FTP e impresso (clientes estrangeiros, principalmente)	SIM

5.5 Análise específica de um empreendimento

O empreendimento em análise no estudo de caso se caracteriza como edifício comercial de andares múltiplos com aproximadamente 3.300 m² de construção, distribuídos em 2 blocos com 3 pavimentos de andares corridos cada. As figuras FIG. 5.4, FIG, 5.5 e FIG.5.6 ilustram o empreendimento do estudo de caso. Localiza-se na área central da cidade de Belo Horizonte/ MG, foi desenvolvido a partir da necessidade de expansão de áreas internas de uma grande empresa pública da região, empresa esta que será tratada a partir deste ponto como EC-CO²².



Figura 5.4. Vista lateral direita do edifício (Fonte: arquivo EC-A)

²² As definições dos códigos atribuídos às empresas integrantes do processo de projeto do empreendimento do estudo de caso estão presentes no Capítulo 4, item 4.1.1.



Figura 5.5. Vista da cobertura do edifício (Fonte: arquivo EC-A)



Figura 5.6. Vista da fachada do edifício após montagem da estrutura (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 26/09/06)

O prazo para execução e entrega do empreendimento pronto para operação e os custos máximos que a edificação poderia alcançar, determinaram quais sistemas construtivos seriam utilizados. O edifício foi executado com sistema estrutural em aço: colunas e vigas metálicas, combinadas com lajes tipo *steel deck*. Para o fechamento vertical das fachadas, a empresa contratante EC-CO optou pela utilização de blocos de concreto celular autoclavado devido à sua facilidade de instalação e ao baixo peso final da alvenaria relativamente a outros materiais. As esquadrias utilizadas na fachada possuem caixilhos em alumínio e fechamento em vidro. As áreas molhadas (banheiros e cozinhas) se concentram na junção entre as duas torres perto da área de circulação vertical. As instalações hidráulicas são organizadas através de *shafts*, o que facilitou a execução destas e a compatibilização com outros sistemas presentes na construção. Não foi utilizado rebaixo em gesso e portanto o *steel deck* foi pintado na sua parte inferior encontrando-se aparente. As instalações elétricas, também aparentes, tiveram a parte de iluminação fixada diretamente no *steel deck*. As demais instalações elétricas e o cabeamento estruturado foram distribuídos sob piso elevado. Estas escolhas também foram influenciadas devido a prováveis modificações do layout interno. Também devido a este aspecto, os andares corridos estão organizados através de divisórias que podem ser realocadas mediante necessidade dos usuários. Um resumo do projeto arquitetônico, desenvolvido pela empresa de arquitetura EC-A pode ser visualizado nas figuras FIG.5.7 e FIG.5.8.

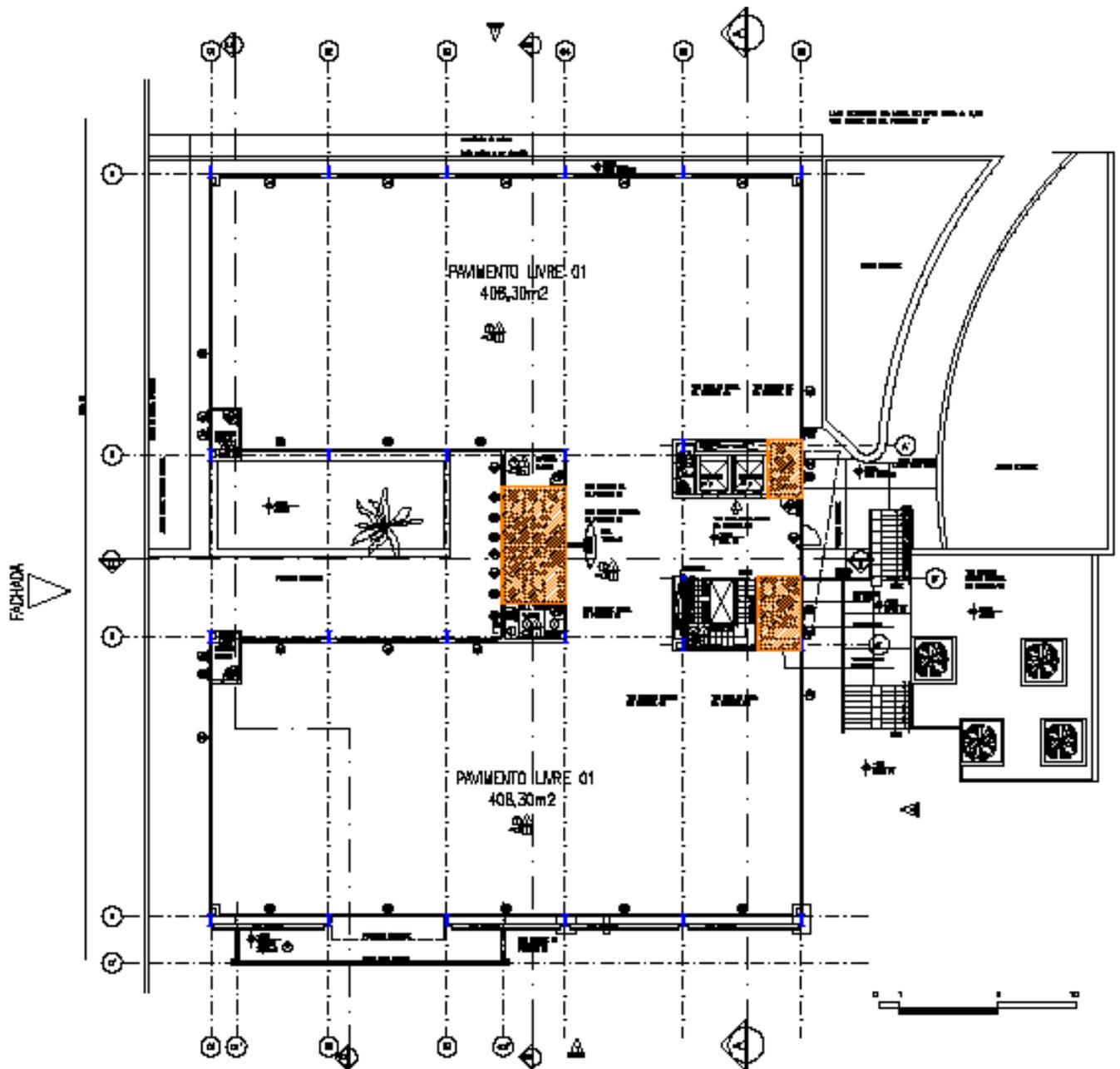


Figura 5.7. Projeto arquitetônico do empreendimento do estudo de caso – esboço do pavimento tipo (Fonte: adaptado projeto EC-A)²³

²³ As áreas hachuradas no desenho correspondem às áreas molhadas do edifício.

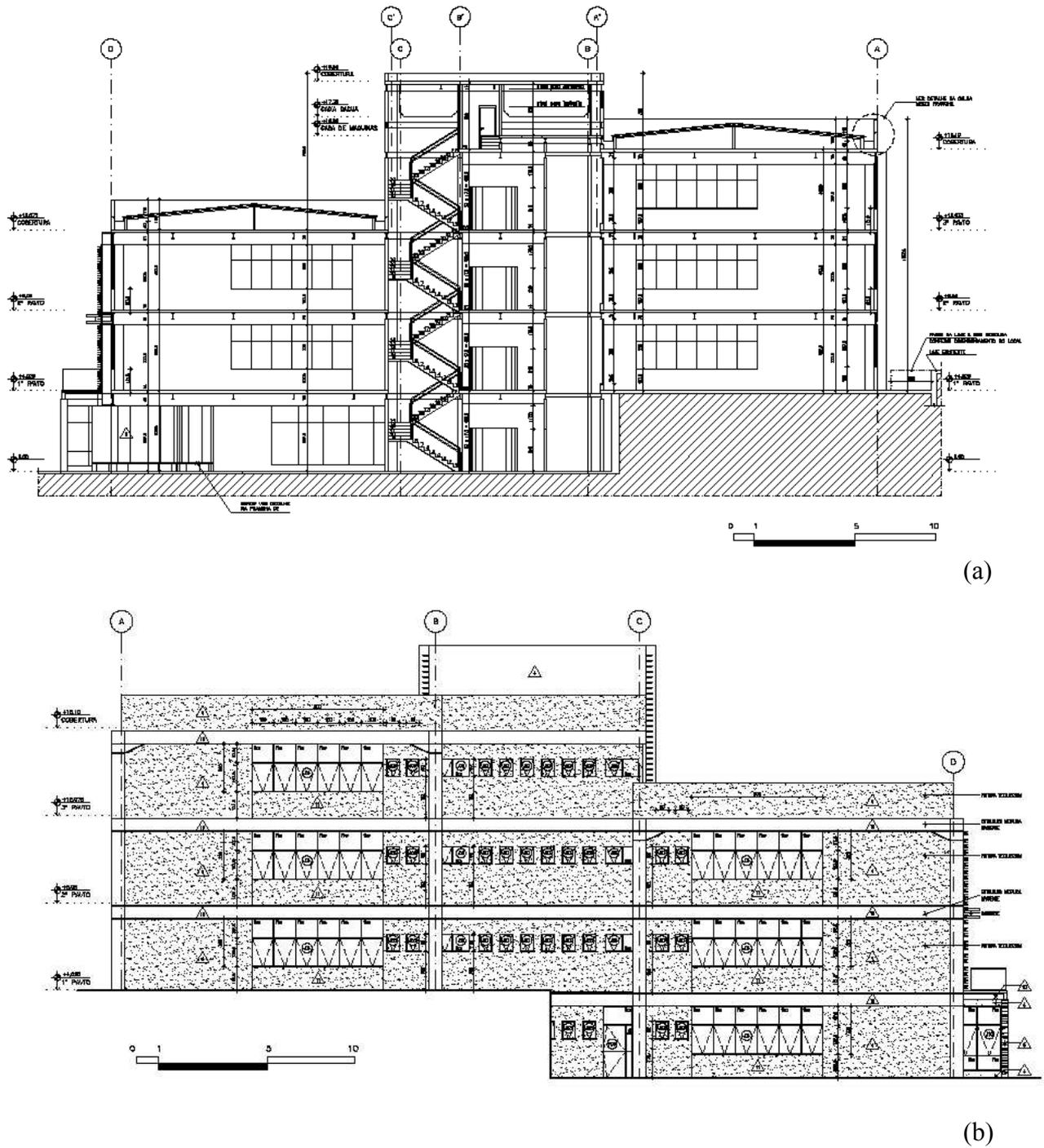


Figura 5.8. Projeto arquitetônico do empreendimento do estudo de caso. (a) corte AA e (b) fachada frontal (Fonte: arquivo EC-A)

5.5.1 Descrição do processo de projeto do estudo de caso

[a] Responsabilidades no processo de projeto e contratação das empresas

A empresa EC-CO é a empresa empreendedora e usuária da edificação em estudo. Sua equipe interna de engenharia e arquitetura participou desde o início da concepção do empreendimento, identificando as necessidades de projeto e elaborando um Estudo Preliminar de Arquitetura (EPA) em forma de croquis. Também foi responsável pela contratação da equipe de projetistas, exercendo o papel de coordenador de contratos e dos projetos. Além disto, contratou empresas que desenvolveram a obra e acompanhou a execução.

As empresas de projeto de arquitetura (EC-A) e de projetos de engenharia (EC-Eb), que desenvolveram os projetos deste empreendimento, eram conhecidas da empresa contratante (EC-CO) devido a outros projetos realizados anteriormente. Foram contratadas com a verba já disponível no orçamento da empresa, mediante convite, sem que houvesse a necessidade de licitação²⁴. Não têm um contrato permanente ou periódico. São contratadas aleatoriamente, de forma esporádica, ou seja, não existe um vínculo entre elas. Já as empresas que desenvolveram a construção foram licitadas. Devido ao tempo escasso, optou-se por não finalizar a etapa de projetos e os orçamentos com valor total da obra e realizar uma única licitação em concorrência para não atrasar a entrega da obra. Outro fato que delineou a forma de contratação das empresas para a execução da construção foi o fato da montagem e fabricação da estrutura metálica ser uma etapa específica, necessitando empresas especializadas. Foram então, realizadas quatro licitações distribuídas entre: terraplenagem, fundação, fabricação e montagem da estrutura metálica e acabamento. Nas licitações específicas, só foi permitida a participação de empresas que eram especializadas em cada uma das disciplinas.

²⁴ Segundo a Lei Federal N° 8.666, de 21 de junho de 1993, em seu Artigo 25, inciso I, alínea “a” e Parágrafo Único, serviços de obras e engenharia contratados por sociedades de economia mista e empresas públicas, estão dispensadas de licitação quando os valores contratados são inferiores a 20% (vinte por cento) do limite previsto para convite, ou seja, inferiores a R\$30.000,00 (trinta mil reais).

A empresa contratante (EC-CO) dispõe de normas internas para o desenvolvimento de qualquer serviço e portanto todas as empresas contratadas têm que obedecer esta norma. Sendo assim, os contratos são obrigados a seguir os modelos impostos pela empresa EC-CO. Também é necessário que as empresas efetuem um cadastro junto à empresa EC-CO previamente à participação em licitações ou efetuação de qualquer contrato. Para isto, devem apresentar vários documentos e preencher vários requisitos.

A empresa de arquitetura (EC-A) foi contratada para o desenvolvimento do projeto arquitetônico mas não chegou a desenvolver o projeto legal. Esta, apesar de também desenvolver projetos de arquitetura em várias especialidades, possui como foco principal o projeto de edifícios comerciais (principalmente agências bancárias) e projetos de galpões industriais. A empresa EC-Eb foi responsável pelos projetos de engenharia: projeto de fundação, projeto estrutural, projeto hidráulico, projeto elétrico e de cabeamento estruturado, sendo também a responsável pela coordenação e compatibilização entre estas disciplinas.

Conforme salientado na TAB. 4.1, a empresa EC-Eb tem como característica o desenvolvimento de projetos de várias áreas da engenharia. Porém, pôde-se perceber nas conversas com os diversos agentes que participaram dos desenvolvimentos dos projetos deste empreendimento, que eles não são especialistas em projetos estruturais metálicos e quando este tipo de projeto é necessário, esta empresa tem como rotina trabalhar junto com o profissional aqui chamado de EC-Ea. Este foi contratado pela empresa EC-Eb e trabalhou como autônomo, não fazendo parte do corpo de profissionais permanente desta empresa. Porém, mesmo com a aleatoriedade desta parceria, o EC-Ea sempre presta serviço a EC-Eb, estando envolvido com a cultura e forma de trabalho desta empresa. O contrato entre eles é verbal e já têm um custo dos projetos previamente definido. Vale lembrar que este tipo de prestação de serviço não constitui a ocupação principal do profissional EC-Ea, sendo este empregado de outra grande empresa de projetos.

O profissional EC-Ea, trabalha há aproximadamente 30 anos no desenvolvimento e cálculo de projetos estruturais metálicos, porém, seu foco principal dentro da área de

estruturas metálicas é o de projetos para edificações industriais, tendo trabalhado poucas vezes para o mercado de projetos de andares múltiplos. Foi responsável pelo projeto estrutural metálico do empreendimento do estudo de caso nas etapas de lançamento estrutural, cálculo e dimensionamento da estrutura e projeto executivo de estruturas, com especificação de materiais e definição das ligações.

A fabricação e a montagem da estrutura ficaram a cargo da empresa EC-F que foi contratada através de licitação. Esta, apesar de também desenvolver a etapa de projeto estrutural para construções metálicas, já recebeu o projeto estrutural deste empreendimento desenvolvido pelo profissional EC-Ea e desenvolveu a partir dele os projetos de detalhamento para fabricação e de montagem da estrutura.

A TAB.5.9, possui uma síntese das idéias sobre as informações com relação à etapa de contratação das empresas envolvidas no desenvolvimento dos projetos do estudo de caso²⁵.

²⁵ Algumas respostas das tabelas apresentadas neste capítulo, apesar de terem sido obtidas com empresas que participaram do desenvolvimento do processo de projeto do empreendimento do estudo de caso, podem não estar focadas diretamente no caso do processo deste empreendimento, estando mais genéricas, também se baseando em suas rotinas de trabalho.

Tabela 5.9. Contratação das empresas envolvidas no estudo de caso

COD.	CONTRATAÇÃO						
	QUEM CONTRATA	SUB-CONTRATA	RELAÇÃO	QUANDO	PROPOSTA COMERCIAL	CUSTO	PRAZO
EC-Ea	empresa de engenharia (EC-Eb)	NÃO	sempre presta serviço para EC-Eb (tudo que é metálico é ele que faz). Relação antiga de trabalho.	No início do empreendimento.	contrato verbal	já tem um custo definido entre eles	Definido pelo cliente e são curtos.
EC-Eb	empresa EC-CO	SIM. Estrutura metálica e hidráulica	Já havia trabalhado com os contratantes anteriormente	No início do empreendimento.	Têm um padrão: apresentação, dados de referência, escopo e apresentação do serviço, prazo, preço, validade, reajustes, observações, responsabilidades.	Definido pelo contratado, por preço de formato (A1 e equivalentes)	Definido pelo cliente e são curtos.
EC-A	o próprio cliente, agências bancárias, construtoras, empresa EC-CO.	SIM. Prestação de serviço de antigos estagiários formados, arquitetos.	Já havia trabalhado com os contratantes anteriormente	com um estudo inicial (croquis do partido) e necessidade de projeto definido pela empresa contratante.	Contrato padrão da empresa contratante. Devido ao pouco tempo e à relação de confiança entre as empresas, a contratação foi direta (convite) da empresa contratante, evitando a burocracia da mesma.	Definido pelo contratante (EC-CO)	
EC-CO	inicia as contratações	Empresa de arquitetura, engenharia, fabricante de estrutura e execução da obra.	conhecia as empresas de projeto que contratou devido a outros projetos feitos anteriormente.	No início do empreendimento.	Equipes de projeto foram contratadas com a verba já disponível, sem licitação. As empresas responsáveis pela construção foram licitadas. Contratos das empresas contratadas têm requisitos impostos pela empresa contratante.	Definido pelo mesmo. Tinha que ser o mais barato possível e tinha um custo máximo por m ² definido pela diretoria empresa.	Definido pela diretoria, baseado na demanda e na troca de governo
EC-F	Empreendedor ou proprietário.	NÃO	atípico. Algumas empresas sempre contratam, mas negociação é independente.	Andares múltiplos: arquitetura está pronta (PBA=PL). Mas já aconteceu de ser contratado em etapas mais preliminares (clientes mais experientes com a estrutura metálica: shopping e hotel), o que possibilitou a resolução de problemas ainda em fases preliminares no processo de projeto. Em obras industriais: não existe projeto arquitetônico e às vezes são contratados antes mesmo da definição dos equipamentos.	Tem um padrão (grupos de propostas dependendo do tipo de edificação). Define responsabilidades, escopo, normas, cargas, preço, prazo.	Preço fixo. Edifícios de andares múltiplos: estrutura metálica montada, <i>steel deck</i> das lajes, projeto de armação das lajes.	Definido a partir de uma análise com toda a empresa (planejamento da fábrica, setor de projeto). Mas o mercado que delimita. Se você não se adaptar está fora do mercado.

OBS: Legenda: PBA – Projeto Básico de Arquitetura; PL – Projeto Legal

[b] Planejamento do empreendimento

A execução do empreendimento foi motivada pela necessidade de se criar espaço físico para departamentos e funções específicas, decorrente de uma re-estruturação no organograma da empresa EC-CO. A partir destas necessidades, a equipe interna de engenharia e arquitetura da EC-CO elaborou um Estudo Preliminar de Arquitetura (EPA) com as disposições básicas de setorização, implantação e volumetria da edificação, que foi esboçado em croquis (FIG.5.9). A implantação da edificação procurou seguir a legislação municipal vigente e teve a preocupação de não interferir ou retirar as árvores presentes no local (FIG.5.10). Foi necessário demolir edifícios menores que se localizavam na área a ser desenvolvido o novo empreendimento e, portanto, o reposicionamento das atividades que se localizavam nestes edifícios teve que ser previsto.

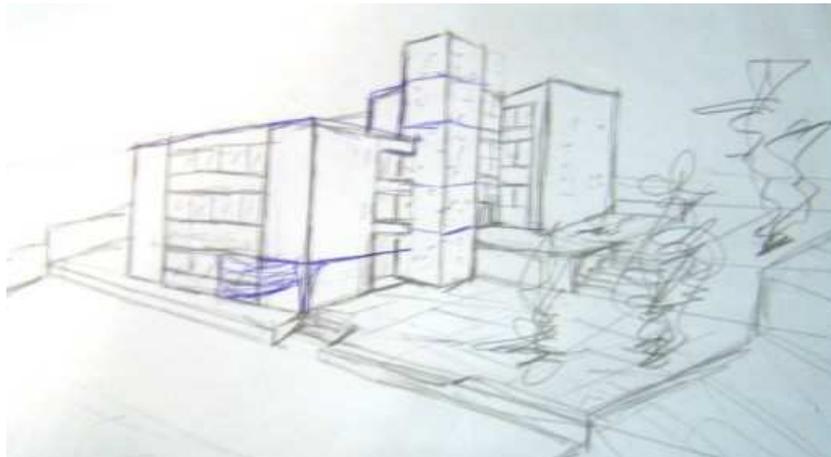


Figura 5.9. Croquis elaborado pela EC-CO no EPA (Fonte: arquivo EC-CO)



Figura 5.10. Ângulo similar ao do croquis após a elaboração do PBA pela EC-A (Fonte: arquivo EC-A)

O custo final da obra e o prazo para a finalização da mesma foram os principais delimitadores nas especificações dos requisitos para os projetos. O custo deveria ser o mais barato dentro de uma planilha de orçamento²⁶ que foi aprovada pela diretoria. Este valor estava disponível para esta expansão. O prazo²⁷ foi definido de acordo com o tempo disponível até a locação das áreas mal instaladas na empresa e o calendário de eleições.

Não houve um desenvolvimento de um programa de necessidades (*briefing*) formal. Os requisitos de projeto foram apresentados às empresas de projeto (EC-A e EC-Eb) informalmente, através da apresentação do Estudo Preliminar de Arquitetura (EPA) em reuniões entre as empresas EC-CO, EC-A e EC-Eb. O profissional responsável pelo desenvolvimento do projeto estrutural (EC-Ea), não participou de nenhuma reunião junto aos demais agentes do processo de projeto. A empresa EC-Eb foi a responsável por informá-lo das necessidades do projeto estrutural e qualquer outra informação do empreendimento. Este adotou como premissas de projeto as definições apresentadas no projeto arquitetônico, principalmente a necessidade de grandes vãos livres (que balizou o projeto) e as normas técnicas vigentes para cálculo e dimensionamento da estrutura metálica.

A opção pela utilização da estrutura metálica aconteceu posteriormente à contratação das empresas de projeto EC-Eb e EC-A e ao desenvolvimento do Estudo Preliminar de Arquitetura (EPA). As empresas de projeto EC-Eb e EC-A, proveram informações sobre diversas soluções estruturais para a análise da empresa contratante EC-CO e, mesmo sem serem especialistas em projetos de estrutura metálica, também informaram as vantagens e desvantagens da utilização deste sistema estrutural. O profissional EC-Ea não participou diretamente da definição. Os motivos pelos quais se definiu pela utilização deste sistema estrutural foram o prazo extremamente curto para a conclusão da obra e a necessidade de grandes vãos livres. Os prováveis custos indiretos para

²⁶ Segundo informações da EC-CO, a cotação do valor do metro quadrado utilizado neste empreendimento foi de R\$900,00/m². Sendo assim, o valor total da obra foi estimado em aproximadamente R\$3.000.000,00 (três milhões de reais).

²⁷ O tempo inicialmente previsto para a execução completa da obra foi de aproximadamente 6 a 8 meses.

abrigar temporariamente as áreas da empresa EC-CO que precisavam ser locadas também foram decisivos nesta escolha. Ou seja, quanto custaria não entregar a obra no prazo determinado.

As tabelas TAB.5.10 e TAB.5.11, possuem uma síntese das idéias sobre as informações com relação à definição dos requisitos para o desenvolvimento dos projetos e à escolha do sistema estrutural respectivamente.

Tabela 5.10. Requisitos para o desenvolvimento dos projetos

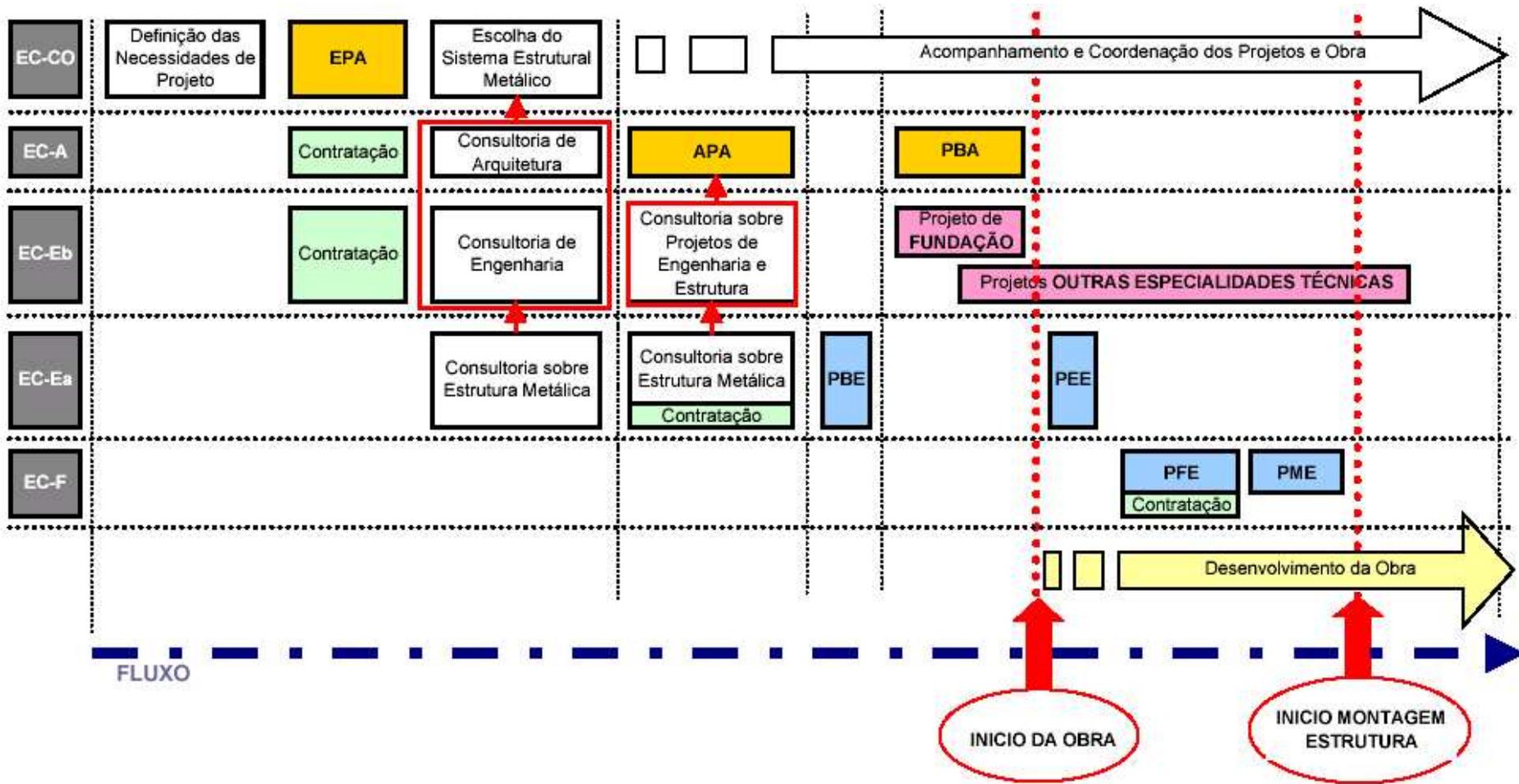
COD.	REQUISITOS PARA PROJETO					
	QUAIS SÃO	COMO SÃO DEFINIDOS	PROGRAMA FORMAL			SOFREM ALTERAÇÕES
			EXISTE (S/N)	PARTICIPA DO DESENVOLVIMENTO	CLIENTE VALIDA (S/N)	
EC-Ea	Finalidade do projeto. Necessidade dos vãos. Projeto arquitetônico. Normas.	recebeu projeto arquitetônico	NÃO	-	-	SIM
EC-Eb	Cada especialidade tem suas necessidades que foram definidas pelos clientes.	Definido pela empresa contratante EC-CO	NÃO, apenas algumas atas de reunião	Cada especialidade fez sua reunião com a equipe contratante (EC-CO) e o próprio engenheiro da empresa participou.	Durante a reunião.	SIM. Tubulação passou de aparente a sob o piso elevado. Prédio expandiu e não foi informado ao coordenador dos projetos de engenharia. Só percebeu após enviar o projeto finalizado.
EC-A	Necessidades de projeto. Custo e prazo: delimitadores do projeto.	empresa apresentou um estudo. A partir do preço final de obra, foram definidos quantos m ² a obra poderia ter e então os requisitos de projeto se basearam até onde poderiam ir.	NÃO, apenas alguns estudos básicos e croquis	Discutido desde o tamanho do empreendimento até o layout interno.	NÃO	SIM. Modulações e exigências da diretoria
EC-CO	necessidade de locação do pessoal interno.	observação do setor responsável pela engenharia e arquitetura da empresa	NÃO	-	-	SIM, de acordo com mudanças na diretoria.
EC-F	Respeitar a arquitetura e normas técnicas.	Chega já definido, mas na reunião de compatibilização esclarecem dúvidas.	NÃO vêm nada pronto, mas formaliza em ata de reunião.	Na reunião inicial de compatibilização.	SIM	NÃO

Tabela 5.11. Escolha do sistema estrutural

COD.	ESCOLHA SISTEMA ESTRUTURAL						
	QUANDO DEFINE	PORQUE	QUEM DEFINE	PARTICIPA DA ESCOLHA (S/N)	INFLUÊNCIA NO PROJETO/ PARTICIPAÇÃO	SIST. INDUST.	
						SIM NÃO	QUAL
EC-Ea	no início do empreendimento	Vãos e tipo de edificação (andares corridos) e principalmente prazo de obra.	EC-A, EC-Eb e EC-CO	NÃO	define parâmetros de projeto	SIM	laje steel deck
EC-Eb	no início do empreendimento	Vãos e tipo de edificação (andares corridos) e principalmente prazo de obra.	Equipe de projetos provêm informações, mas quem define é o patrocinador do empreendimento	SIM	Tem que nascer metálico, desde arquitetura. Tem que pensar nas deficiências deste tipo de estrutura: uniões, ligações parafusadas, reforços nas almas de pilares e vigas e trabalhabilidade com outros tipos de materiais de onde podem surgir patologias.	SIM	laje steel deck
EC-A	Foi no começo, mas não foi no Estudo Preliminar de Arquitetura (poderia ser em concreto).	Vãos e tipo de edificação (andares corridos) e principalmente prazo de obra.	Equipe de projetos provêm informações, mas quem define é o patrocinador do empreendimento	SIM	Alguns encontros e dilatações são diferentes e tem-se que tirar partido disso.	SIM	laje steel deck
EC-CO	os profissionais já tinham sido contratados e ajudaram na escolha	prazo e custo indireto (quanto custaria não acabar no prazo).	os mesmos	SIM	define parâmetros de projeto	SIM	laje steel deck
EC-F	Deveria ser no início do empreendimento, mas nem sempre acontece. O que acontece é que às vezes é feito em concreto e adaptado ao aço.	Prazo, principalmente. Mas o projeto também define.	O cliente final (quem paga)	Às vezes	Raramente participa no projeto arquitetônico.	SIM	painel de vedação (principalmente em SP); laje steel deck; estrutura em concreto pré-moldado.

[c] Desenvolvimento do processo de projeto

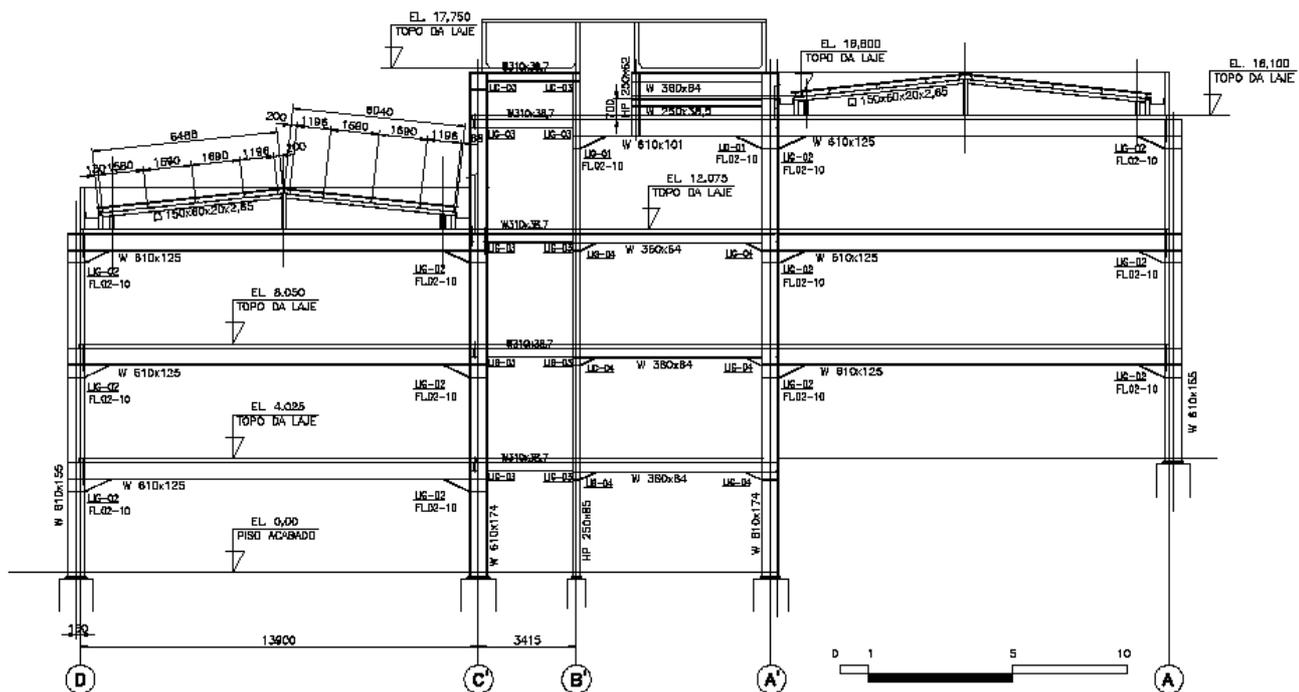
Após a definição das diretrizes técnicas de projeto e a definição da utilização da estrutura metálica, o Anteprojeto de Arquitetura (APA) começou a ser desenvolvido pela empresa EC-A. Esta foi assessorada nas questões estruturais pela empresa EC-Eb, que por sua vez, foi assessorada pelo profissional EC-Ea. Nas reuniões entre as empresas EC-CO, EC-Eb e EC-A, várias questões sobre a interface entre os projetos arquitetônico, estrutural e demais disciplinas de projeto foram resolvidas. Sendo assim, o projeto arquitetônico foi inicialmente desenvolvido englobando as necessidades das demais especialidades técnicas, resolvendo previamente, ainda na concepção, possíveis interferências. Com o Anteprojeto de Arquitetura (APA) pronto, EC-Ea desenvolveu o lançamento e o dimensionamento da estrutura metálica. A partir daí, a empresa EC-A terminou o projeto arquitetônico na etapa de Projeto Básico de Arquitetura (PBA) e a empresa EC-Eb desenvolveu o projeto de fundação que começou a ser executado logo em seguida, mesmo sem haver o término dos demais projetos. Apesar do PBA não estar totalmente finalizado, as demais disciplinas de projetos (elétrica, hidráulica e cabeamento) foram desenvolvidos. Nesta mesma etapa, as especificações dos materiais a serem utilizados no projeto estrutural e a indicação das ligações foram finalizadas na etapa de Projeto Executivo de Estruturas (PEE), elaborada pelo profissional EC-Ea. A seqüência de projeto e de desenvolvimento da construção pode ser ilustrada esquematicamente na FIG 5.11.



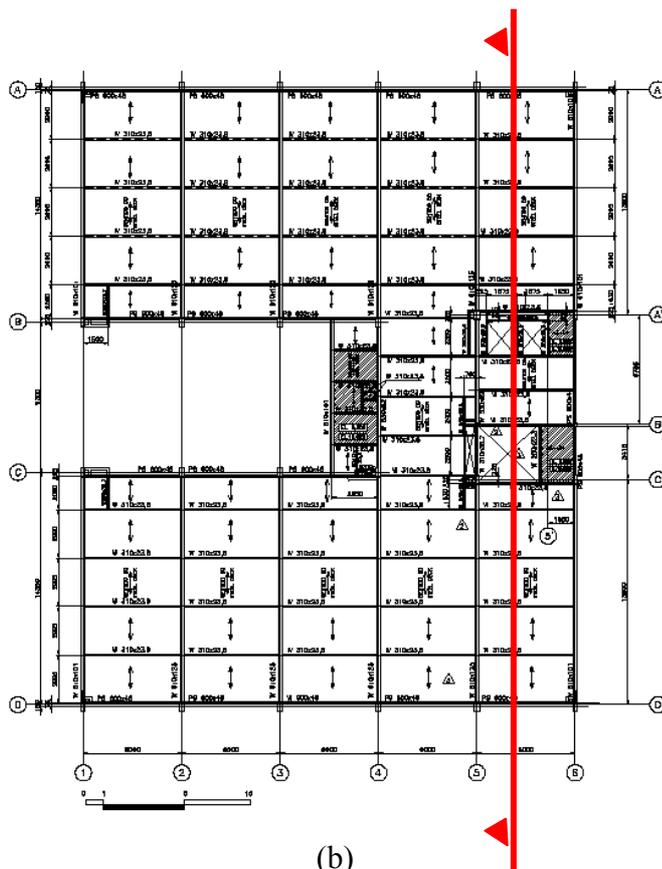
OBS: Legenda: EC-CO – Empresa Contratante e coordenadora dos projetos e da obra; EC-A – Empresa de Arquitetura; EC-Eb – Empresa de Engenharia e de Projeto Estrutural; EC-Ea – Empresa especialista em Projeto Estrutural de estruturas metálicas; EC-F – Empresa Fabricante de Estruturas Metálicas; EPA – Estudo Preliminar de Arquitetura; APA – Anteprojeto de Arquitetura; PBA – Projeto Básico de Arquitetura; PBE – Projeto Básico de Estruturas; PEE – Projeto Executivo de Estruturas; PFE – Projeto de Fabricação da Estrutura; PME – Projeto de Montagem da Estrutura.

Figura 5.11. Sequência de projeto e responsabilidades dos agentes envolvidos

O projeto estrutural, baseado no projeto arquitetônico, utilizou pilares e vigas em perfis “I” laminados. Foi utilizado o sistema de pórticos autoportantes (estrutura aporticada) na solução estrutural adotada. Neste sistema estrutural, a estabilidade do edifício é conseguida por meio de pórticos rígidos, obtidos pela ligação rígida (engastada) entre as vigas e os pilares que os compõem. Esta solução é mais pesada e menos rígida que a solução estrutural com contraventamentos verticais mas, em contrapartida, não interfere com a circulação horizontal do prédio e não cria problemas para a execução das alvenarias. Os pórticos são, normalmente, engastados nas bases o que encarece as fundações. O espaçamento utilizado entre os pórticos é de 6 metros. O vão livre em cada pórtico é de aproximadamente 14 metros e a distância entre as duas torres é de quase 9,5 metros (ver FIG.5.12).



(a)



(b)

Figura 5.12. (a) Corte apresentado no projeto estrutural (Fonte: empresa EC-Ea); (b) posicionamento do corte visto em planta.

O sistema de lajes adotados foi do tipo *steel deck*²⁸ (FIG.5.13 e FIG.5.14), que funcionou como fôrma para concreto durante a construção e como armadura positiva de lajes para as cargas de serviço. Foram utilizados *stud bolts* na fixação junto à estrutura metálica, o que possibilitou o cálculo como de vigas mistas, reduzindo o peso da estrutura. Porém, devido aos pequenos vãos que esta laje permite (em torno de 2,5 a 3 metros) é necessário uma maior utilização de vigas secundárias no piso. No empreendimento, as vigas secundárias estão espaçadas em 3 metros.

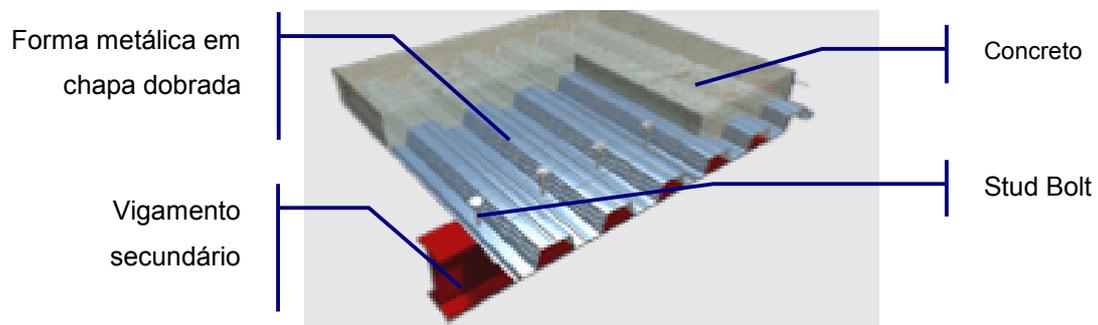


Figura 5.13. Laje *Steel Deck* (METFORM, 2006)

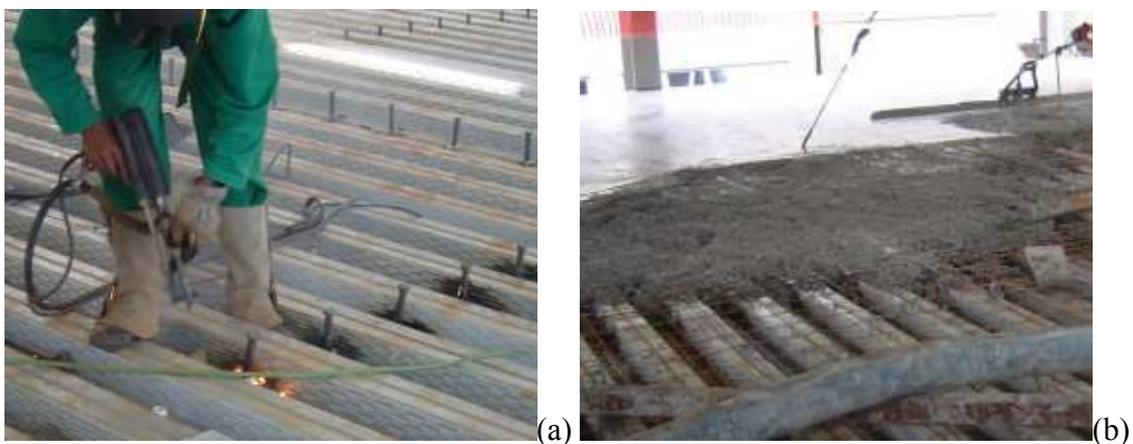


Figura 5.14. (a) Fixação dos *Stud Bolts*; (b) Concretagem da laje. (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em 26/09/06 e 06/10/06)

Foram gastos aproximadamente 200 toneladas de aço na estrutura. Toda a estrutura, incluindo a concretagem da laje, foi executada em um mês (início 10/09/06, término 10/10/06). Para que isto fosse possível, o canteiro de obras e as fundações estavam

²⁸ O sistema de lajes tipo *Steel Deck*, segundo dados do fabricante (Metform) disponível em www.metform.com.br <acesso em 05/01/07>, é composto por uma chapa de aço galvanizado, dobrada mecanicamente e fixada à estrutura metálica através de conectores chamados *stud bolts*. Esta serve de fôrma para que seja realizada a concretagem da laje.

previamente preparados. Além disto não houve grandes erros²⁹ com relação à locação dos chumbadores nas fundações, não provocando atrasos na montagem dos pilares e vigas.

A empresa que fabricou e montou a estrutura (EC-F) foi a responsável pelo projeto de fabricação e montagem da mesma, utilizando como base o Projeto Executivo de Estruturas (PEE) elaborado pelo profissional EC-Ea. Esta, no detalhamento do projeto de fabricação (PFE), desenha cada uma das peças a serem fabricadas em um único formato (normalmente A3), com todas as informações e detalhes necessários para a produção. Nesta etapa, também é gerado um arquivo CFC que é direcionado às máquinas para fabricação automática e computadorizada das peças. No Projeto de Montagem da Estrutura (PME), é dado um nome a cada peça que é impresso durante a fabricação e também localizado no projeto que segue para o canteiro de obra para a montagem da estrutura. É a partir deste projeto que também é feita a logística de transporte das peças para o local da obra.

As tabelas TAB.5.12, TAB.5.13 e TAB.5.14 apresentam uma síntese das idéias sobre as informações com relação às entradas, elaboração e saídas de projetos das empresas envolvidas no estudo de caso.

²⁹ Ver capítulo 5, item 5.6 (e)

Tabela 5.12. Análise das entradas dos projetos

COD.	ANÁLISE DAS ENTRADAS							
	DOCUMENTOS NECESSÁRIOS				REUNIÕES		VISITA OBRA ANTES PROJETO	RETRO ALIMENT. (S/N). COMO?
	QUAIS SÃO	CLAROS COMPLETOS DETALHADOS (S/N)	MAIOR PROBLEMA	NOMENCLATURA (CONTRATANTE OU PRÓPRIA)	SIM / NÃO	REGISTRO (S/N)		
EC-Ea	PBA	SIM	Projeto de estrutura foi feito em paralelo com a arquitetura e às vezes as modificações de um projeto geraram retrabalhos nos outros projetos	Da empresa contratante (EC-Eb)	NÃO	-	NÃO	SIM informalmente (<i>Know-how</i>), mas cada projeto tem suas peculiaridades.
EC-Eb	APA, lançamento estrutural, PBA, finaliza projeto de estrutura e fundações e instalações.	NÃO. Esclarece dúvidas através reuniões	A maioria dos projetos das diversas especialidades não identifica modificações das revisões ("amebas") e cada projetista tem que procurar o que foi modificado em cada revisão, havendo perda de tempo e problemas de incompatibilidade.	Própria, mas com algumas premissas da empresa contratante (EC-CO)	SIM (reunião de compatibilizaçã o com cliente disciplinas e coordenação)	NÃO	Apenas o coordenador	SIM informalmente (<i>Know-how</i>)
EC-A	estudo inicial (croquis e implantação), feito pela empresa EC-CO através de uma demanda do presidente	SIM	-	Da empresa contratante (EC-CO)	SIM	NÃO	SIM	SIM informalmente (<i>Know-how</i>)
EC-CO	necessidades dos clientes, topografia	SIM	-	própria	SIM	NÃO	SIM	NÃO
EC-F	Ficha técnica (com características técnicas, materiais de acabamento, cargas, usos, escopo); projetos de arquitetura (PBA=PL) ou PBE, o que foi orçado e custo de cada setor.	NÃO. Esclarece dúvidas através de check list em reuniões (reunião de compatibilização).	Faltam informações. Cortes inexistentes.	Própria. Pelo nº da Ordem de Serviço (OS), nome do contratante, e da obra. Internamente o projeto é identificado por uma tipagem (4 letras) que são também estampadas na peça fabricada. Indexação segue padrão americano.	SIM (reunião de compatibilizaçã o com cliente ou arquiteto do cliente, gerente de contrato, engenharia)	SIM	NÃO	SIM informalmente (<i>Know-how</i>)

OBS: Legenda: APA – Anteprojeto de Arquitetura; PBA – Projeto Básico de Arquitetura; PL – Projeto Legal; PBE – Projeto Executivo de Estruturas

Tabela 5.13. Análise da elaboração dos projetos

COD.	ANÁLISE DA ELABORAÇÃO						
	SEQÜÊNCIA DE PROJETO			FERRAMENTAS UTILIZADAS	PRAZOS SÃO CUMPRIDOS (S/N)	REVISÕES	
	COMO É	QUANDO COMEÇA	RELAÇÃO COM OUTRAS ESPECIALIDADES			DEVIDO A OUTROS PROJETOS (S/N)	REG. (S/N)
EC-Ea	PBE (Lançamento de estrutura, dimensionamento), PEE (onde também define indicações de materiais e ligações).	APA	a empresa fabricante da estrutura, fez o DTE (=PFE) para fabricação. Fundação é feita após o lançamento das cargas nas bases. Outras disciplinas de projeto são definidas a partir da arquitetura e não tiveram influência do projeto estrutural	CPCad e AutoCad	NÃO. Falta de tempo e sobrecarga do profissional.	SIM. Correções devido à erros de desenho (incompatibilidade entre plantas e elevações), mudanças nas ligações para facilitar a fabricação da estrutura.	SIM, nos formatos
EC-Eb	Teve caráter mais simultâneo (com participação entre as disciplinas). A seqüência aproximada foi: APA, lançamento estrutural, PBA, finaliza projeto de estrutura e fundações, instalações. Análise das interferências.	a partir da definição das necessidades dos clientes e de uma arquitetura básica.	Todas as especialidades andaram junto devido à falta de tempo para o projeto. A partir de uma consultoria prévia do projetista estrutural, deveria ter terminado o projeto de arquitetura primeiro e depois as demais disciplinas se desenvolveriam. Arquitetura andou junto com todas as especialidades e portanto algumas premissas ainda não estavam fechadas gerando retrabalho em todas as disciplinas. Opinou sobre soluções das diversas especialidades durante o projeto de arquitetura	não respondeu	SIM	SIM. Revisões. Mudanças devido à proposição de melhorias das outras disciplinas.	SIM, nos formatos
EC-A	APA e PBA	EPA (layout) fornecido pela EC-CO	Empresa de engenharia foi contratada antes do projeto de arquitetura, mas começou a trabalhar após APA. Projetos das demais disciplinas técnicas aconteceram de forma simultânea	AutoCad e ScratchUp	SIM	SIM. Guarda a última e a penúltima revisão. Modulação mudou várias vezes devido orientações do projeto estrutural	SIM, nos formatos
EC-CO	Projeto arquitetônico junto com estrutura e depois projetos das demais disciplinas técnicas	a partir da definição das necessidades	compatibilização começou no início pois a estrutura participou junto com o projeto arquitetônico na definição do partido.	AutoCad	SIM	SIM. Devido a mudança no escopo	SIM, nos formatos
EC-F	Orçamento da estrutura, projeto de engenharia: dimensionamento da estrutura (cálculo das peças e ligações), padronização, desenho de engenharia ou de projeto (unifilar, com materiais e ligações), DTE, Diagrama de montagem, Seleção de parafusos e logística de montagem e transporte.	Depois de reunião de compatibilização (obra discutida em termos de estrutura)	Raramente participa do projeto arquitetônico. Às vezes se reúne com o projeto de ar condicionado, hidráulica, elevador e escada rolante. Os projetos das demais disciplinas técnicas deveriam entrar em paralelo com o projeto de estruturas, mas isso não acontece. Estes, começam a trabalhar quando a estrutura já está sendo fabricada. Às vezes necessita de trabalhar junto com empresas de concreto (fundação e contenção)	SIEPEM (Sistema Integrado de Engenharia e Produção de Estruturas Metálicas). Software próprio, AutoCad, Robot.	SIM	SIM	SIM

OBS: Legenda: APA – Anteprojeto de Arquitetura; PBA – Projeto Básico de Arquitetura; PL – Projeto Legal; PBE – Projeto Executivo de Estruturas; PEE – Projeto Executivo de Estruturas; DTE – Projeto de Detalhamento Estrutural; PFE – Projeto de Fabricação da Estrutura

Tabela 5.14. Análise das saídas dos projetos

COD.	ANÁLISE DAS SAÍDAS									
	DOCUMENTOS GERADOS					REUNIÕES PÓS-ENTREGA		PROJETISTA VISITA OBRA DURANTE EXECUÇÃO PROJETO	IMPROVISACÃO OU PROBLEMA FREQUENTE NA OBRA	PROJETO "AS BUILT" (S/N)
	QUAIS SÃO	COMO SÃO APRESENTADOS	CLAROS COMP. DET. (S/N)	ONDE MELHORAR	CLIENTE VALIDA (S/N)	SIM / NÃO	REGISTRO (S/N)			
EC-Ea	memória de cálculo, desenhos de projeto	padronização da empresa contratante (EC-CO e EC-Eb)	SIM	Dúvidas apresentadas pela empresa fabricante mostram que pode ser mais claro.	NÃO	Por tel com a empresa fabricante.	NÃO	NÃO	Não tem conhecimento de nenhuma	NÃO
EC-Eb	memorial descritivo, justificativas, especificação de material e desenhos de projeto.	padronização própria de padrão e carimbo, mas segue algumas premissas de padronização da empresa contratante (EC-CO).	SIM	-	NÃO, não dá tempo. Vai direto para obra.	NÃO	NÃO	Esporádico (quando tem problemas) e apenas o coordenador.	As que ocorreram foram devido a alterações nas especificações de projeto.	SIM
EC-A	Desenhos de projeto (plantas, cortes, fachadas, perspectivas, detalhes das áreas molhadas),	padronização própria de padrão e carimbo, mas segue algumas premissas de padronização da empresa contratante (EC-CO).	SIM	-	SIM, por e-mail ou caderno de protocolo	SIM	NÃO	apenas algumas visitas incluídas no contrato.	não respondeu	NÃO
EC-CO	Desenhos de projeto, especificação de materiais.	padrão da mesma	NÃO	Carência de alguns detalhes, elevações no projeto elétrico (que precisaram ser resolvidos na obra).	NÃO. Autorizava o pagamento	NÃO	NÃO	SIM	Acabamento entre alvenaria e estrutura. Dificuldade de torqueamento de alguns parafusos devido ao que o projeto previu nas ligações.	Durante o desenvolvimento da obra.
EC-F	Internamente: desenhos de detalhamento. Cliente final recebe desenhos de engenharia e diagrama de montagem. Às vezes memória de cálculo.	Detalhamento (que segue para a fábrica): formato A2 ou A3.	NÃO (no caso de pessoas externas). SIM para a empresa.	Nada	NÃO. O cliente não tem capacidade para esta validação.	SIM	SIM	SIM. Engenheiro ou técnico de segurança fica permanentemente durante a montagem da estrutura (controle de qualidade).	Shaft em shopping devido a não definição do projeto hidráulico e cabeamento. Locação da obra. Chumbadores fora do lugar.	SIM se o cliente pede.

[d] Relação entre projetistas

A comunicação entre projetistas foi relatada como intensa e produtiva por todos os agentes envolvidos. Aconteciam, na grande maioria das vezes, através de reuniões onde sempre estavam presentes as empresas EC-CO, EC-Eb e EC-A. Estas ocorreram desde o início do planejamento do empreendimento e se estenderam ao longo de todo o processo de projeto. Nestas reuniões, todos os pontos dos projetos de todas as disciplinas eram discutidos e havia exposição das exigências de cada especialidade técnica para se definir quais seriam as diretrizes dos projetos e identificar possíveis interferências. Segundo a empresa EC-CO, esta estratégia tornou possível o cumprimento dos prazos previstos para a execução dos projetos e da obra, além de reduzir os prováveis problemas que poderiam acontecer na construção do empreendimento.

A comunicação entre os agentes também ocorria via e-mail e telefone. Porém, prevaleceu o caráter informal, não havendo registros de reuniões e conversas ao telefone. Apenas o que foi discutido por e-mail ficou registrado. Os agentes não demonstraram apreensão quanto a esta informalidade, pois segundo eles, a relação entre eles é antiga e de confiança.

A coordenação dos projetos e dos contratos ficou a cargo da empresa EC-CO, que também coordenava estas reuniões e as conversas entre as empresas. Esta recebia os projetos das diversas especialidades, analisava e repassava aos agentes. Porém a coordenação de todos os projetos de engenharia e o projeto de estruturas ficou a cargo da empresa EC-Eb. Esta desenvolveu análises e compatibilização das diversas disciplinas de engenharia através de *check lists*. Não realizou sobreposição dos projetos e não foi o responsável pela compatibilização dos projetos de engenharia com o projeto de arquitetura.

As tabelas TAB.5.15 e TAB.5.16, possuem uma síntese das idéias sobre as informações relativas ao relacionamento entre os projetistas e à gestão da documentação das empresas envolvidas no estudo de caso.

Tabela 5.15. Relação entre profissionais

COD.	COORDENADOR			COMUNICAÇÃO ENTRE PROFISSIONAIS.			COMPATIBILIZAÇÃO	
	SIM / NÃO	QUEM É	O QUE FAZ E RELAÇÃO COM OS PROFISSIONAIS	COMO	QUANDO	FORMALIZA (S/N)	COMO	QUEM FAZ
EC-Ea	SIM	empresa de projetos contratante (EC-Eb)	era à empresa EC-Eb que o projetista se reportava e recebia orientações de projetos.	não participava nas reuniões na empresa contratante EC-CO. Tudo era passado pela empresa EC-Eb. Via internet (e-mail) e telefone	durante todo o projeto	apenas e-mails	não sabe	engenharia da empresa EC-Eb
EC-Eb	SIM	Interno a empresa	coordenação de todos os projetos das demais disciplinas técnicas e estrutura. Coordenador de projetos tem que ter vivência de obra	telefone, reuniões e e-mails	durante todo o projeto	apenas e-mails	Previamente compatibilizados entre as disciplinas de engenharia civil. Análise dos projetos das diversas disciplinas, feita através de check lists, sem sobreposição de projetos. Não é uma etapa remunerada e deveria ser. Nem sempre é feita. O prazo de projeto também é curto.	feito pelo engenheiro coordenador, mas a compatibilização final deveria ser feito pelo arquiteto
EC-A	SIM	empresa contratante EC-CO	definição das necessidades de projeto, orientava com relação às interferências e recebia e enviava projetos das diversas especialidades de projeto.	telefone, reuniões programadas e e-mails	durante todo o projeto	apenas e-mails	Reuniões com todas as disciplinas de projeto para definir diretrizes e pré identificação de interferências. Envio dos projetos das disciplinas e análise entre os projetistas.	equipe de engenharia (EC-Eb), arquitetura e cliente (EC-CO). EC-Ea não participava destas reuniões.
EC-CO	SIM	interno a empresa (setor de engenharia)	concepção, coordenação dos projetos e contratos e acompanhamento da obra. Recebe, analisa e envia os projetos das diversas especialidades.	telefone, reuniões programadas e e-mails	durante todo o projeto	apenas e-mails	Discussões desde o início do processo, mas não houve sobreposição dos projetos. A empresa EC-Eb se encarregava dos projetos de engenharia já chegassem compatibilizados.	equipe de engenharia (EC-Eb), arquitetura e cliente (EC-CO). EC-Ea não participava destas reuniões.
EC-F	SIM	Equipe interna. Engenheiro	Coordena internamente na empresa todo o projeto e seus custos. Recebe e distribui os projetos	e-mail	mais no começo	SIM	Reuniões e discussão	cada profissional faz o seu projeto

Tabela 5.16. Controle de documentos

COD.	CONTROLE DE DOCUMENTOS							
	ARQUIVAMENTO		OBS	BACKUP	RECEBIMENTO		ENVIO	
	ELETRÔNICO	IMPRESSO			FORMA	PROTOCOLO S/N	FORMA	PROTOCOLO VALIDAÇÃO S/N
EC-Ea	X	-	Controle rudimentar	-	E-mail	SIM	CD	NÃO
EC-Eb	X	X	Baseado na ISO. Cada projeto tem um n°, nome do cliente e obra. Separa arquivos de projeto, documentos e e-mail para cada especialidade técnica. Arquivos comerciais apenas os sócios tem acesso. Lista de uso doméstico, com n° desenho, data, conteúdo desenho, tamanho, formato e revisão. Mantém a lista na obra também.	SIM. Diário	E-mail	NÃO	CD	NÃO
EC-A	X	-	Ordenação: nome do cliente, obras do cliente, arquivos separados de documentos, fotos, projetos, etc. Diretório de layout e projeto executivo.	SIM	e-mail e documentos de clientes (físico)	NÃO	e-mail e CD (arquivos em .pdf)	NÃO
EC-CO	X	X	Procedimentos internos da empresa	SIM	E-mail	SIM	E-mail	SIM
EC-F	X	X	Completo. Banco de dados para recuperar arquivos de projetos antigos (ordenação: n° OS, nome de cliente e nome da obra).	SIM	e-mail e físico	SIM	Para fábrica: arquivo CNC ou em meio físico (formato A2 ou A3). Cliente: e-mail e CD.	SIM

5.5.2 Análise do processo de projeto estrutural do empreendimento do estudo de caso

Devido ao fato desta pesquisa buscar analisar o processo de projeto estrutural de empreendimentos que utilizam estrutura metálica, a análise se concentrará nesta especialidade dentro de todo o processo de projeto, porém sem perder a relação e as interferências das demais disciplinas com o processo de projeto estrutural durante o desenvolvimento desta análise.

O prazo extremamente curto para o desenvolvimento dos projetos acabou impondo algumas diretrizes para o desenvolvimento dos projetos que possuiu um caráter simultâneo em algumas etapas, com participação interdisciplinar.

Segundo EC-Eb, “todas as especialidades andaram junto devido à falta de tempo para o projeto”. Para esta empresa, deveria haver uma consultoria prévia do projetista estrutural para o desenvolvimento do projeto arquitetônico e só após o término total do projeto de arquitetura, as demais disciplinas deveriam se desenvolver. O projeto de arquitetura se desenvolveu juntamente com todas as especialidades e, portanto, algumas decisões ainda não estavam definidas gerando retrabalho em todas as disciplinas. Para EC-Ea, o projeto de estruturas foi desenvolvido em paralelo com a arquitetura e às vezes as modificações de um projeto geraram retrabalhos em outros projetos.

Para EC-CO, “a obra só deu certo porque tinha um profissional de projeto em tempo integral na obra, que tinha participado de todas as reuniões e sabia dos projetos”. A presença deste profissional supriu algumas insuficiências ou incompletudes causadas pela falta de maturação dos projetos. Segundo EC-CO, o tempo escasso provocou uma análise superficial dos projetos, pois apesar dos elementos principais terem sido checados ainda na etapa de projetos, os detalhes acabaram sendo resolvidos na obra.

O fato das empresas de projeto (EC-A e EC-Eb) serem conhecidas de longa data da empresa contratante EC-CO, terem sido contratadas desde o início do empreendimento e trabalhado juntas desde o princípio, são considerados por todos como pontos positivos

deste processo de projeto. Porém, apesar das características positivas alguns problemas podem ser atribuídos à contratação das empresas.

Um deles ocorreu com relação à contratação do profissional EC-Ea, que foi subcontratado da empresa EC-Eb. Todas as informações eram repassadas a ele, de maneira informal, pela empresa EC-Eb. Pôde-se perceber, durante as conversas com os demais agentes envolvidos no processo de projeto que o fato do profissional EC-Ea nunca estar presente durante as reuniões da equipe de projetos, juntamente ao fato deste projeto não ser a prioridade profissional deste, fez com que este não participasse da definição de diretrizes importantes para o empreendimento, não tomando partido de todos os questionamentos ocorridos nas reuniões. As outras empresas não conheceram o profissional EC-Ea e às vezes não souberam da sua existência. Sendo assim, este profissional não se integrou com todo o processo por inteiro, estando bem menos envolvido com o empreendimento do que os demais agentes. EC-Ea relatou que estava sobrecarregado, principalmente devido ao fato de não ser a sua única tarefa profissional. Devido a este fato, acabou atrasando algumas etapas de entrega do projeto estrutural. Percebeu-se ainda que este não estava acompanhando a obra e não recebia informações sobre o que estava acontecendo. Não houve retroalimentação das informações da obra e indicação a este profissional sobre o que poderia ser melhorado em seu projeto. Este problema também pode ter sido agravado devido a grande informalidade das comunicações entre os agentes e também da falta de registros formais dos requisitos de projeto e das decisões tomadas nas reuniões entre projetistas.

A escolha do sistema estrutural a ser utilizado no empreendimento ocorreu mediante consentimento de todos e através de estudos das diversas disciplinas do processo de projeto. Buscou encontrar a estrutura mais adequada para o empreendimento e então, após a escolha, utilizar todas as potencialidades da estrutura metálica, desde a concepção do empreendimento. Porém, apesar do empenho das empresas de projeto e da enorme capacidade técnica e competência indiscutível destas, não são empresas especialistas neste sistema construtivo. A pouca experiência das empresas de projeto com relação a particularidades da estrutura metálica ficou evidenciada em vários

aspectos, podendo ser a causa de alguns dos problemas de projeto apresentados durante a construção, que serão listados durante o desenvolvimento desta análise.

Por exemplo, a modulação arquitetônica do edifício mudou várias vezes devido à orientações do projeto estrutural, ainda na etapa de Anteprojeto de Arquitetura (APA). Segundo relatos de EC-A, “a empresa responsável pelo projeto de estruturas que foi contratada - EC-Eb, demorou a definir qual modulação era mais econômica, pois este tem experiência com o concreto e não com aço”. Este fato provocou várias revisões no projeto de arquitetura. Este atraso na definição da modulação adequada pela EC-Eb pode ter ocorrido devido ao fato de esta não ser especialista em construções metálicas, fazendo necessário consultar o profissional EC-Ea. O fato de EC-Ea estar sobrecarregado e estar desenvolvendo o projeto deste empreendimento em paralelo com as suas atividades profissionais principais, pode ter influenciado no atraso desta definição.

Relatos das empresas de arquitetura e engenharia enfatizaram algumas propriedades deste sistema construtivo a serem exploradas durante o desenvolvimento dos projetos, mas aparentemente são observações que não foram utilizadas na prática.

Para EC-Eb, o projeto de edifícios que utilizam estrutura metálica “tem que nascer metálico, desde a arquitetura. Tem que pensar nas deficiências deste tipo de estrutura: uniões, ligações parafusadas, reforços nas almas de pilares e vigas e trabalhabilidade com outros tipos de materiais de onde podem surgir patologias”. Porém foram encontrados problemas em todos estes aspectos, principalmente relacionados: (a) às ligações; (b) aos reforços nas almas das vigas, durante a fabricação da estrutura e (c) à trabalhabilidade com outros tipos de materiais, principalmente acabamentos³⁰.

A empresa responsável pelo projeto de arquitetura EC-A ainda afirmou que durante a concepção do empreendimento, além da modulação que deve orientar o projeto durante todo o desenvolvimento, “alguns encontros e dilatações são diferentes e tem-se que tirar

³⁰ Estes problemas serão mais bem explorados no capítulo 5, item 5.6.

partido disso”. Porém o que se pôde perceber é que, aliado a uma ausência de projetos para produção e desconhecimento dos materiais de acabamento que trabalham juntamente com a estrutura metálica, os profissionais de projeto encontraram dificuldades em especificar esse tipo de material. Sendo assim, ocorreram alguns problemas apresentados durante a execução dos acabamentos externos principalmente, que também serão ilustrados no capítulo 5, item 5.6.

Durante a escolha dos materiais a serem utilizados na construção, as empresas envolvidas no processo de projeto EC-CO, EC-A e EC-Eb tiveram dificuldades em utilizar esquadrias industrializadas, pois a EC-CO não encontrou nenhuma opção disponível no mercado. Também tiveram dificuldades em especificar painéis de vedação industrializados, pois não conseguiram encontrar opções que casassem com a modulação da estrutura metálica utilizada. A EC-CO afirmou que caso optassem pela utilização de painéis de fechamento, estes deveriam ser fabricados sob medida pois não estariam disponíveis nos mesmos tamanhos da modulação fornecida pela estrutura metálica, o que inviabilizaria financeiramente esta escolha. Afirmaram que as dimensões das peças da estrutura metálica encontradas no mercado são diferentes das dimensões dos painéis industrializados e portanto eles não se complementam.

Problemas em que as prováveis causas se encontram na etapa de elaboração dos projetos também puderam ser presenciados.

Segundo relatos da empresa fabricante e montadora da estrutura EC-F, devido ao fato do projeto estrutural ter sido desenvolvido por um profissional que não era especialista em edifícios de andares múltiplos em aço³¹, o projeto não foi pensado da maneira mais econômica possível. Para a empresa EC-F, o conceito utilizado no desenvolvimento do projeto estrutural foi o conceito de galpão, onde a não existência de lajes para o travamento da estrutura, faz com que seja imprescindível trabalhar cada eixo da estrutura como pórticos autoportantes. No caso do empreendimento do estudo de caso, para a empresa EC-F, apenas 1 ou 2 eixos seriam suficientes para a estabilidade do

³¹ A diferença entre projetos estruturais metálicos para edifícios de andares múltiplos e edifícios industriais está detalhada no cap.5 item 5.2.

edifício. A laje em *steel deck*, chamada por EC-F como diafragma horizontal, é quem liga e estabiliza a estrutura. Para ele não haveria a necessidade de tantas nervuras e mísulas, o que encareceu a estrutura. Outro problema encontrado na elaboração do projeto estrutural que poderia ter sido resolvido na etapa de projeto apareceu durante o fluxo de produção. Devido à existência de vários elementos que necessitavam de solda, a fabricação das peças previstas no projeto estrutural saiu do fluxo normal de corte e furação comum na produção da fábrica. Isso aumentou o custo final e o tempo de produção da estrutura. São problemas que poderiam ter sido resolvidos ainda na etapa de elaboração do projeto estrutural. A estrutura poderia ser muito mais econômica se o conceito de projeto de edifício de andares múltiplos fosse corretamente utilizado, e se o profissional responsável pelo projeto estrutural conhecesse mais a rotina de produção da fábrica e utilizasse este conhecimento ao projetar a estrutura.

O escritório de projeto de arquitetura EC-A e o projetista de estrutura EC-Ea não imaginaram qual seria a implicação da estrutura proposta pelos seus projetos, no transporte desta até o local da obra. As peças do viga são bastante longas, com mais de 14 metros de comprimento e, devido ao projeto estabelecer que as estruturas deviam ser aparentes, optou-se pelo não seccionamento das peças, visando não atrapalhar a estética final da edificação. Isto obrigou a utilização de grandes carretas que só podiam trafegar na região do empreendimento em determinados horários, quase sempre noturnos. Devido à lei do silêncio, a movimentação das peças metálicas das carretas para o canteiro só podia ocorrer no dia seguinte pela manhã. Outro agravante foi o pequeno espaço disponível no canteiro de obras que, juntamente com o tamanho das peças, exigiu perícia e experiência dos montadores da estrutura durante a movimentação da mesma. Isto deixa clara a importância do projeto para a produção e a necessidade do conhecimento, pelos projetistas de arquitetura e de estruturas, de todas as etapas que envolvem um empreendimento que utiliza estrutura metálica. Este problema poderia ter sido resolvido pelo projeto arquitetônico durante a concepção do edifício ou o projetista de estruturas deveria informar sobre possíveis problemas ao arquiteto quando este, por desconhecimento ou descuido, não observasse este fato na elaboração do projeto de empreendimentos que utilizam estrutura metálica.

A relação de confiança entre os principais agentes facilitou a comunicação, que aconteceu de uma maneira mais positiva do que pôde se perceber com as empresas entrevistadas. Isto garantiu agilidade no processo e conseqüentemente atendimento aos prazos previstos para o desenvolvimento dos projetos e execução da obra. Porém, a falta evidente de procedimentos formais nas comunicações durante a definição dos requisitos dos projetos gerou falhas de comunicação que por sua vez ocasionaram problemas na execução da obra.

As alterações e revisões dos projetos muitas vezes ocorreram devido a mudanças nos requisitos de projeto. Segundo relatos das empresas entrevistadas no estudo de caso, grande parte das alterações nos requisitos de projeto ocorreu principalmente devido a imposições da diretoria da empresa EC-CO. Elas aconteceram na maior parte das vezes com a obra já bem desenvolvida, ocasionando retrabalhos em todos os projetos e inclusive influenciando na volumetria final da edificação.

Por exemplo: inicialmente os dois lados do edifício teriam a mesma altura, ou seja a parte direita do edifício teria 4 andares e a da esquerda teria 3 andares devido à diferença de nível do terreno (FIG.5.15a). Uma primeira modificação retirou um andar inteiro da área da esquerda do edifício (FIG.5.15b). Porém, quando esta decisão foi tomada, a estrutura já havia sido projetada para suportar o peso de 3 andares. Foi possível suspender a fabricação da estrutura deste último pavimento, mas com certeza, a fundação sairia mais barata se inicialmente fosse necessário suportar a carga de um pavimento a menos. Na segunda modificação, após a concretagem das lajes, a área retirada foi transformada em um grande terraço (FIG.5.15c). Porém o nível do piso da 3ª laje não pôde ser modificado e, devido à necessidade de realizar a impermeabilização neste pavimento, o piso ficará com o nível mais alto do que o piso restante deste pavimento. Isto pode possibilitar a passagem da água pluvial para uma área que não é área molhada. Não foi possível modificar a inclinação do piso para facilitar o escoamento de água pluvial, pois quando foi tomada a decisão para transformar a última laje em terraço, o piso já havia sido concretado. Além disto, foi necessário colocar ralos neste piso e prever uma tubulação hidráulica para o escoamento desta água e a interface desta com a estrutura (ver cap. 5, item 5.6 b). Tais problemas que poderiam facilmente

ter sido resolvidos na etapa de projetos. Esta mudança nos requisitos de projeto encareceu e prejudicou o andamento da obra e a qualidade final do empreendimento.

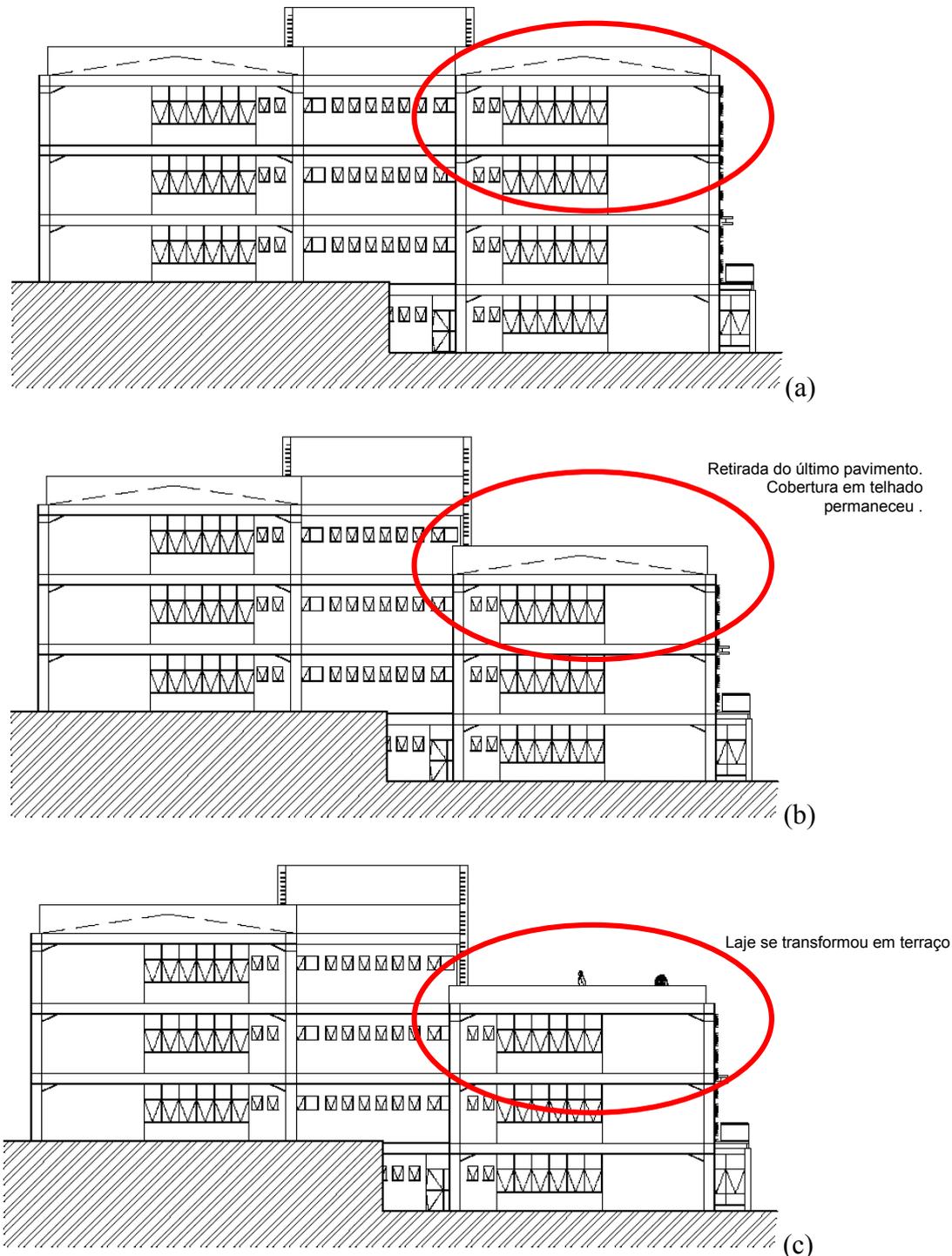


Figura 5.15. Modificação da volumetria da edificação devido à mudanças nos requisitos de projeto. (a) Projeto inicial; (b) 1ª modificação, antes da fabricação da estrutura metálica; (c) 2ª modificação, após a concretagem das lajes (Fonte: adaptado do projeto EC-A)

A empresa EC-Eb relatou que uma das modificações nos requisitos de projeto foi relacionada a uma mudança da área inicial prevista nas definições iniciais do projeto. Esta nova decisão não foi relatada a empresa EC-Eb, que continuou a desenvolver os projetos das suas disciplinas. Este só percebeu a modificação nos requisitos de projeto após o envio do projeto de engenharia finalizado, o que gerou muito retrabalho e perda de tempo. Nota-se que mesmo com a comunicação constante entre os agentes, ela também se apresentou falha e a falta de registros destas pode ter agravado os problemas apresentados.

Outras alterações nos requisitos, ocorreram devido a vários outros aspectos, por exemplo: mudança da localização das tubulações. Em um primeiro momento, não seria utilizado o piso elevado e então a tubulação seria aparente. A partir da opção por este tipo de piso, a tubulação foi localizada sob ele. EC-Ea relatou que modificações no projeto estrutural metálico ocorreram devido à mudanças nas ligações para facilitar a fabricação da estrutura, algumas vezes solicitados pela empresa fabricante EC-F.

Caso os requisitos de projeto tivessem sido registrados em um programa de necessidades formal alguns retrabalhos que ocorreram nos projetos poderiam ter sido evitados.

Outros problemas apresentados foram relatados com relação à forma de apresentação dos desenhos. A EC-Eb identificou problemas ao localizar as alterações nas revisões nos projetos de outras especialidades. Segundo a empresa, a maioria dos projetos das diversas especialidades não identifica o que foi modificado nas revisões e cada projetista tem que procurar o que foi modificado em cada revisão, havendo perda de tempo e problemas de incompatibilidade. Isso seria reduzido se houvesse uma forma clara e precisa para identificação de onde ocorreram as modificações no projeto.

Para EC-CO, o projeto elétrico deveria apresentar mais detalhes voltados à execução e principalmente, elevações. A ausência de elevações propiciou que não fossem realizadas compatibilizações com a estrutura metálica (mísulas) e interferências entre estas duas

disciplinas tiveram que ser resolvidas no canteiro de obra por um profissional da empresa EC-CO.

A EC-Ea, afirmou que teve necessidade de rever seu projeto devido a erros de desenhos que foram identificados principalmente com relação à incompatibilidade entre plantas e elevações. Para ele, o motivo seria principalmente o pouco tempo de desenvolvimento dos projetos, que também impediu que os projetos fossem revisados criteriosamente.

5.6 Alguns dos problemas mais freqüentes que têm como causa falhas no processo de projeto estrutural de construções metálicas

Todas as 30 empresas entrevistadas relataram diversos problemas apresentados na obra e que têm as suas principais causas no processo de projeto estrutural de construções metálicas. Alguns puderam ser observados durante o estudo de caso e outros puderam também ser encontrados durante o estudo da bibliografia. Pôde-se perceber que as visões são similares sobre as patologias que ocorrem em empreendimentos que utilizam estrutura metálica e sobre as carências e potencialidades deste tipo de sistema construtivo. Dentre os diversos aspectos levantados serão listados os mais comumente apresentados, procurando diagnosticar as causas no processo de projeto estrutural.

[a] Problemas nas ligações entre elementos da estrutura metálica:

Segundo os agentes entrevistados e informações relatadas no item 3.4, as ligações entre elementos da estrutura metálica são problemáticas quando não detalhadas ou não pensadas adequadamente.

Algumas empresas entrevistadas salientaram que na especificação das ligações deve-se preferir as parafusadas, evitando as ligações em solda. As ligações em solda são mais difíceis de serem executadas e controladas no canteiro devido a diversos fatores, dentre eles, a posição do soldador com relação à estrutura e a necessidade de treinamentos específicos para a produção de soldas de boa qualidade. Porém, as ligações parafusadas devem ser facilmente executadas no canteiro de obra e para isso requerem detalhamento e precisão muito maiores durante a etapa de projetos.

Em ligações parafusadas, durante a etapa de detalhamento, espera-se que não haja erro no gabarito das furações³², pois este tipo de erro pode prejudicar e atrasar a montagem da estrutura. Se não corrigido, pode também comprometer a segurança da edificação.

³² Problemas com relação ao gabarito das furações das ligações das estruturas metálicas também foram estudados por outros autores e pode ser também visualizado na FIG.3.15.

Difícilmente são erros que ocorrem durante a fabricação, pois esta é automatizada. Na produção, os arquivos (CFC) de detalhamento individual de cada peça são enviados para as máquinas de fabricação da estrutura para que as peças sejam cortadas e furadas automaticamente de acordo com o detalhamento de projeto. Portanto, são erros que acontecem em sua maioria durante o detalhamento das peças, ainda no projeto de fabricação. Porém, infelizmente este tipo de erro de projeto é freqüente e pode ser agravado devido a um conjunto de fatores, como por exemplo: excesso de peças a serem detalhadas e verificadas aliado ao pouco tempo destinado aos projetos, carência de profissionais especialistas neste tipo de detalhamento e pressões para que as peças sejam fabricadas rapidamente para atender aos prazos curtos da obra. Sendo assim, as peças das ligações não são verificadas com atenção e podem ser fabricadas com alguns problemas que só serão identificados durante a montagem da estrutura. Para que este tipo de problema não ocorra, é necessário que a etapa de projetos seja mais valorizada e que existam mais profissionais e tempo, destinados à verificação do detalhamento.

Na obra analisada durante o estudo de caso ocorreu o erro de gabarito em apenas uma ligação (FIG.5.16). Faltou executar um único furo em um dos pilares. Foi executado na viga, mas faltou no pilar. A solução encontrada foi realizar a furação no canteiro de obra, o que atrasou a etapa de torqueamento dos parafusos.



Figura 5.16. Erro na furação do pilar na ligação viga-pilar. (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em 26/09/06)

Pode-se encontrar, com frequência, problemas com relação à execução das ligações. Os detalhamentos não prevêm como as ligações serão parafusadas e, às vezes, só se percebe esta deficiência durante a montagem da estrutura. Os detalhamentos estão preocupados com o dimensionamento da ligação, posicionamento da furação, quantificação e especificação de materiais e não estão prevendo como estas ligações são executadas no canteiro.

No empreendimento do estudo de caso, aconteceram problemas com relação ao parafusamento da estrutura. Após o parafusamento manual (FIG.5.17a), são utilizadas máquinas que realizam o torqueamento dos parafusos automaticamente (FIG.5.17b). O posicionamento de alguns elementos fez com que os profissionais da obra tivessem dificuldades de apertar parafusos nas ligações entre viga-pilar e entre viga-viga, devido ao pouco espaço para movimentação das chaves (FIG.5.18 e FIG.5.19). Foi necessário adaptar ferramentas para conseguir o resultado desejado. Desta forma, o processo de montagem da estrutura acabou sendo prejudicado, atrasando o desenvolvimento da construção.



Figura 5.17. Parafusamento realizado manualmente (a) e torqueamento através de ferramentas automáticas (b). (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em (a) 21/09/06e (b)19/09/06)



Figura 5.18. Pouco espaço para movimentação das chaves. (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 21/09/06)



(a)



(b)

Figura 5.19. Problemas durante o parafusamento da estrutura (a) ligação viga pilar; (b) ligação viga-viga. (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em (a)19/09/06 e (b) 26/09/06)

Problemas como este podem ser facilmente resolvidos durante a fase de elaboração do projeto estrutural, principalmente na etapa de PEE – Projeto Executivo de Estruturas, onde são definidas as ligações e é realizado o detalhamento destas. Os projetos de detalhamento das ligações deveriam ser tratado similarmente aos projetos mecânicos de montagem de equipamentos encontrados em outros setores da engenharia (FIG5.20). Nestes desenhos, além da especificação básica das dimensões e materiais das peças do equipamento, desenhos em três dimensões mostram aos responsáveis pela montagem do equipamento como serão realizadas as uniões das peças. Similarmente a um projeto mecânico, o projeto de ligações de estruturas metálicas exige grande precisão obrigando que o projeto de montagem demonstre como a ligação será executada no canteiro. Durante o projeto, desenhos em 3 dimensões ou maquetes virtuais podem antever problemas e dificuldades na execução das ligações, ajudando na elaboração da solução estrutural.

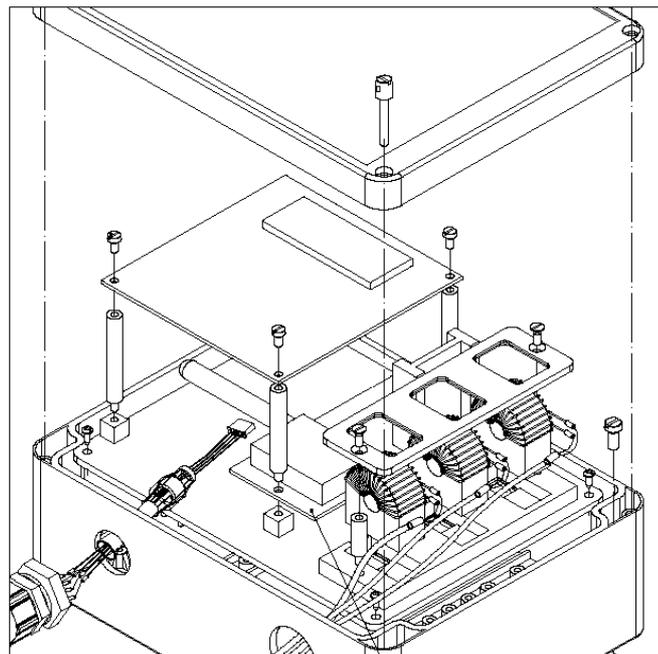


Figura 5.20. Parte de desenho de projeto de desenvolvimento de equipamento eletrônico. (Fonte: projeto cedido por empresa de desenvolvimento de tecnologia. BIOS, 2006)

Pôde-se perceber que hoje o detalhamento das ligações é constituído apenas de plantas, cortes e vistas (FIG.5.21) que podem, dependendo da complexidade da ligação, dificultar a visão do conjunto e como será a montagem no canteiro. É necessário que, desta forma, o profissional responsável pelo detalhamento da estrutura seja ainda mais

experiente, pois é mais difícil visualizar possíveis problemas na montagem apenas em plantas, cortes e elevações. Por exemplo, as ligações típicas que apresentaram mais problemas durante a montagem no canteiro de obras, devido à falta de espaço para a movimentação das chaves, foram as ligações ilustradas nas FIG.5.18 e 5.19a. O detalhamento destas ligações foi feito segundo a FIG.5.21:

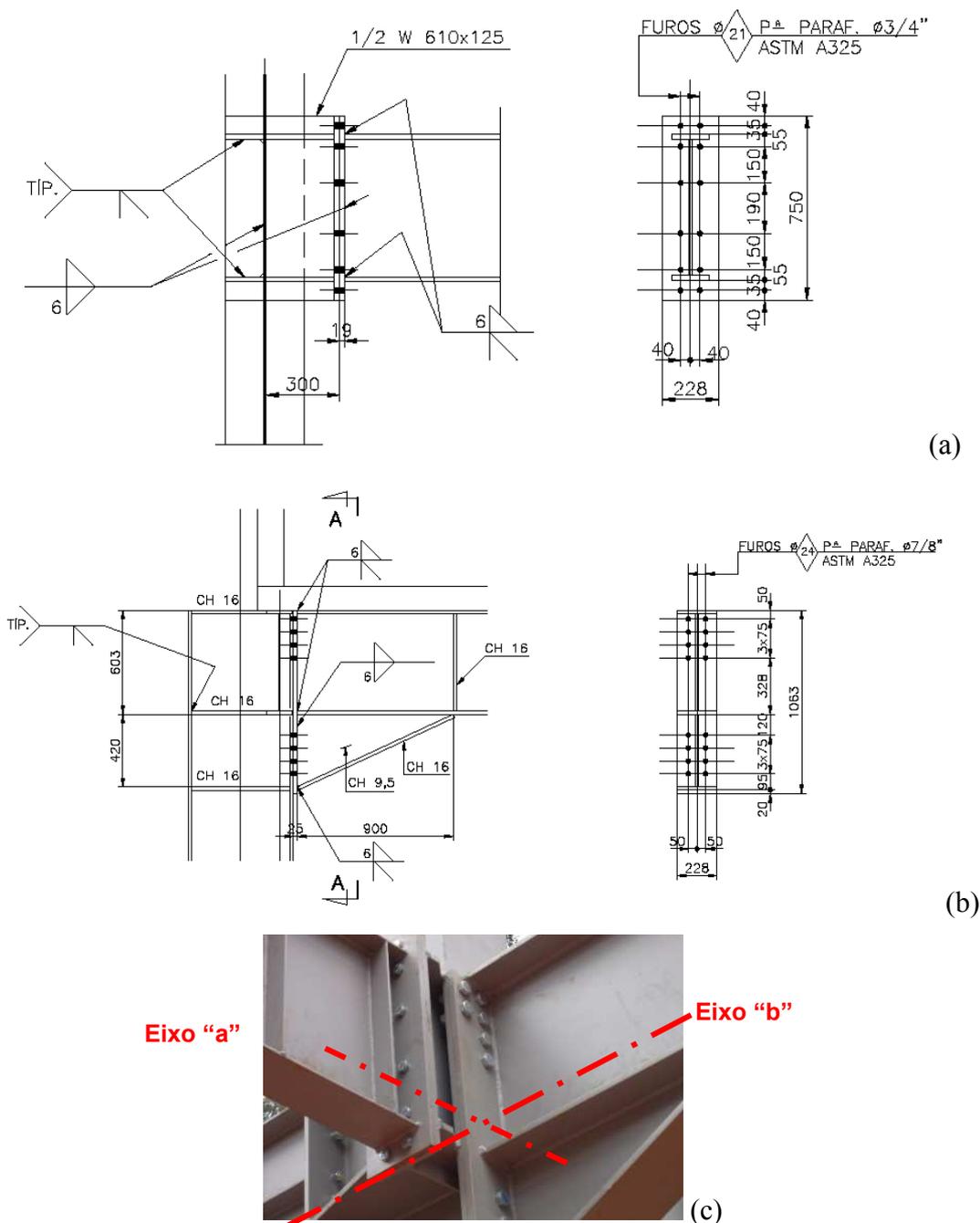


Figura 5.21. Projeto de detalhamento das ligações. (a) detalhe das ligações no eixo “a”; (b) detalhe das ligações no eixo “b” e (c) indicação dos eixos das ligações. (Fonte: (a) e (b) projeto empresa EC-Ea, (c) arquivo pessoal. Foto obtida em 21/09/06)

Nota-se que na FIG. 5.21, apesar de o detalhamento das ligações dimensionar e especificar os materiais de uma forma correta e suficiente para a fabricação das peças, não é possível perceber claramente que não haverá espaço para movimentação das chaves quando forem montadas juntas no canteiro. Se fossem realizados desenhos em três dimensões destas ligações ainda na etapa de elaboração de projetos, provavelmente o pouco espaço para movimentação das ferramentas seria mais claramente observado. Sendo assim, este tipo de problema poderia então ser solucionado ainda em projeto facilitando a montagem no canteiro.

Para que o profissional responsável por esta etapa de projeto estrutural consiga antever as dificuldades ao se montar a estrutura e projetar ligações que sejam facilmente executáveis, também é necessário que este tenha uma vivência maior de obra ou que este busque informações através de retroalimentações de outras experiências vividas em projetos anteriores.

[b] Interferências entre projetos

Problemas relacionados com interferências entre projetos são comumente encontrados em qualquer empreendimento. Porém, quando ocorrem em empreendimentos que utilizam estrutura metálica, devido à industrialização da construção, podem exigir que peças da estrutura tenham que ser refabricadas na indústria ou gerar improvisações nas demais especialidades. Isto atrasa o desenvolvimento da obra e aumenta o custo da construção, além de diminuir a qualidade da edificação.

Pode-se atribuir este tipo de problema a vários fatores como: mudança nos requisitos de projeto de forma tardia, com a obra já em andamento; falta de comunicação entre projetistas; falta de coordenadores de projeto e forma seqüencial de projeto em que não haja compatibilização entre as especialidades.

Grande parte dos problemas que ocorrem em empreendimentos que utilizam estrutura metálica é com relação a incompatibilidades entre o projeto estrutural metálico e os

projetos de instalações. Foi relatado no capítulo 3 e enfatizado pelos profissionais entrevistados que é comum haver furos na estrutura metálica para a passagem de tubulações (hidráulicas, elétricas, ar condicionado, etc). Essas aberturas na estrutura metálica acontecem em sua maioria improvisadamente no canteiro de obra. Porém, podem se previstas em projeto. Esta alternativa deve ser utilizada em casos extremos, quando não existe outra possibilidade de solucionar estas interfaces. A execução de furação na estrutura metálica, que normalmente ocorre na alma das vigas, faz com que o cálculo da estrutura tenha que ser repensado para repor a perda estrutural ocasionada por esta abertura. Devido a esta furação, podem ser necessários reforços na estrutura. Além disto, a falta de padronização da peça a ser furada e o fato deste tipo de estrutura estar fora dos moldes de fabricação da indústria, faz com que estas sejam produzidas sob medida, “artesanalmente”. Isto acarreta, de imediato, aumento do tempo de produção e dos custos da estrutura metálica.

No caso do empreendimento estudado, devido ao pé direito mais alto e ao sistema de *shafts* utilizado (FIG.5.22), não foi necessário realizar recortes nas vigas ou pilares. Não foi utilizado ar condicionado devido a limitação da verba disponível. A tubulação elétrica e hidráulica foi aparente (FIG.5.23). Sempre quando houve interferências com a estrutura metálica, estas tubulações sofreram desvios ou se localizaram abaixo do vigamento principal (FIG. 5.24). As soluções adotadas buscaram solucionar em projeto as possíveis interferências entre os projetos de estruturas metálicas e os projetos de hidráulica e elétrica. Desde o projeto arquitetônico procurou-se setorizar as tubulações hidráulicas no núcleo central da edificação, evitando que estas ficassem distribuídas por todo o edifício. Além disto, adotou-se o sistema de piso elevado o que facilitou a distribuição da instalação elétrica e cabeamento.

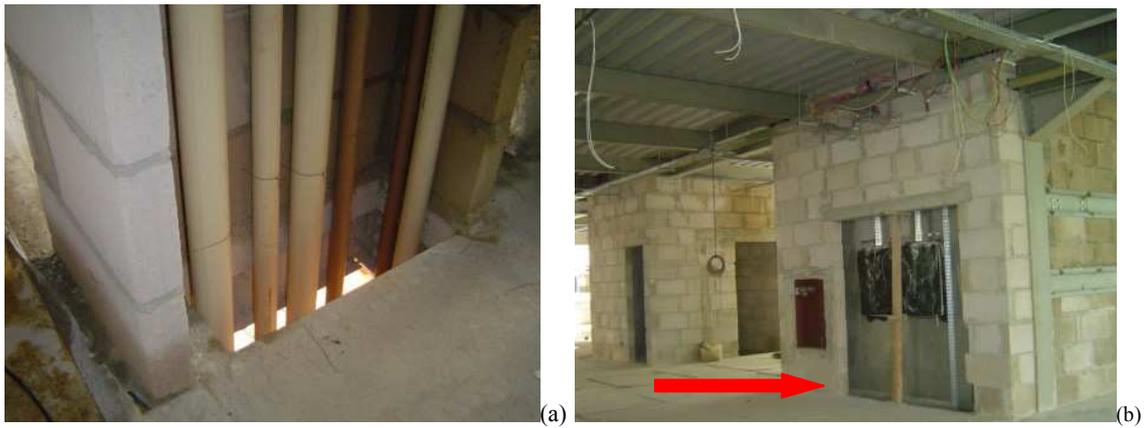


Figura 5.22. (a) Shaft para passagem de tubulação hidráulica. (b) Shaft para passagem de tubulação elétrica e cabeamento estruturado. (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em (a)14/11/06 e (b) 09/01/07).



Figura 5.23. Tubulação elétrica aparente. (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 09/01/07).

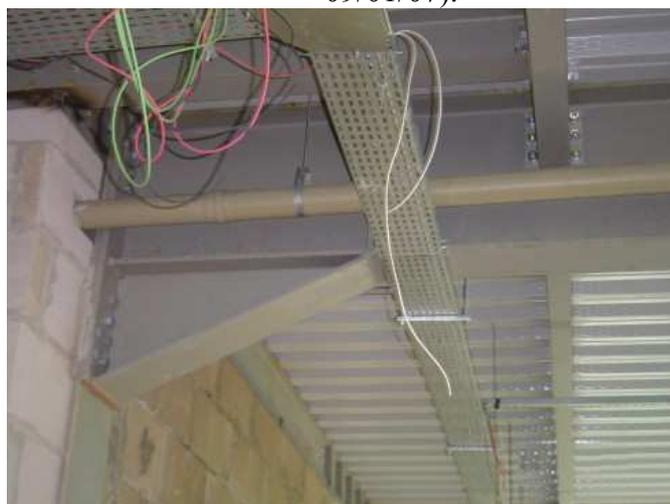


Figura 5.24. Posicionamento das instalações elétricas e hidráulicas aparentes sem interferência com a estrutura metálica. (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 09/01/07).

Apesar do empreendimento possuir características predominantemente industrializadas, buscando agilidade e limpeza na execução da sua obra, foi possível presenciar alguns acontecimentos que vão de encontro a esta filosofia. Grande parte das instalações elétricas e cabeamento foram distribuídas sob o piso elevado, porém, devido à necessidade de instalação de interruptores para as luminárias localizadas no teto dos pavimentos, foram realizados vários recortes nas paredes do empreendimento, da mesma maneira como ocorre em edificações que utilizam sistemas estruturais convencionais (FIG.5.25). Estes, realizados sem nenhum critério, provocaram desperdícios de material e contribuíram para atrasos no desenvolvimento do empreendimento. Em edificações que utilizam estrutura metálica, principalmente nos casos onde as alvenarias serão executadas com blocos, se faz ainda mais necessário a execução de projetos para a produção. Desta forma é possível realizar as alvenarias de forma rápida, limpa e econômica, prevendo soluções, ainda em projeto, das interfaces com projetos de instalações, garantindo a qualidade do empreendimento.



Figura 5.25. Recorte nas alvenarias para passagem das instalações elétricas. (a) Marcação para posterior recorte. (b) Após recorte e passagem da tubulação elétrica. (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em 09/01/07).

Nota-se ainda que algumas paredes já haviam sido rebocadas anteriormente à execução das aberturas para a passagem das tubulações elétricas (FIG.5.25a), o que aumentou o desperdício de material. Provavelmente, a locação destas não estava clara em projeto devido à ausência de vistas das alvenarias, sendo necessário que soluções improvisadas fossem tomadas no canteiro de obra.

Modificações tardias nos requisitos de projeto exigiram que algumas soluções do projeto hidráulico fossem resolvidas no canteiro de obras. Houve a necessidade de escoamento da água pluvial da laje do terraço³³ (que não havia sido previsto no início do projeto). Foi solucionado após a concretagem da laje, porém, foi necessário contornar a estrutura metálica e direcionar as saídas das águas pluviais para os *shafts* e para os dutos de escoamento inicialmente previstos (FIG.5.26).



Figura 5.26. Tubulação de escoamento de água pluvial do terraço sendo direcionada para (a) shafts e (b) dutos principais de escoamento. (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em 09/01/07).

³³ Ver FIG. 5.15.

No empreendimento do estudo de caso foi necessário alterar o posicionamento das eletrocalhas devido à interferência destas com as mísulas da estrutura metálica (FIG.5.27).

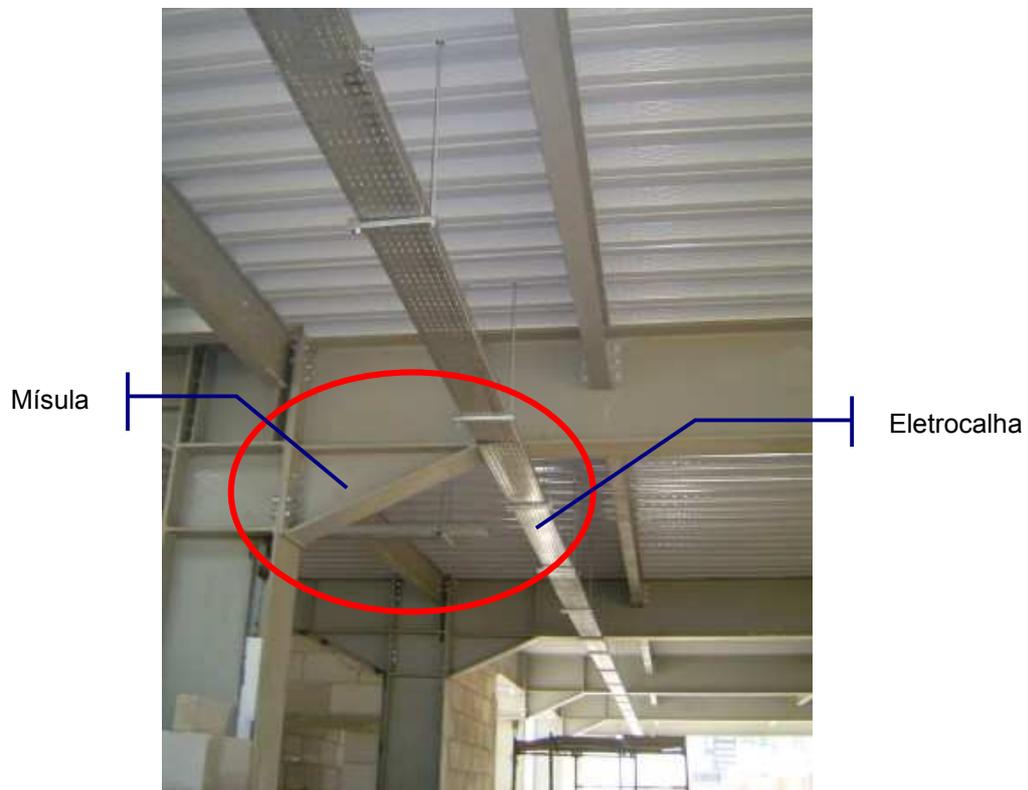


Figura 5.27. Incompatibilidade entre eletrocalhas do projeto elétrico e mísulas do projeto estrutural metálico. (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 14/11/06).

Nos projetos iniciais o engenheiro calculista (EC-Ea) não previu a utilização das mísulas e posteriormente, ao optar por colocá-la no projeto, as outras especialidades acabaram não sendo informadas sobre elas adequadamente, o que ocasionou interferências, que foram notadas principalmente no projeto de instalações elétricas. No projeto estrutural não é possível a identificação direta das mísulas em planta, porém, estas estão claras e detalhadas nos desenhos de elevação da estrutura (FIG.5.28).

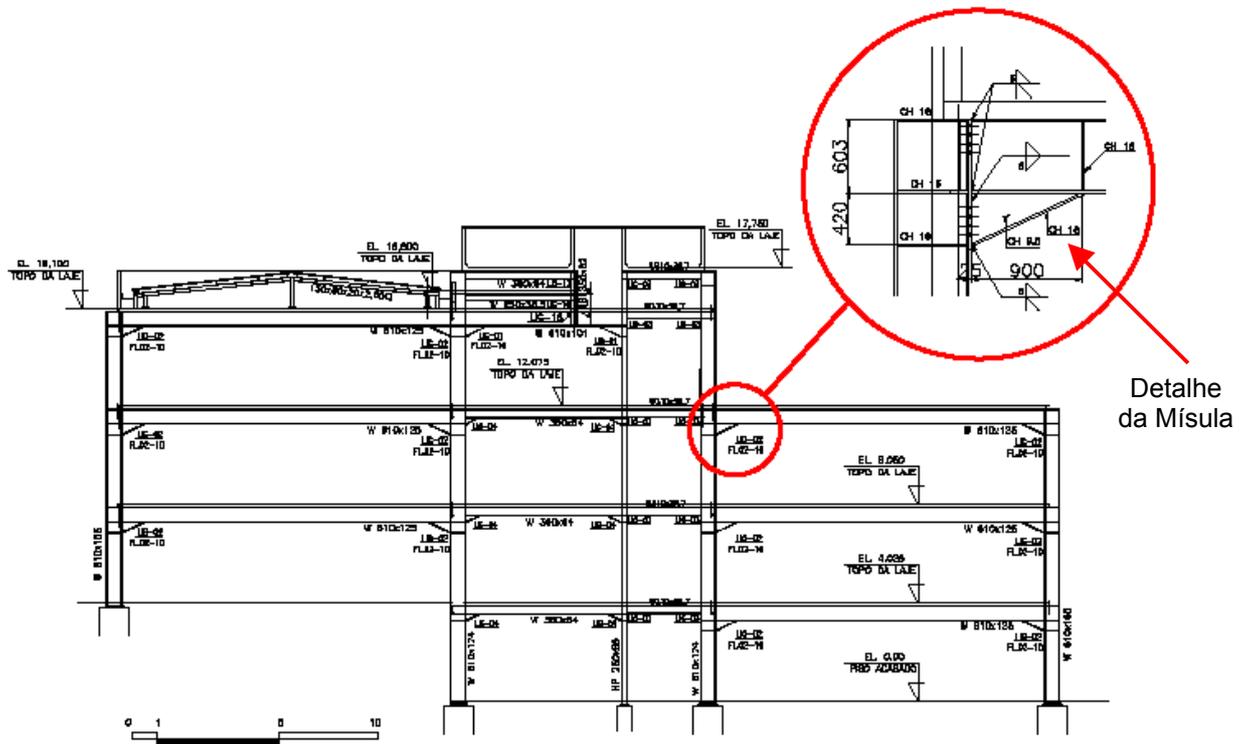


Figura 5.28. Elevação do projeto estrutural e detalhe da ligação onde se encontra a mísula. (Fonte: adaptado do projeto empresa EC-Ea).

A falta de elevações no projeto elétrico, que foi trabalhado apenas através das plantas baixas (FIG.5.29), também pode ter agravado este problema.

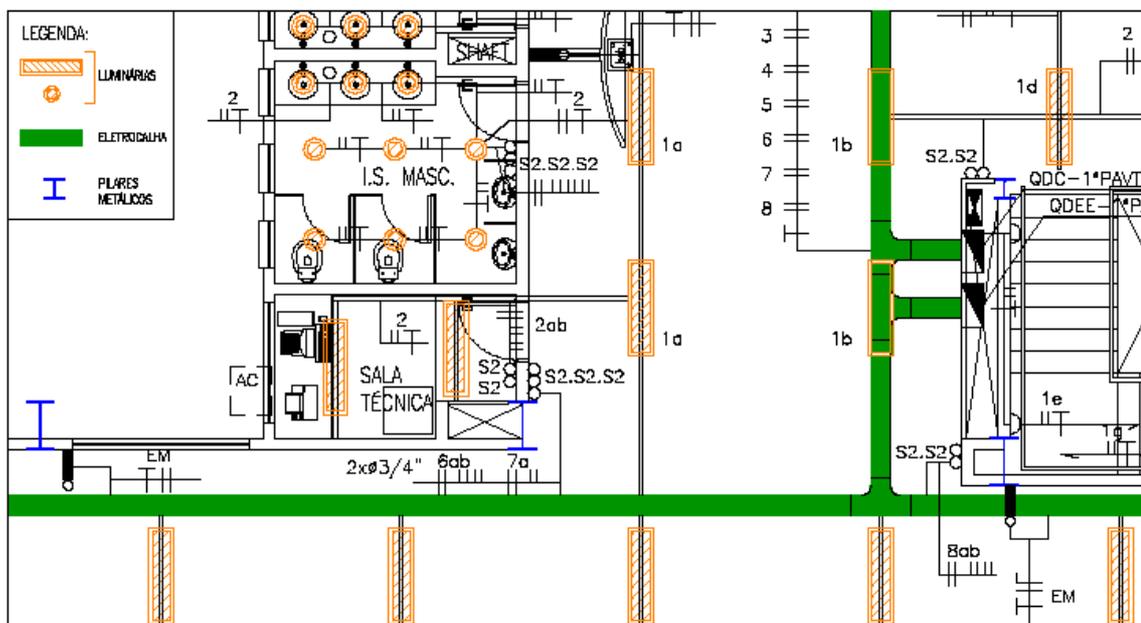


Figura 5.29. Projeto elétrico original (Fonte: empresa EC-Eb).

Nota-se que no projeto elétrico, a única informação proveniente do projeto estrutural é a marcação dos pilares. Não há indicação das vigas e das mísulas, não sendo possível visualizar diretamente quais seriam as possíveis interferências da instalação elétrica na estrutura metálica. Também não é informada a distância horizontal entre a estrutura metálica e a eletrocalha, bem como a posição desta com relação ao pé direito, uma vez que não há indicação na planta e não foram realizadas elevações no projeto elétrico. Sendo assim, fica a cargo dos operários de obra decidirem qual a melhor posição para o posicionamento da eletrocalha, o que pode ser bastante prejudicial, uma vez que estes têm visões pontuais e não observam quais seriam as implicações de suas opções nas interfaces com outros elementos do empreendimento.

Caso o profissional EC-Ea tivesse indicado na planta o posicionamento das mísulas ou a empresa EC-Eb tivesse utilizado as informações das elevações do projeto estrutural durante o desenvolvimento do projeto de instalações elétricas, as interferências entre as especialidades técnicas já teriam sido resolvidas durante a etapa de projetos, evitando as alterações no posicionamento da eletrocalha e das luminárias durante a obra (FIG.5.30).

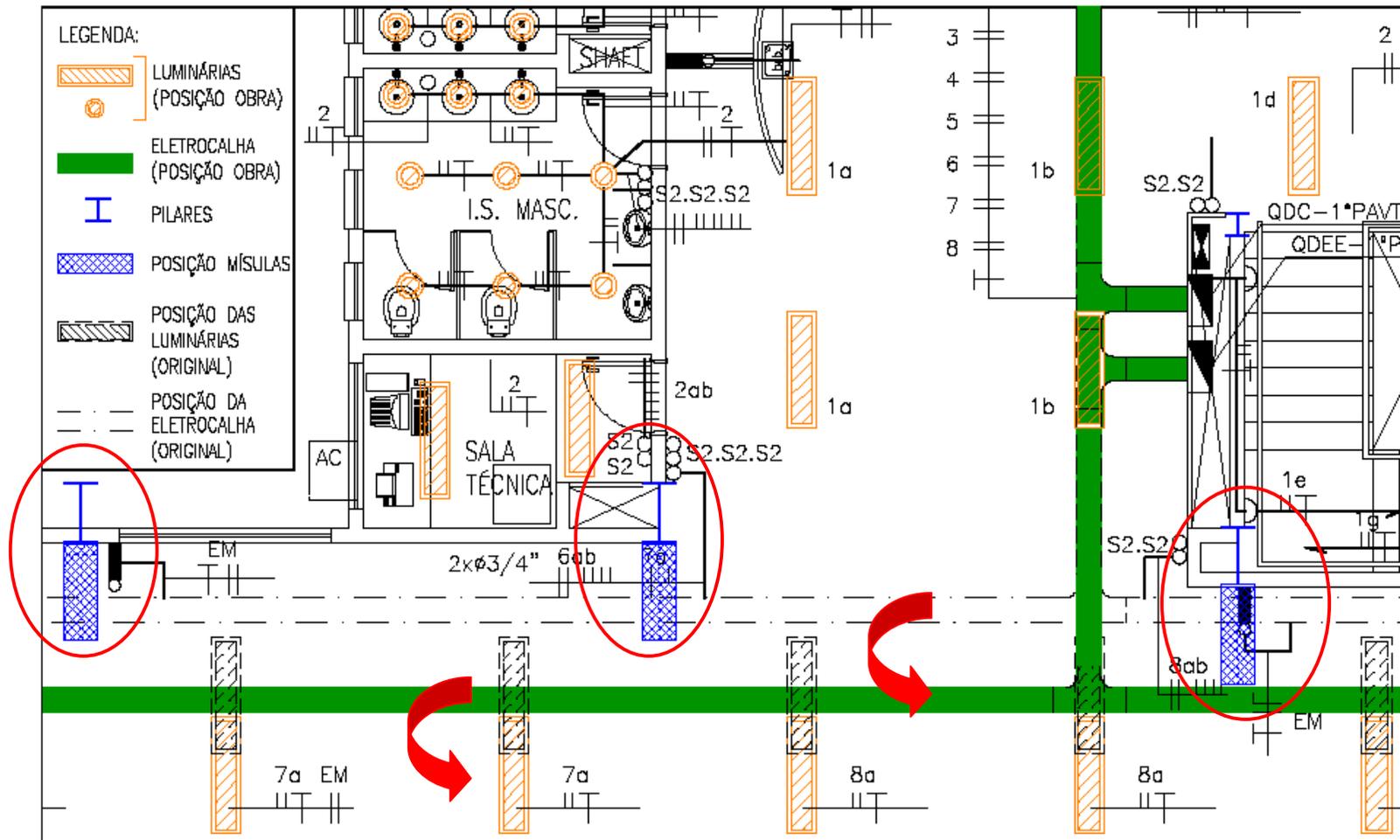


Figura 5.30. Projeto elétrico visualizando as interferências entre a mísula e a eletrocalha (projeto original) e a marcação das mudanças ocorridas na obra.

É importantíssimo que as demais especialidades técnicas procurem trabalhar com as elevações de todas as disciplinas e perspectivas quando houver, buscando então ter uma visão do conjunto completo do empreendimento. Como a estrutura metálica possui alturas diferentes de vigas e elementos de ligações diferentes, trabalhar analisando os cortes e as elevações, se torna ainda mais imprescindível, podendo inclusive indicar caminhos não visualizados em planta para a passagem das instalações elétricas e hidráulicas.

Outro fato relatado com frequência pelas empresas entrevistadas diz respeito às interferências entre equipamentos e a estrutura metálica em edificações industriais. Estas acontecem principalmente devido à mudança nos requisitos de projeto e nas especificações dos equipamentos a serem utilizados no empreendimento. Segundo algumas empresas entrevistadas, os equipamentos que são utilizados em edificações industriais são definidos tardiamente ou de forma incompleta ou mesmo são alterados após a fabricação da estrutura metálica. Estas constantes modificações nas especificações dos equipamentos prejudicam o processo de projeto e propiciam o aparecimento de incompatibilidades, geram várias revisões em diversas disciplinas de projeto, ocasionando perda de dinheiro e tempo. É frequente a perda de estruturas já fabricadas.

Os equipamentos voltados à acessibilidade, como elevadores, escadas e esteiras rolantes também foram relatados pelos entrevistados como grandes focos de incompatibilidades entre o projeto estrutural e o projeto das demais especialidades técnicas. Devido ao mesmo problema relatado sobre equipamentos industriais, onde as especificações acontecem tardiamente. Muitas vezes, os equipamentos especificados não são os equipamentos adquiridos e então possuem características técnicas diferentes das utilizadas na elaboração dos projetos. Não há uma padronização com relação a estes equipamentos e cada fabricante possui exigências e especificações próprias, normalmente bastante diferentes dos seus concorrentes, o que dificulta a compatibilização das disciplinas ainda na etapa de projetos. Segundo as empresas entrevistadas, os fabricantes deste tipo de equipamento só informam as dimensões

corretas dos equipamentos após assinatura do contrato, o que às vezes pode acontecer após a construção terminada. Sendo assim, se faz necessário realizar revisões em todos os projetos. Porém, quando os equipamentos são adquiridos, muitas vezes a etapa de projetos já está finalizada e a obra bastante evoluída, com a estrutura já fabricada, sendo necessário realizar ajustes e acréscimos ou mesmo refazer a estrutura já fabricada e montada.

No empreendimento do estudo de caso, a empresa responsável pela instalação dos elevadores foi contratada tardiamente ao processo de projeto. Sendo assim, o projeto dos elevadores só foi finalizado após a concretagem das lajes, sem que fosse possível realizar a compatibilização com as demais especialidades técnicas ainda na etapa de projetos. Devido ao fato da distância entre as vigas metálicas previstas nos projetos arquitetônico e estrutural ser de 4 metros aproximadamente (FIG.5.31) e o projeto do elevador exigir uma distância máxima entre as vigas de 3 metros (FIG.5.32), foi necessário executar estruturas complementares improvisadas na obra para que os elevadores não se movimentassem horizontalmente e saíssem do prumo previsto para a segurança dos usuários da edificação.

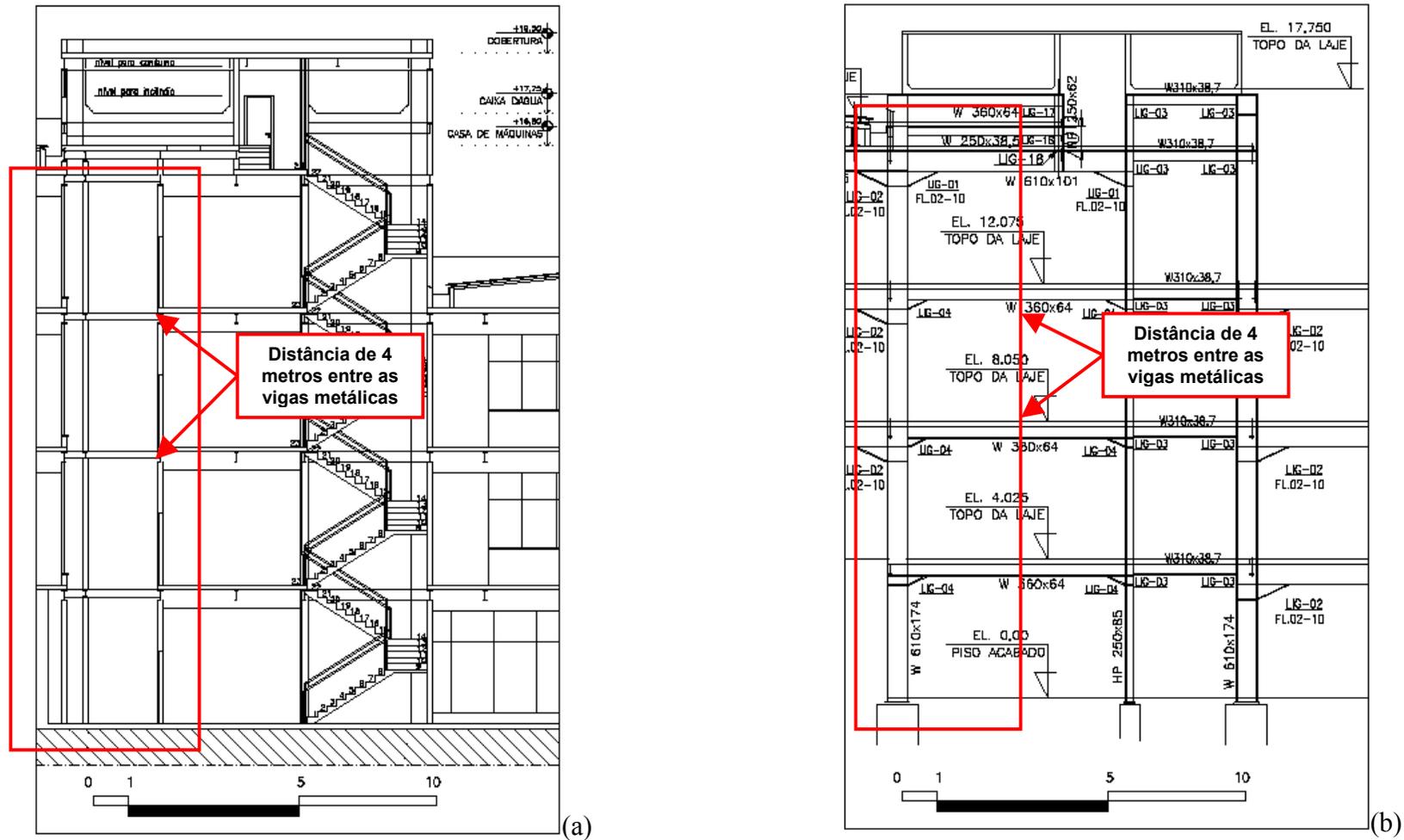
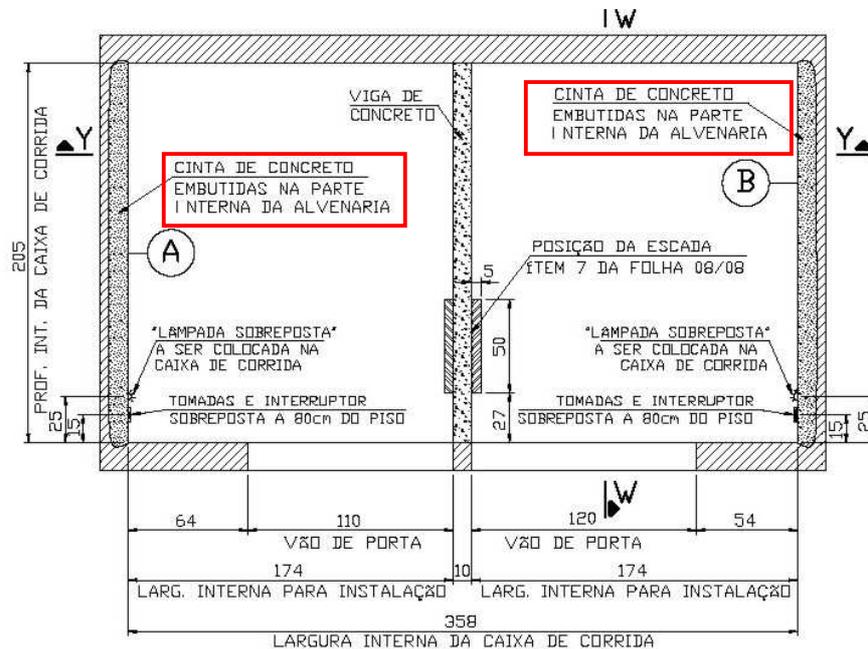
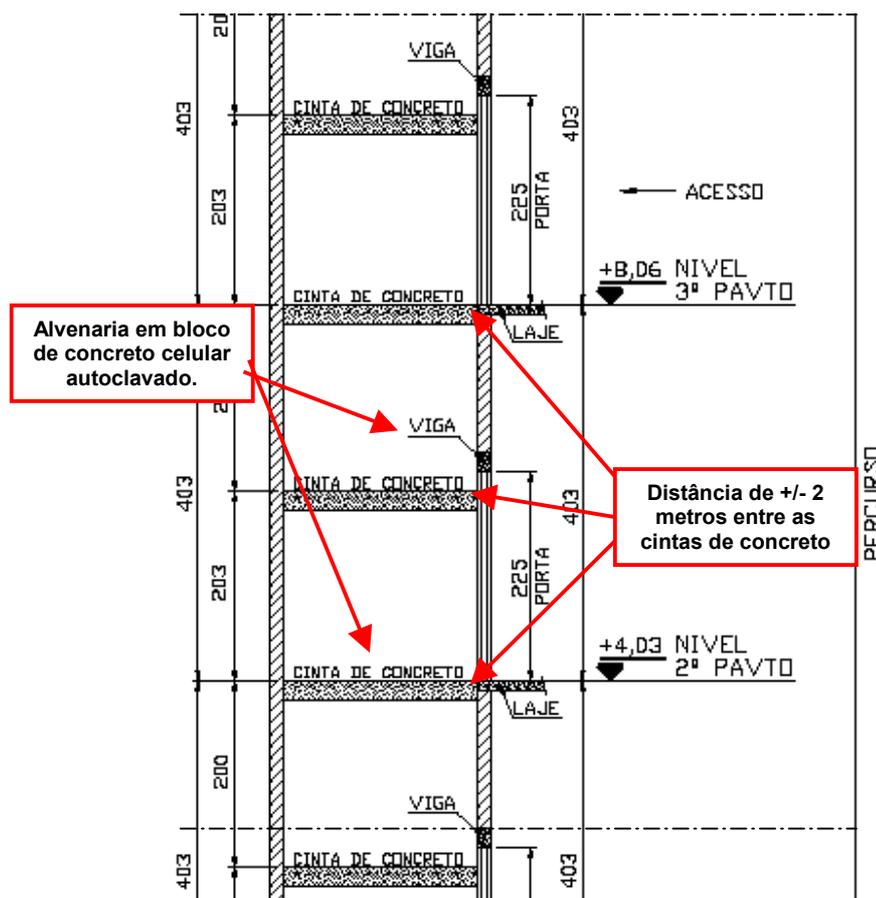


Figura 5.31. Vigamento metálico da área dos elevadores, visto pelo (a) projeto arquitetônico e (b) projeto estrutural. (Fonte: adaptado dos projetos das empresas (a) EC-A e (b) EC-Ea).



(a)



(b)

Figura 5.32. Vigamento necessário na área dos elevadores, visto pelo projeto da empresa de elevadores. (a) Planta e (b) parte do corte ww. (Fonte: projeto da empresa dos elevadores).

Na obra, através de reuniões entre responsáveis da empresa de elevadores, da empresa EC-CO e da empresa EC-F, foram estudadas várias possibilidades para instalação desta estrutura complementar de travamento. A fabricação de novas peças metálicas auxiliares foi descartada devido à dificuldade de ligação destas com a estrutura existente e com a laje já concretada. A solução adotada foi realizar alvenarias em bloco de concreto celular autoclavado em torno de toda a área dos dois elevadores (que não seria executada inicialmente). Além disto, alguns blocos foram preenchidos com concreto formando cintas de amarração embutidas na alvenaria. Estas cintas se localizaram no meio do vão entre as vigas metálicas existentes que, junto com a alvenaria, garantiram a estabilidade horizontal necessária (FIG. 5.33).



Figura 5.33. Vão dos elevadores. Vista da cinta de concreto e início da montagem da alvenaria em bloco de concreto celular autoclavado (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 14/11/06).

Este tipo de problema pode acontecer em qualquer empreendimento, não sendo diferente em empreendimentos que utilizam estrutura metálica, porém devido ao fato da estrutura metálica ser industrializada, algumas interferências podem impedir a utilização de um determinado equipamento ou exigir soluções inviáveis economicamente. Podem ser evitados se todos os projetos forem finalizados antes do início da construção. Para

isto, é importante que os equipamentos sejam definidos com antecedência para que os profissionais das diversas especialidades consigam desenvolver seus projetos antevendo e solucionando problemas de interfaces entre a sua especialidade técnica e as necessidades de um determinado equipamento específico. As exigências dos equipamentos devem ser tratadas como requisitos de projeto, devendo ser definidas antes do início de desenvolvimento dos projetos, ainda na etapa de planejamento do empreendimento. Também é importante que estes requisitos de projeto não sejam alterados e que os fabricantes destes equipamentos busquem uma padronização pelo menos de algumas características-chaves (dimensões, cargas, necessidades estruturais, etc). Desta forma, é mais fácil antever na etapa de projetos, possíveis problemas que podem ocorrer no desenvolvimento de empreendimentos.

Uma equipe técnica eficiente de coordenação de projetos com experiência em realizar a compatibilização entre os projetos das diversas disciplinas e com vivência de obra também pode impedir o surgimento destes tipos de interferências.

[c] Especificação de materiais

Uma das questões levantadas pelas empresas entrevistadas como a causa da redução do potencial de utilização do aço no mercado da construção civil é a falta de soluções industrializadas que sejam capazes de atender à industrialização requerida pela estrutura metálica. O que se pode perceber nos empreendimentos que utilizam estrutura metálica, relatados nas entrevistas, estudados na bibliografia e vivenciados no estudo de caso, é que o conceito de industrialização ainda é utilizado de forma parcial. Há uma otimização da estrutura, porém os demais elementos construtivos ainda possuem características de produtos manufaturados.

A utilização da estrutura metálica se torna mais competitiva se possuir sistemas construtivos complementares industrializados capazes de garantir a total industrialização da construção. Porém, estes sistemas ainda são pouco explorados e desenvolvidos no mercado de Belo Horizonte. Os poucos sistemas complementares existentes disponíveis no mercado ainda são pouco difundidos, possuem alto custo e

estão resumidos a poucos fabricantes, o que torna ainda mais difícil a diminuição de preços através de concorrências.

Grande parte dos agentes entrevistados tem dificuldades em especificar materiais industrializados e que trabalhem em conjunto com a estrutura metálica. Relatam que têm dificuldade em obter informações para subsidiar os projetos e, por isso, não é raro encontrar especificações de materiais que não existem ou são difíceis de encontrar no mercado.

Algumas empresas questionam o desenvolvimento de tecnologias voltadas à utilização destes sistemas construtivos complementares, principalmente nas áreas de acabamento, vedações e lajes. Afirmam que os profissionais estão muito preocupados em diminuir a espessura das chapas e o peso final da estrutura e se esquecem que o custo final do empreendimento que utiliza estrutura metálica não se resume apenas na quantidade de aço utilizada. Para estas empresas, as pesquisas deviam focar, com a mesma intensidade, o desenvolvimento de sistemas construtivos que complementem a estrutura metálica, materiais de acabamento e formas de solucionar os problemas das interfaces entre estrutura metálica e vedação. Com sistemas construtivos eficientes que complementem a estrutura metálica pode haver uma facilitação à industrialização total da construção, propiciando indiretamente a redução do custo de empreendimentos que utilizem estrutura metálica.

Com relação à deficiência de utilização de sistemas construtivos complementares à estrutura metálica, podem ser destacados alguns aspectos, como os que seguem abaixo.

A falta de possibilidades de especificação de materiais industrializados para fechamento externo, que tenham modulação compatível com a disponibilidade dimensional dos elementos estruturais metálicos é um entrave ao desenvolvimento da industrialização da construção. Devido à pouca oferta do mercado, os painéis industrializados para a construção metálica, quando disponíveis, possuem valores ainda bastante elevados para que sejam competitivos junto a outros sistemas construtivos. Segundo as empresas construtoras entrevistadas, o fato de existirem poucos fabricantes também dificulta a

diminuição do preço dos painéis de vedação pré-fabricados. O que acaba ocorrendo é que empreendimentos que optaram pela utilização da estrutura metálica visando agilizar o processo de produção do edifício, acabam sendo obrigados a executarem suas alvenarias com blocos cerâmicos ou em concreto celular autoclavado. Por mais rápido e bem executado pelos operários da obra, este tipo de vedação ainda é contrária conceitualmente à industrialização da construção.

Devido à cultura de industrialização da empresa, um dos construtores entrevistados (C-1) acabou desenvolvendo um sistema próprio de vedação externa através de chapas de granito fixadas a estruturas metálicas auxiliares. Relatou que com este sistema de vedação adotado, agilizou o processo de construção, aboliu o uso de argamassas, diminuiu a mão de obra e ainda conseguiu obter vantagens mercadológicas junto aos compradores devido ao fato de todas as fachadas dos seus edifícios serem revestidas. Porém, como desvantagem, afirma que o custo do granito é muito alto e impede a diversificação de cores das fachadas, pois acaba utilizando quase sempre o granito mais barato.

Conforme relatado anteriormente no capítulo 5 (item 5.5.2) no empreendimento do estudo de caso, devido à falta de opções encontradas para a vedação, optou-se pela utilização de blocos de concreto celular autoclavado para a execução das alvenarias.

Houve algumas particularidades com relação à amarração entre alvenaria e estrutura. Para estabilizar a alvenaria, além de pequenos pilares ao longo do plano de alvenaria, foram utilizados ferros cabelo. Estes foram soldados à estrutura metálica (FIG.5.34) e conectados à alvenaria entre as camadas de argamassa a cada 3 fiadas. Para que a estrutura pudesse se movimentar independentemente da alvenaria, evitando possíveis trincas, foram colocados elementos tipo mangueiras para que os ferros pudessem deslizar dentro da alvenaria (FIG 5.35). Sendo assim, o movimento da alvenaria era impedido na direção y, porém o movimento da estrutura está liberado na direção de x.



Figura 5.34. (a) Detalhe do ferro cabelo soldado ao pilar metálico e (b) Detalhe da chapa de isopor na interface entre alvenaria e estrutura metálica (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em (a)24/10/06 e (b) 14/11/06).

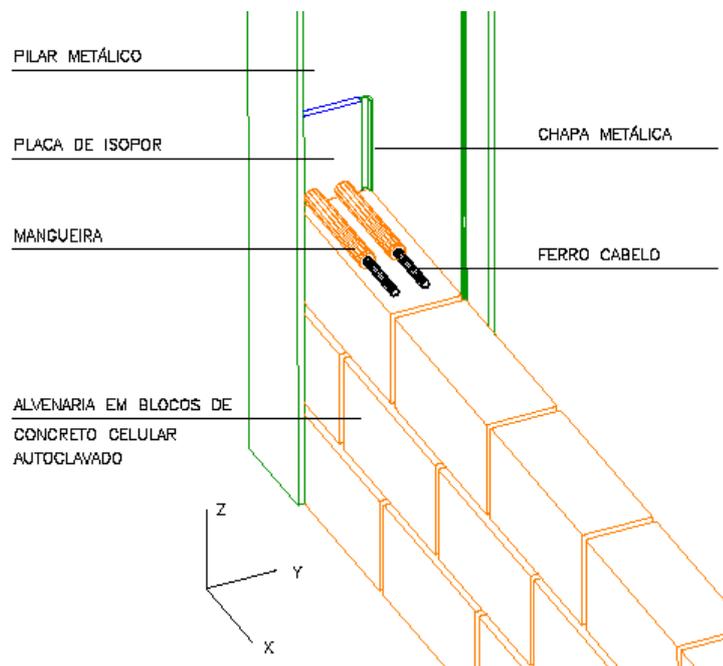


Figura 5.35. Interface entre alvenaria e estrutura metálica

Lâminas de isopor no encontro entre a alvenaria e estrutura, podem ajudar no isolamento térmico, além de amortecer a alvenaria das pequenas movimentações da estrutura. Chapas metálicas dobradas, soldadas nas almas dos pilares e nas abas das vigas, funcionam como cantoneiras e, além de garantir o acabamento no encontro entre

alvenaria e as peças da estrutura metálica, também contribuem na estabilização da alvenaria (FIG.5.36).



Figura 5.36. Encontro entre a alvenaria e a viga metálica. (a) Chapa metálica soldada e a soldar. (b) Chapa de isopor (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em 09/01/06).

Quando o encontro entre a alvenaria e a laje *steel deck* ocorria diretamente, foi utilizado um bloco especial (FIG. 5.37).



Figura 5.37. Encontro entre a alvenaria e a laje *steel deck* (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 09/01/06).

Porém, mesmo tendo sido bastante estudado o encontro entre a alvenaria em bloco de concreto celular autoclavado e a estrutura metálica, a execução foi bastante demorada, principalmente com relação à solda das chapas metálicas dobradas tipo cantoneira. Houve bastante atraso no término da obra devido à execução quase artesanal destes encontros entre estrutura e alvenaria. Segundo relatos das empresas entrevistadas, o encontro entre alvenaria e estrutura metálica é problemático e deve ser bastante desenvolvido na etapa de projetos. Segundo estas empresas, deve-se dar preferência a utilização de sistemas industrializados de vedação, intimamente ligados à estrutura metálica, para que seja possível extrair todas as vantagens da rapidez construtiva proporcionada por este sistema estrutural.

Devido ao comportamento diferente dos materiais da estrutura e da vedação, EC-CO e EC-A tiveram dificuldade em especificar e executar o acabamento externo da fachada, pois a argamassa necessária para a realização da textura especificada nas paredes aderiu de forma diferente na junção entre a alvenaria e as chapas metálicas de contenção do concreto da laje em *steel deck*. Além disto, a movimentação e a dilatação diferente entre a estrutura e a alvenaria, podem provocar trincas no revestimento e, conseqüentemente, infiltrações. Estas, caso atinjam a estrutura metálica, no futuro podem provocar corrosão e comprometer a estabilidade estrutural do edifício. Foram realizados vários testes empíricos para verificar a aderência dos materiais de revestimento na junção entre a estrutura metálica e a alvenaria (FIG.5.38).



Figura 5.38. Testes de aderência da argamassa no encontro entre alvenaria e as chapas metálicas de contenção do concreto do *steel deck* (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 14/11/06).

Segundo EC-CO, a dificuldade em se obter informações sobre materiais adequados para utilização na interface do acabamento com a estrutura metálica, juntamente com a pouca experiência dos agentes do processo de projeto do empreendimento, fez com que não houvesse uma correta especificação de materiais o que prejudicou o andamento da obra, gerando atrasos e gastos excessivos de materiais.

Apesar de haver necessidade de um maior desenvolvimento de materiais complementares à estrutura metálica, os problemas encontrados também podem ser resolvidos durante a elaboração e detalhamento do projeto arquitetônico voltado à estrutura metálica. A especificação correta dos materiais de acabamento pode evitar sérios problemas no desenvolvimento da construção e no futuro do empreendimento. Os projetos de produção também podem antever e solucionar estes problemas.

Segundo as empresas entrevistadas, outro sistema complementar à estrutura metálica que deve ser mais estudado é o sistema de lajes industrializadas. Da mesma maneira que os painéis de vedação, o custo das lajes pré-fabricadas é alto principalmente pelo fato de pouca opção de fabricantes. Segundo algumas empresas, a laje em *steel deck*, que também foi utilizada no empreendimento do estudo de caso, apesar de possuir várias

características positivas, deveria ter a sua fixação na estrutura metálica mais estudada e desenvolvida tecnicamente. A fixação atual através de *stud bolt* consome muita energia e os cabos dos equipamentos às vezes não resistem às altas correntes elétricas e se partem. Quando isto acontece, acabam danificando a chapa metálica da laje que então deve ser substituída ou receber nova pintura (FIG.5.39). Além disto, as chapas necessárias à contenção da camada de concreto dificultam o acabamento da estrutura (FIG.5.38). Na etapa de detalhamento dos projetos, deveria haver uma solução que procurasse alternativas para solucionar estas questões. Através de alternativas definidas nas etapas de projeto, poderia ser estudada uma forma de tirar partido destas estruturas complementares de uma maneira estética. Também seria possível repensar a colocação destas chapas para que estas possam ser removidas após a cura do concreto, facilitando o acabamento externo da alvenaria.



Figura 5.39. Chapa do *steel deck* danificada (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 26/09/06).

[d] Falta de informações nos projetos e levantamentos incompletos

Alguns problemas encontrados em empreendimentos que utilizam estrutura metálica acontecem devido a erros ou incompletudes dos projetos. Durante as entrevistas, foi comum encontrar relatos de erros em desenhos, desenhos confusos, onde as elevações contradizem informações contidas nas plantas, erro no detalhamento dos projetos, projetos incompletos, etc. A empresa fabricante de estruturas EC-F, relatou que muitos

projetos executados pela empresa recebem como base projetos arquitetônicos com falta de informações e é comum receber projetos com inexistência de cortes.

Um exemplo que demonstra o erro na etapa de detalhamento dos projetos aconteceu no empreendimento do estudo de caso. Durante a fabricação da estrutura, a empresa EC-CO sugeriu informalmente que as chapas próximas às ligações aparentes fossem voltadas apenas para a parte interior da edificação, de forma que não fosse possível visualizá-las na fachada. Devido ao fato desta informação não estar clara no detalhamento do projeto estrutural e no projeto arquitetônico, algumas chapas de algumas ligações foram colocadas do lado externo sendo possível visualizá-las na fachada do edifício (FIG.5.40). Apesar de ser um problema que não apresenta risco à segurança do empreendimento, compromete a estética ideal do edifício. Este acontecimento poderia ter sido facilmente resolvido durante a etapa de detalhamento da estrutura.



Figura 5.40. Erro na etapa de detalhamento do projeto estrutural. (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 19/09/06).

Em empreendimentos que estão sofrendo reformas ou ampliações, é necessário realizar um levantamento bastante extenso e criterioso da edificação existente antes do

desenvolvimento dos projetos. As empresas entrevistadas afirmaram que grande parte das incompatibilidades e problemas em obras de expansão de edificações se deve ao fato destes levantamentos serem incompletos e não englobarem todos os aspectos necessários para o desenvolvimento dos projetos. Sendo assim, quando a estrutura metálica começa a ser montada aparecem problemas, principalmente no encontro da nova estrutura com a edificação existente. Estes são difíceis de serem resolvidos no canteiro de obra ou a solução encontrada pode ser inviável economicamente. No caso de ampliações de edificações com a utilização da estrutura metálica, além da necessidade de executar levantamentos detalhados, é importante que os profissionais de projeto visitem os locais das obras para observar pessoalmente o local onde se desenvolverá o novo empreendimento, para que tenham uma visão do conjunto e não haja dúvidas ao desenvolverem os projetos.

[e] Necessidades de reforços na estrutura metálica

Erros provenientes da etapa de elaboração do projeto estrutural acabam exigindo que sejam realizados reforços na estrutura metálica. Normalmente são erros de cálculo onde, após o carregamento da estrutura, alguns elementos sofrem deformações e necessitam serem reforçados estruturalmente. Quando este tipo de problema ocorre, pode haver comprometimento da segurança estrutural do empreendimento.

Infelizmente, não é raro encontrar problemas relacionados a erros dimensionais ou estruturais. Porém, pôde-se perceber nas entrevistas que estes ocorrem com mais frequência em empreendimentos industriais e são causados em sua maioria por deficiência na especificação dos requisitos para o projeto.

Nos requisitos de projeto para empreendimentos voltados à indústria de mineração é importante que também seja especificado como será a forma de utilização do empreendimento. Várias empresas entrevistadas relataram que é comum a estrutura ceder devido ao fato desta não suportar a solicitação estrutural após iniciar o uso da edificação. Por exemplo, no caso de peneiras destinadas à separação do material das mineradoras. É importante que seja especificado nos requisitos de projeto como este

material será lançado ao equipamento. Dependendo da forma que isto ocorrer, se a estrutura não tiver sido projetada para suportar tal impacto, ela vai deformar e necessitar de reforços estruturais. Isso ocasiona, além de um novo gasto com a reforma da estrutura, gastos indiretos devido à interrupção das atividades relativas a este equipamento.

Um dos problemas comuns em edificações industriais que impedem uma especificação completa dos requisitos, é a constante alteração da especificação dos equipamentos a serem sustentados pela estrutura metálica. Quando o equipamento inicialmente especificado é substituído por outro, devido à novas características técnicas, pode ser necessário haver reforço na estrutura metálica.

Também é comum haver reforços estruturais devido à mudança de uso da edificação. Segundo a empresa EC-F, esse tipo de alteração nas especificações de projeto é muito comum em projetos de shoppings. Na construção recente de um shopping na região de Belo Horizonte, houve uma mudança com relação ao posicionamento do espaço destinado às salas de cinema. O andar onde este estaria posicionado foi transformado em lojas. A área dos cinemas foi transferida para a área onde seria a cobertura. Sendo assim, a estrutura do pavimento onde se localizaram as lojas se tornou superdimensionada, e a da cobertura sub-dimensionada para atender ao novo uso. Devido ao fato da estrutura inicialmente projetada estar calculada para abrigar a carga apenas de uma cobertura, foi necessário realizar reforços estruturais em toda a estrutura correspondente à área dos cinemas. A estrutura poderia ter sido mais econômica caso estas alterações fossem resolvidas anteriormente ao desenvolvimento dos projetos, ainda na definição dos requisitos de projeto.

Outros reforços estruturais também são realizados devido à necessidade de execução de furos na estrutura para a passagem de tubulações (conforme salientado no item 5.5-b). Este tipo de reforço estrutural, juntamente com reforços nas almas das vigas que às vezes são necessários de serem executados, pode dificultar e encarecer a fabricação da estrutura. Tornam-se peças estruturais únicas e não padronizadas além de exigirem uma fabricação diferente à da rotina de produção da fábrica.

No empreendimento do estudo de caso, nas áreas molhadas, onde o piso é rebaixado, foi necessário realizar um reforço estrutural nas almas dos perfis (FIG.5.41). Isso se deu porque, devido ao rebaixamento do piso, os esforços não ficarem apoiados na parte superior do perfil, mas sim na alma. Como a alma é esbelta foi necessário estabelecer elementos metálicos de reforço estrutural que foram soldados à alma do vigamento principal. Este reforço, apesar de ter sido previsto na etapa de projeto, durante o projeto estrutural, dificultou a fabricação pela empresa EC-F, pois é constituído por vários elementos metálicos, pequenos e próximos, soldados em várias vigas metálicas.

O adequado seria que o projeto estrutural conseguisse buscar uma solução para a sustentação de pisos rebaixados sem que estes tivessem que se apoiar na alma das vigas e necessitar de reforços. Sendo assim, projetos estruturais metálicos mais eficientes conseguiriam resolver este tipo de problema sem que fosse necessário soldar elementos na estrutura principal e alterar o processo produtivo da fábrica. O projeto arquitetônico pode favorecer a não utilização de reforços estruturais, de acordo com o que prever nas setorizações das áreas molhadas. Porém para que estas soluções apareçam durante o desenvolvimento dos projetos, é necessário que os profissionais tenham experiência com a estrutura metálica, antevendo possíveis problemas no processo de fabricação e construção.



Figura 5.41. Reforço nas vigas onde o piso das áreas molhadas foi rebaixado. (Fonte: arquivo pessoal. Foto obtida em 19/09/06).

(e) locação da fundação e posicionamento do empreendimento no local da obra

Um dos problemas mais comuns e talvez o que mais atrapalha a execução da obra de construções metálicas compreende nos erros e incompatibilidades entre a estrutura metálica e a fundação. Podem ocorrer devido à falhas do posicionamento dos chumbadores que podem apresentar-se desnivelados, desalinhados ou rotacionados, ou o que é mais comum, acontecerem devido a imprecisões na locação do empreendimento no terreno.

A causa pode estar em erros no projeto de fundação que então são repassados durante a execução da marcação da fundação no canteiro de obra, ou mesmo gabaritos errados dos posicionamentos dos chumbadores. Devido aos prazos extremamente curtos para o desenvolvimento do projeto, acaba-se fornecendo ao responsável pelo projeto de fundações, informações do projeto estrutural antes do término deste. Sendo assim, as fundações comumente acabam sendo executadas antes do projeto estrutural finalizado, o que pode ocasionar problemas caso haja a necessidade de mudança de posicionamento da estrutura. Caso seja necessário realizar mudanças no projeto estrutural, podem ocorrer duas situações claras: ou as fundações executadas terão que ser refeitas ou o projeto estrutural ficará restrito a algumas possibilidades de alteração. Mesmo que o projeto de fundações comece antes do projeto estrutural finalizado e revisado, o recomendado é executar as fundações após o término do projeto estrutural. Desta forma seria possível evitar esse tipo de problema.

No empreendimento do estudo de caso, em uma região do projeto no 1º pavimento (anexo da biblioteca), aconteceu um problema de posicionamento das fundações. As fundações de dois pilares estavam deslocadas em 5 centímetros da distância correta. Como a estrutura metálica trabalha com precisão de milímetros, os pilares após a montagem da estrutura acabaram inclinados (FIG.5.42).



Figura 5.42. Desalinhamento dos pilhars. (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em 19/09/06).

Para solucionar o problema seria necessário refazer as fundações ou as vigas metálicas correspondentes a ligação destes pilares na estrutura principal. Porém, segundo EC-F e EC-CO, a região onde ocorreu este problema é uma região pouco solicitada estruturalmente. Sendo assim, a solução adotada no canteiro de obra considerada mais fácil e econômica de ser executada foi descentralizar os pilares na base de fundação (FIG.5.43).

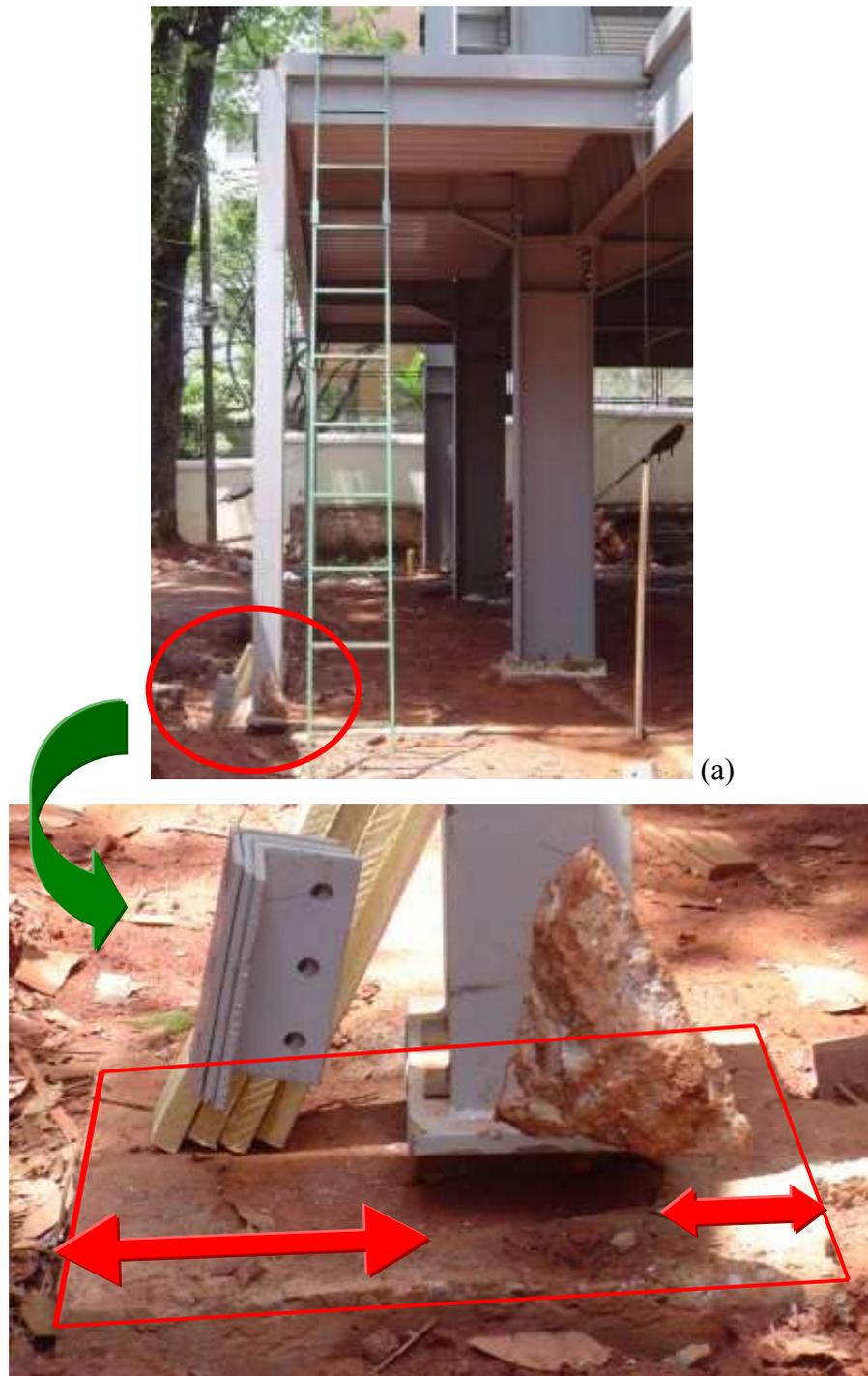


Figura 5.43. Descentralização dos pilares na fundação (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em 26/09/06).

Em um primeiro momento, pensou-se que a causa estaria na fabricação das vigas, que poderiam ter sido fabricadas 5 centímetros menores do que o especificado nos projetos de estruturas e de detalhamento. Analisando o projeto estrutural e o projeto de fabricação da estrutura, não se verificaram incoerências com relação às peças fabricadas

de estruturas dimensionam o espaçamento entre os eixos verticais D e D' em 2,35 metros, o projeto de fundação, além de não identificar o eixo D', indicando-o apenas através de uma linha tracejada, dimensiona o mesmo espaçamento entre os mesmos eixos em 2,40 metros. Além disto, pode-se perceber uma segunda diferença no espaçamento dos outros eixos destes mesmos elementos. Analisando o espaçamento entre os eixos 1 e 1', o projeto arquitetônico se diferencia dos demais, uma vez que dimensiona a distância entre estes eixos em 1,30 metro e os outros projetos a dimensiona em 1,35 metro. Além disto, os projetos apresentam confusões ao apresentar o desenho, como por exemplo: o eixo D não corresponde ao eixo dos pilares da estrutura metálica e não é possível identificar qual a distância entre o eixo D e o eixo do pilar no projeto arquitetônico. Os demais projetos (estruturas e fundação) definiram esta distância em 15 centímetros. Além disto, o excesso de cotas e a distância destas com relação aos elementos cotados dificulta a leitura do projeto arquitetônico exigindo que os demais profissionais fiquem atentos.

Problemas deste tipo são facilmente rastreados e solucionados com uma verificação completa dos projetos aliada a uma compatibilização eficiente dos projetos das diversas disciplinas, sendo preferencialmente realizada por uma equipe de coordenação de projetos. O tempo escasso para o desenvolvimento dos projetos também pode ter favorecido a não verificação destas informações na etapa de projetos. É necessário que haja tempo suficiente para desenvolver e verificar os projetos.

Outra incompatibilidade relacionada ao posicionamento da edificação no canteiro de obra pode acontecer devido a contenções e arrimos. Estes, devem ser rigorosamente executados de acordo com os projetos pois, caso isto não ocorra, pode interferir na montagem da estrutura. Como dificilmente estes saem de acordo com o projetado, deve-se haver meios desenvolvidos ainda na etapa de projetos para que não haja imprevistos durante a execução da obra. Para isso, os projetistas de arquitetura e estrutura, ao projetar a implantação do empreendimento no terreno e desenvolver o lançamento estrutural, têm que buscar alternativas para minimizar este tipo de interferência. Evitar o contato direto entre algumas partes da estrutura e o terreno, ou estudar formas para que

este contato ocorra indiretamente, pode evitar que problemas na execução dos arrimos interferiram no desenvolvimento da montagem da estrutura.

Uma viga teve que ser seccionada no canteiro de obra do empreendimento do estudo de caso devido à interferência com o arrimo existente (FIG.5.45). Esta viga deveria ser engastada no arrimo e devido ao fato deste não estar no prumo correto, o espaço onde a viga deveria ser posicionada estava 3 centímetros menor que o projetado. Este fato prejudicou o andamento da obra pois só após o seccionamento da estrutura foi possível terminar a montagem.



Figura 5.45. Viga seccionada no canteiro de obra (Fonte: arquivo pessoal. Fotos obtidas em (a) 25/09/06, (b) 26/09/06 e (c) 06/10/06).

6

CONCLUSÕES A RESPEITO DAS ANÁLISES E DO ESTUDO DE CASO

Durante o desenvolvimento das entrevistas com os agentes do processo de projeto estrutural de empreendimentos que envolvem a construção metálica, foi possível perceber que existem falhas em todo este processo. Ocorrem, na grande maioria das vezes, devido a uma conjunção de fatores, não sendo possível atribuir como causas dos problemas alguns poucos aspectos separadamente. Algumas destas falhas apresentaram-se também no empreendimento do estudo de caso e são relatadas na bibliografia analisada, evidenciando que se tratam de problemas presentes em empreendimentos que utilizam estrutura metálica. Acredita-se que só assim a utilização da estrutura metálica será ainda mais difundida na construção civil.

Pode-se verificar que alguns dos problemas constatados, apesar de também terem sido relatados na literatura recente, foram observados durante as entrevistas e o estudo de caso, corroborando com o que foi anteriormente exposto por outros pesquisadores. Dentre todas as falhas descritas, algumas merecem destaque:

[I] Prazos insuficientes para a execução dos projetos. Este aspecto gera: (a) sobrecarga nos escritórios de projeto e conseqüentemente subcontratações e maior fragmentação do processo produtivo; (b) ausência de verificação dos projetos propiciando que projetos com falhas sejam liberados à execução na obra e (c) adoção da primeira solução apresentada para os projetos, impedindo o desenvolvimento de outras alternativas.

[II] Baixo valor de remuneração dos projetos. Impede que as empresas de projeto mantenham equipes internas de profissionais, gerando sobrecarga dos profissionais existentes, necessidade de subcontratações e fragmentação do processo produtivo. Conseqüentemente, implica no não comprometimento dos profissionais de projeto com a qualidade final do empreendimento.

[III] Contratação tardia dos profissionais de projeto estrutural. Implica na: (a) escolha tardia do sistema estrutural metálico; (b) exclusão dos requisitos de projeto estrutural na elaboração do programa de necessidades do empreendimento e (c) ausência do profissional de projeto estrutural na escolha do sistema estrutural e nas etapas de concepção do empreendimento.

[IV] Escolha tardia do sistema estrutural metálico. Impede que a edificação seja pensada em estrutura metálica desde o começo do empreendimento. Desta forma, não é possível conceber o empreendimento utilizando todas as potencialidades inerentes ao sistema construtivo metálico.

[V] Falhas na definição dos requisitos de projeto. Aqui se incluem: (a) mudança de requisitos de projeto com a obra em andamento; (b) especificações tardias de equipamentos e (c) não utilização de informações sobre as necessidades de outros projetos de engenharia. Podem gerar incompatibilidades entre as diversas disciplinas de projeto, retrabalhos e improvisações na obra. Sendo assim, profissionais têm que resolver questões mal esclarecidas em projeto, compatibilizar tardiamente os projetos ou realizar improvisações de obra. Possibilidade de: (a) perda de elementos estruturais já

fabricados; (b) inviabilização da utilização dos equipamentos previstos, necessitando mudanças na estrutura ou no equipamento (às vezes já adquirido); (c) colocação de reforços estruturais; (d) não atendimento às expectativas do cliente e (e) diminuição da qualidade da edificação.

[VI] Carência de profissionais especializados em projetos estruturais de construções metálicas de edifícios de andares múltiplos. Desta forma, profissionais de projeto especializados em concreto armado, com pouco conhecimento sobre a estrutura metálica, ou mesmo especialistas em projetos estruturais metálicos de empreendimentos industriais, desenvolvem projetos para edifícios de andares múltiplos, adotando conceitos projetuais inapropriados, superdimensionando a estrutura. Além disto, juntamente com o pouco tempo destinado ao desenvolvimento dos projetos, acabam ocasionando redução na qualidade das soluções projetuais e da representação gráfica dos desenhos.

[VII] Falhas relativas à interface entre o projeto e o processo de produção da edificação que utiliza estrutura metálica. Desta forma: (a) a solução fornecida pelo projeto estrutural não é otimizada com a rotina da fábrica, encarecendo a estrutura, (b) geram dificuldades na montagem da estrutura e execução das ligações e (c) apresentam problemas nas interfaces com projetos das demais disciplinas de projeto.

[VIII] Baixa qualidade na representação gráfica dos desenhos. Constituem em informações insuficientes, incoerentes e incorretas. Apresentam, dentre outros aspectos: (a) erros de cálculo estrutural, (b) especificações sem sentido, (c) diferentes unidades métricas (em milímetro para projetos estruturais e centímetros para projetos arquitetônicos) e (d) erros em escalas e cotas. Podem dificultar a leitura dos projetos pelos vários profissionais envolvidos, favorecendo o aparecimento de problemas de compatibilização entre os projetos das diversas especialidades técnicas.

[IX] Falta de desenhos detalhados em três dimensões. Dificulta: (a) soluções no detalhamento das ligações; (b) compatibilização das diversas disciplinas de projeto de um empreendimento metálico.

[X] Dificuldades na especificação de sistemas construtivos industrializados e complementares à estrutura metálica e dificuldades em especificar materiais de acabamento que sejam compatíveis com a estrutura metálica. Dentre outros aspectos: (a) provocam a não utilização da estrutura metálica em larga escala em empreendimentos de andares múltiplos; (b) acarretam em baixa qualidade da edificação final pela não utilização correta dos materiais e (c) geram aumento do custo final do empreendimento, uma vez que possibilita a não utilização correta de materiais compatíveis com a estrutura metálica.

[XI] Falta de retroalimentação. Devido ao fato das várias especialidades técnicas não acompanharem a execução da obra e visualizarem *in loco* os problemas na execução dos seus projetos, não conseguem implementar melhorias nos seus projetos ocasionando repetição dos mesmos erros em projetos futuros. Não é executado o projeto “*as built*”, não são feitas avaliações da satisfação dos clientes e avaliações de pós-ocupação (APO), não retroalimentando as informações sobre a realização dos projetos em obra. Além disto, devido à pouca interatividade entre os agentes de projeto e problemas na comunicação entre eles, os clientes internos dentro do processo de projeto não informam aos responsáveis pelos projetos de entradas as deficiências apresentadas nestes projetos.

[XII] Deficiência na comunicação entre os projetistas. Este problema é agravado devido: (a) à falta de registros das comunicações entre agentes de projeto; (b) à rara existência de um coordenador de projetos e (c) certa confusão entre a figura do coordenador de contratos e coordenador de projetos. Sendo assim, não há a garantia que todos os profissionais serão continuamente informados sobre alterações nos projetos das diversas disciplinas.

7

SUGESTÃO DE DIRETRIZES PARA APRIMORAMENTO DO PROCESSO DE PROJETO DE CONSTRUÇÕES METÁLICAS

Observa-se claramente que as dificuldades encontradas têm suas raízes em problemas gerenciais. Sendo assim, faz-se necessário uma mudança na cultura dos agentes de projeto e dos contratantes destas empresas. As empresas envolvidas com empreendimentos que utilizam estrutura metálica devem adotar posturas mais eficientes a respeito da organização interna das empresas e a respeito da relação entre os diversos agentes dos empreendimentos. Uma visão do processo de produção de empreendimentos que utilizam estrutura metálica também deve estar intrínseca ao desenvolvimento do processo de projeto destes empreendimentos. Além disto, as empresas devem introduzir nas rotinas dos escritórios de projeto os conceitos de gestão da qualidade, voltando o desenvolvimento dos projetos às necessidades dos clientes.

Com base na análise efetuada no presente trabalho, tendo em conta os problemas mencionados na seção anterior e a luz do referencial teórico previamente delineado nos trabalhos, em especial as premissas do Projeto Simultâneo de FABRICIO (2002), nos

estudos de Melhado & Cambiaghi (2006) e nos manuais AsBEA (2007) e ABECE (2007), e acrescentando algumas observações das particularidades da construção metálica, podem ser estabelecidas algumas diretrizes a seguir³⁴.

[I.G] Maior valorização dos projetos. Através desta, as empresas de projeto poderiam manter equipes internas de projeto, garantindo um maior comprometimento dos profissionais envolvidos, agilidade e qualidade no desenvolvimento dos projetos. Mesmo que o desenvolvimento simultâneo dos projetos possibilite que o tempo destinado a retrabalhos seja diminuído, reduzindo o tempo de desenvolvimento global dos projetos, é importante que na etapa de planejamento do empreendimento seja destinado um tempo maior para o desenvolvimento dos projetos. Desta forma, os projetos podem ser desenvolvidos estudando várias possibilidades de solução, além de haver espaço para uma verificação criteriosa dos mesmos antes do envio à execução em obra.

[II.G] Melhorias relacionadas à integração entre os agentes de projeto: É importante: (a) uma maior integração entre os agentes de projeto e entre projeto e produção; (b) o desenvolvimento de parcerias constantes entre contratantes e empresas de projeto e (c) a diminuição da terceirização das equipes envolvidas. Desta forma podem favorecer um maior comprometimento dos agentes de projeto com o conjunto do empreendimento. Além disto, equipes nas quais existe um relacionamento mais estável entre os profissionais envolvidos podem facilitar o trabalho de coordenação.

Projetos coordenados desde o início dificilmente necessitam de compatibilizações corretivas ao longo do processo de projeto ou improvisações na obra. Sendo assim, projetos que são concebidos corretamente desde as etapas de planejamento do empreendimento, diminuem o retrabalho e aumentam a qualidade do empreendimento. Devido ao fato de não serem necessárias revisões nos projetos, decorrentes de mudanças

³⁴ Algumas destas diretrizes, são relacionadas ao processo de projeto de uma forma global, porém são evidenciadas, uma vez que interferem no processo de projeto estrutural de estruturas metálicas. Estas serão identificadas pela letra “G” precedida por um algarismo romano. Outras, de caráter um pouco mais inédito, se referem especificamente ao processo de projeto estrutural e estarão identificadas pela letra “E” precedidas por um algarismo romano.

nos requisitos de projeto ou necessidades de compatibilizações, se tornam projetos mais ágeis, diminuindo o tempo de desenvolvimento dos projetos.

[III.G] Participação precoce dos agentes de projeto no desenvolvimento do empreendimento, expondo as necessidades específicas dos seus projetos e recebendo informações das necessidades dos projetos das outras especialidades técnicas. Desta forma, todos os projetos serão concebidos tendo conhecimento prévio sobre possíveis interferências entre seus projetos e os das demais especialidades técnicas. Tendo em vista que os custos das alterações, revisões e improvisações de obra são maiores do que um maior investimento nas etapas de projeto, sugere-se que a contratação das equipes de projetos de todas as especialidades aconteça na etapa de planejamento, ainda no início do processo de desenvolvimento do empreendimento, antes mesmo da confecção do programa de necessidades e da escolha pelo sistema estrutural metálico.

[IV.G] Fluxo integrado de desenvolvimento dos projetos

[IV.G.a] Informação das diversas disciplinas técnicas e participação dos diversos agentes desde o planejamento do empreendimento

Em um primeiro momento, uma equipe composta com todos os agentes de projeto envolvidos deve, a partir das necessidades dos clientes, assessorá-los, expondo o ponto de vista de cada especialidade, buscando quais premissas de projeto, quais sistemas estruturais e quais tecnologias construtivas seriam mais adequados ao atendimento destas necessidades. O coordenador de projetos nesta etapa é responsável pela interface entre cliente e equipe de projeto. Também organiza as informações técnicas dos diversos agentes e, com informações sobre a viabilidade legal e econômica do empreendimento, juntamente ao cliente, define as características do empreendimento. Desta forma, faz-se também a opção pelo sistema estrutural (metálico ou não).

Em uma etapa posterior, após a escolha pelo sistema construtivo metálico, deve ser elaborado um documento que envolva, além do Programa de Necessidades do Empreendimento, as definições preliminares com os requisitos específicos de todos os

projetos. Para isto, além dos requisitos advindos das necessidades dos clientes, dos requisitos legais, das definições de custos e prazos, deve-se identificar os requisitos de todas as especialidades técnicas. Deve-se dar muita atenção aos requisitos necessários ao projeto estrutural metálico e às necessidades específicas dos equipamentos a serem abrigados pelo empreendimento, uma vez que a não definição destes, ainda no início do empreendimento, pode gerar retrabalhos, perdas de material e interferir no tempo de desenvolvimento dos projetos e da obra. Desta forma, também será possível aproveitar todas as potencialidades da estrutura metálica no início da concepção do empreendimento. Informações advindas dos profissionais especializados sobre a produção do empreendimento, como características do terreno e do canteiro de obra, também devem ser analisadas visando também à logística de transporte e montagem dos elementos estruturais metálicos. A definição destes parâmetros antes da concepção do empreendimento pode influenciar na solução arquitetônica e estrutural, visando facilitar e agilizar a execução da obra. Todos os requisitos dos projetos devem ser bastante investigados para tentar impedir que ocorram mudanças nos mesmos decorrentes de investigações ineficientes. Após a definição de todos os requisitos necessários ao desenvolvimento dos projetos do empreendimento, a equipe de coordenação deve organizar estas informações e garantir que o cliente analise e valide este documento. Só então as etapas de projeto começarão a ser desenvolvidas, baseando-se neste documento.

[IV.G.b] Desenvolvimento integrado dos projetos das diversas especialidades técnicas

O Estudo Preliminar de Arquitetura (EPA) deve ser desenvolvido juntamente ao Estudo Preliminar de Estruturas (EPE), visando total aproveitamento das potencialidades da estrutura metálica. No EPE, deve-se ter um pré-dimensionamento da estrutura e diagramas que tornem possível uma realização previa do orçamento da estrutura. A comunicação constante entre estes dois agentes de projeto é fundamental. Ambos devem ser assessorados pelos demais agentes do processo de projeto para garantir que possíveis interferências entre projetos sejam solucionadas ainda no início da concepção dos projetos. A coordenação de projetos deve acompanhar o desenvolvimento de todos

os projetos e garantir que, após a finalização de cada etapa, o cliente tenha conhecimento do que está sendo desenvolvido, e aprove todas as etapas, antes do desenvolvimento das etapas subsequentes.

Na etapa de Anteprojeto deve ser gerado pelo projeto arquitetônico o Projeto Legal (PL), para aprovação nos órgãos competentes. O Anteprojeto de Estruturas (APE) é equivalente à fase de Identificação e Solução de Interfaces (ISI) descrito pela ABECE (2007). Deve gerar um projeto onde todas as interfaces com as outras especialidades técnicas estarão resolvidas. Nesta, é finalizado o lançamento e cálculo estrutural e o dimensionamento estrutural. São gerados quantitativos de material e memoriais de cálculo. Nesta fase as demais especialidades devem desenvolver seus projetos. O projeto de fundação deve ser desenvolvido a partir do projeto estrutural. Os projetos dos equipamentos (elevadores, escadas rolantes, etc) e os projetos das demais disciplinas técnicas devem ser executados e compatibilizados com o projeto arquitetônico e estrutural. Devem seguir as premissas iniciais previstas no documento inicial que engloba os requisitos de projeto e o Programa de Necessidades do empreendimento. Como estas especialidades estão acompanhando o desenvolvimento das demais especialidades técnicas desde o princípio do empreendimento, a solução destes já estará previamente resolvida, mesmo antes do início efetivo do desenvolvimento dos projetos destas especialidades. Após a finalização da etapa anteprojeto de todas as especialidades, o coordenador de projetos deve analisar o projeto junto ao cliente e garantir a validação deste. Só então o Projeto Legal deverá ser aprovado nos órgãos competentes.

A etapa de Projeto Executivo deve ser dedicada ao detalhamento das especialidades técnicas, à verificação dos projetos, correção de alguma interface, caso não tenha sido resolvida pelas etapas anteriores. É uma etapa bastante importante. Nesta, o Projeto Executivo de Arquitetura (PEA) deve detalhar as esquadrias, os acabamentos, as interfaces entre vedação e estrutura e outros detalhes técnicos voltados à execução do projeto, que não devem ser resolvidos em obra. Para isto o profissional de arquitetura deve ter muito conhecimento dos procedimentos de execução dos projetos. Os projetos

de engenharia e de equipamentos detalharão seus projetos e a interfaces destes com as demais especialidades técnicas.

[V.G] Uso potencializado de ferramentas computacionais, em todos os setores.

Através delas pode-se gerenciar os documentos de forma mais eficiente, possibilitando que todos os profissionais trabalhem com as últimas versões dos projetos e do programa de necessidades. Também é mais fácil armazenar e rastrear informações de projetos já desenvolvidos. Programas de computador específicos podem ajudar a equipe de coordenação no gerenciamento dos projetos. É possível estabelecer um diário de desenvolvimento dos projetos, facilitando o acompanhamento de todas as especialidades por todos os envolvidos no processo de projeto e também identificar os responsáveis por uma determinada etapa ou projeto. Facilita a comunicação entre agentes de projeto, coordenadores e clientes, devendo ser privilegiado o uso de *intranets* e *extranets*. Além disto, pode facilitar o registro destas comunicações, ou seja, são ferramentas muito úteis na melhoria gerencial do processo de projeto. Quanto ao desenvolvimento dos projetos, estas ferramentas computacionais também se mostram importantes, uma vez que agilizam o desenvolvimento dos desenhos e das possíveis revisões, auxiliam no cálculo da estrutura e facilitam a padronização dos elementos gráficos de apresentação dos desenhos. Deve-se apenas ter cuidado durante a concepção estrutural e arquitetônica para não desenvolver projetos sem critério e análises críticas.

[VI.G] Acompanhamento dos profissionais de projeto durante a execução dos projetos e no Pós-obra. Visa garantir que os projetos sejam executados conforme planejados. Além disto, o acompanhamento de obra serve como retroalimentação para que equívocos não voltem a ocorrer no desenvolvimento dos próximos projetos. Deve ser realizado projeto “*as built*”. Devem ser realizadas Avaliações de Pós-ocupação (APO), visando aprimoramento contínuo do processo de projeto.

[VII.G] Participação efetiva de Coordenadores de Projetos. Durante todo o processo de desenvolvimento do projeto, a equipe de coordenação deve acompanhar e gerenciar as equipes de projeto, garantido que todos os integrantes estejam atualizados com o desenvolvimento das outras especialidades técnicas e com alterações nos requisitos de

projeto, caso haja. Além disto deve garantir o acompanhamento do cliente com relação ao desenvolvimento dos projetos e a avaliação e validação dos mesmos. Deve haver reuniões constantes, registradas em ata, visando discutir simultaneamente todos os aspectos dos projetos. A retroalimentação das informações de projeto deve ocorrer ao longo de todo o processo, para que os profissionais tomem conhecimento das implicações dos seus projetos nas demais especialidades técnicas e na execução dos mesmos na obra.

[VIII.E] Elaboração dos projetos executivos e projetos voltados à produção de empreendimentos metálicos. Na fase de Detalhamento das Especialidades (DET), também deve se preocupar em detalhar criteriosamente as ligações e outros detalhes estruturais. Também devem ser desenvolvidos o Projeto de Fabricação da Estrutura (PFE) e o Projeto de Montagem da Estrutura (PME). Projetos voltados à produção do empreendimento devem ser desenvolvidos detalhadamente nesta etapa. Aqui se sugere, segundo informações das empresas entrevistadas, a adoção de um projeto, aqui chamado de PROJETO PARA PRODUÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS, único e compatibilizado que englobe todas as macro-decisões de todas as disciplinas de projeto. Este deve seguir para o canteiro de obra junto com os projetos de detalhamento das especialidades técnicas. Neste projeto, caso seja necessário a adoção de alguma solução em obra, será possível identificar imediatamente qual a interferência desta solução com as outras especialidades.

[IX.E] Escolha de profissionais especializados em estruturas metálicas. Na etapa de contratação, para a escolha dos profissionais que desenvolverão os projetos do empreendimento que utiliza estrutura metálica deve-se, primeiramente, observar qual a característica do empreendimento. Caso o projeto de estruturas metálicas seja desenvolvido por um profissional menos familiarizado com este sistema estrutural, poderia ser oportuno sugerir a contratação de um consultor especializado. Também é importante distinguir profissionais de projeto estrutural metálico voltados a edificações de andares múltiplos e voltados a projetos industriais devido aos fatores previamente expostos no item 5.2. Apesar de todos os profissionais de projeto estrutural metálico serem capazes de desenvolver qualquer projeto, pode haver melhor aproveitamento da

estrutura caso haja uma distinção da especialidade dos profissionais. Os profissionais de projetos voltados a empreendimentos que utilizam estrutura metálica devem possuir experiência em construções metálicas, pois a solução para os problemas encontrados só é possível a partir do conhecimento destes problemas e de suas implicações no desenvolvimento e no custo da obra.

[X.E] Desenvolvimento do projeto estrutural pelo fabricante da estrutura metálica.

Preferencialmente, sempre que possível, o projeto de estrutura metálica deve ser desenvolvido pelo fabricante da estrutura, pois este conhece mais do processo produtivo industrial, o que possibilita a escolha de soluções mais adequadas ao processo produtivo da fábrica, havendo o conseqüente barateamento da estrutura. Quando a empresa fabricante da estrutura metálica não for a responsável pelo desenvolvimento do projeto estrutural metálico, o projetista estrutural deve procurar sempre consultar a fábrica e estar inteirado com o procedimento de fabricação da estrutura. Desta forma, será evitado que a solução projetual encareça a estrutura devido ao processo de fabricação da mesma não ser adequado à rotina da fábrica. Todos os profissionais envolvidos com o projeto devem estar orientados à produção da edificação que utiliza estrutura metálica. Devem visualizar a execução do projeto no canteiro de obra, procurando antever na etapa de projetos, possíveis dificuldades ou incompatibilidades.

[XI.E] Investimento na formação de profissionais especializados em estrutura metálica.

Faz-se necessário um intensivo papel das instituições na formação destes profissionais. Empresas produtoras de aço também podem incentivar a formação de profissionais especializados em estrutura metálica. Além disto, podem subsidiar o desenvolvimento de novos empreendimentos metálicos, financiando a construção e barateando o custo do aço. Sendo assim, as condições para a construção com estrutura metálica estarão facilitadas, possibilitando o desenvolvimento de mais empreendimentos e conseqüentemente a formação de mais profissionais especializados em construções metálicas.

[XII.E] Conteúdo e forma de apresentação dos projetos. Dentre outros aspectos, devem ser melhorados os aspectos relativos às informações técnicas dos desenhos,

principalmente na coerência entre plantas e cortes e elevações. As especificações dos materiais não devem ser copiadas de projetos anteriormente desenvolvidos sem que haja uma análise criteriosa dos mesmos visando impedir que sejam infundadas. As memórias de cálculo devem ser analisadas, devendo ser coerentes com o projeto estrutural. Devem ser claras, evitando a utilização direta dos dados gerados automaticamente por programas de computador. As etapas de detalhamento do empreendimento também se apresentaram bastante deficientes, devendo ser melhoradas como um todo. Ao serem desenvolvidas, devem estar orientadas à produção. No caso do detalhamento da estrutura metálica, além de um projeto detalhado visando a fabricação da estrutura, é importante que sejam realizados detalhamentos criteriosos das ligações estruturais. Este tipo de detalhamento está sendo desenvolvido hoje visando à fabricação da mesma, mas não como esta será executada no canteiro. Desta forma, o detalhamento é suficiente para quantificar e dimensionar as peças, mas pode inviabilizar a montagem da ligação. Numa situação ideal, poderia ser introduzido o desenho em 3D de todas as ligações, similarmente aos projetos de montagem de equipamentos mecânicos. Desta forma, problemas relativos à execução das ligações na montagem no canteiro de obra podem ser previstos e corrigidos em projeto.

[XIII.E] Maior facilidade de obtenção de informações técnicas e maiores investimentos em pesquisas de desenvolvimento de materiais de acabamento e sistemas construtivos industrializados complementares à estrutura metálica. É necessário que sejam disponibilizadas mais informações sobre os materiais e sistemas construtivos industrializados complementares à estrutura metálica disponíveis. Além disto, devido ao fato de existirem poucas opções e fabricantes no mercado é importante que haja investimentos neste setor, principalmente na área de pesquisa e desenvolvimento. O subsídio das empresas produtoras de aço também pode possibilitar o investimento em escolas que busquem desenvolvimento e pesquisa de materiais de acabamento e de sistemas construtivos industrializados complementares à estrutura metálica. Com mais subsídios neste setor pode haver a possibilidade do surgimento de novos empreendimentos que utilizem estrutura metálica. Sendo assim, podem surgir novos fabricantes destes materiais. Estes se sentirão atraídos a desenvolver novos produtos e solucionar os problemas dos produtos existentes.

8

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, foi possível perceber que o processo de projeto estrutural de construções metálicas é ineficiente em vários aspectos ao longo de todas as suas etapas. Grande parte dos problemas tem causas gerenciais e culturais. Devem-se, em parte, ao histórico do desenvolvimento dos empreendimentos da construção civil. Também são provenientes da não-valorização dos projetos. Desta forma, as empresas de projeto acabam sendo submissas às condições de prazo e preço impostas pelos contratantes, pois acreditam que apenas desta forma estarão incluídas no mercado.

Porém, o caminho para a mudança da postura do mercado frente à valorização do processo de projeto também depende das próprias empresas de projeto. Uma mudança gerencial interna, a implantação de novas metodologias de desenvolvimento dos projetos voltados à qualidade das soluções projetuais, o estabelecimento de parcerias entre projetistas, a inclusão de uma visão voltada à produção, dentre outros mecanismos, possibilitam que os projetos sejam desenvolvidos mais racionalmente,

gerando grandes melhorias na qualidade dos empreendimentos. Além disto, pode possibilitar o aumento da produtividade na construção civil e a diminuição do tempo de desenvolvimento dos projetos, principalmente devido ao fato da redução de retrabalhos. O estabelecimento do desenvolvimento simultâneo dos projetos, desde o início do desenvolvimento dos empreendimentos, pode ser um caminho viável ao aumento da interatividade entre as empresas de projeto e a produção. Com todas estas melhorias, confirmando informações apresentadas na revisão bibliográfica, um maior investimento nas etapas iniciais dos projetos pode reduzir os custos globais dos empreendimentos.

A industrialização da construção apresentada pela utilização da estrutura metálica, pode racionalizar o desenvolvimento dos empreendimentos e conferir à construção civil, produtos arrojados com alto índice de qualidade, confiabilidade e economia. Para utilização de todas as suas potencialidades, é importante que esta seja encarada como tal, impedindo que a mentalidade manufatureira seja a tônica do processo de projeto estrutural de empreendimentos que utilizam estrutura metálica.

O alto custo do aço, juntamente com falhas no desenvolvimento dos projetos estruturais metálicos se apresentam como entraves à expansão deste sistema construtivo. Para que seja possível usufruir com intensidade deste sistema estrutural ficou evidente, durante o desenvolvimento deste estudo, que são necessárias ações corretivas a fatores gerenciais do processo de projeto. Deve-se priorizar a constante interação entre a equipe de projetos, utilizando sempre que possível o desenvolvimento simultâneo dos projetos. Além disto, dentre outros fatores, também se torna imprescindível: (a) a contratação precoce dos projetistas; (b) a seleção da estrutura metálica ainda nas etapas iniciais do empreendimento; (c) a definição correta e completa dos requisitos de projeto; (d) a inclusão dos requisitos do projeto estrutural no programa de necessidades global do empreendimento; (e) a visão da produção no desenvolvimento dos projetos; (f) o detalhamento eficiente da estrutura e adoção de desenhos em três dimensões da montagem das ligações; (g) retroalimentação das informações dos projetos pelos clientes internos dos projetos; (h) acompanhamento da obra pelos projetistas (i) desenvolvimento de avaliações da satisfação dos clientes e avaliações de pós-ocupação (APO); (j) desenvolvimento de projetos “*as built*”; (l) valorização da coordenação de

projetos e (m) melhoria na comunicação entre equipes de projeto e entre estas e o cliente.

Ainda para uma maior utilização deste sistema construtivo se faz necessário maiores investimentos na formação de profissionais especializados e no desenvolvimento de materiais de acabamento e sistemas construtivos industrializados complementares à construção metálica.

Através destas atitudes pode-se possibilitar uma maior valorização dos projetos, um aumento significativo da qualidade das edificações que utilizam estrutura metálica e, no futuro, alavancar o crescimento da utilização do aço na construção civil.

9

SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

[I] Desenvolvimento de pesquisas sobre os materiais de acabamento e sistemas construtivos industrializados destinados à construção civil, bem como o desenvolvimento de novos produtos e tecnologias. Pesquisas que solucionem a interface entre os materiais de acabamento e a estrutura metálica também devem ser desenvolvidas.

[II] Aplicação de modelos de gestão que priorizem o desenvolvimento simultâneo dos projetos em empreendimentos que utilizem estrutura metálica.

[III] Análise de modelos de gestão que envolvam melhorias gerenciais dos processos de projeto de construções metálicas em empresas de projeto relacionadas a outras disciplinas técnicas (projetos de engenharia, projeto arquitetônico, etc).

[IV] Estudos mais aprofundados do processo de projeto de outras especialidades técnicas e de outros sistemas construtivos.

10

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERY, P. R. P. Análise do impacto da implantação da ISO 9001 em empresas de projeto: um estudo de caso. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO - SIBRAGEC. **Anais...** São Carlos, SP: UFSCar, 2003. 10 p.

ANDERY, P. R. P. et al. Sistemas de garantia da qualidade em empresas construtoras: uma análise da implantação em empresas brasileiras. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE CONTROLE DE QUALIDADE NA CONST CIVIL. **Anais...** Cuba, 2002. 11 p.

ANDERY, P. R. P.; ARANTES, E. M. **Gestão de projetos na construção civil**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. (Notas de aula).

Anuário Estatístico do Brasil – 2003 – Rio de Janeiro: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2005. Disponível em:
<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasregionais/2003/tabela09.pdf>> Acesso em 19/12/2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL (ABECE). **Manual de escopo de projetos e serviços de estrutura**. São Paulo, 2007. Disponível em: <www.manuaisdeescopo.com.br>. Acesso em: 22/01/2007

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8800/86: Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios**: método dos estados limites. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-13531: Elaboração de projetos de edificações** – atividades técnicas. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-14323: Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio**. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA (AsBEA). **Manual de contratação dos serviços de arquitetura e urbanismo**. São Paulo, 2007. Disponível em: <www.manuaisdeescopo.com.br>. Acesso em: 22/01/2007

BAÍA, J. L. FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B. Estudo do fluxo de projetos: cooperação seqüencial x colaboração simultânea. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1., Recife, 1999. **Anais...** Recife, 1999.

BAIÃO, O. T. A importância dos projetos na viabilidade de estruturas metálicas. In: I SEMINÁRIO INTERNACIONAL “O USO DE ESTRUTURAS METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL”. **Anais...** [CD-ROM]. Belo Horizonte: Sociedade Mineira de Engenheiros/ AMICEM, 1998.

BARROS, M. M. S. B.; MELHADO, S.B. **Racionalização do projeto de edifícios construídos pelo processo tradicional**. São Paulo, 1993. – apud Melhado (1994).

BAUERMANN, M. **Investigação sobre o processo de projeto em edifícios de andares múltiplos de aço**. 2002. 269 p. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2002.

BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, Inciso XXI, da Constituição Federal, Institui Normas para Licitações e Contratos da Administração Pública e dá outras Providências. Brasília, 1993.49p. Disponível em: <<http://legislacao.planalto.gov.br>> Acesso em 04/01/07.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. **Sistema de avaliação da conformidade de empresas de serviços e obras da construção civil – SiAC**. Brasília, 2005.131p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. **Programa Brasileiro De Qualidade e Produtividade No Habitat – Pbqp-H**. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/pbqp-h>>. Acesso em 17/09/05.

CASTRO, E.M.C. **Patologia dos edifícios em estrutura metálica**. 1999. 202 p. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999.

CALMON, J. L., MORAES, F. R. de. Diagnóstico da construção metálica de edifícios. Análise preliminar à luz dos princípios da Lean Construction. In: ENTAC, 8. **Anais...** Salvador: ANTAC, 2000a v.1 p. 453-460.

CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. Constructability: a primer. 2.ed. Austin, 1987. (CII publication, n. 3-1) – apud Melhado (1994).

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S.B. Projeto simultâneo e a qualidade na construção de edifícios. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL NUTAL'98 – ARQUITETURA E URBANISMO :tecnologias para o século XXI, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FAU/USP, 1998.

_____. **Projeto simultâneo e a qualidade ao longo do ciclo de vida do empreendimento**. 2000.

_____. Desafios para integração do processo de projeto na construção de edifícios. In: WORKSHOP NACIONAL: gestão do processo de projeto na construção de edifícios, 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC/USP, 2001. Disponível em: <<http://www.eesc.sc.usp.br/sap/workshop>>. Acesso em 14/10/05.

FABRICIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. 350 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

_____. **Qualidade na construção e gestão da qualidade no processo de projeto de edifícios**. Notas de Aula. Universidade de São Paulo, São Carlos. 2004. 26p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de Pesquisa**. São Paulo, Atlas, 1988. 159p.

GONDIM, I.A. et al. Análise da economia nacional e a participação da indústria da construção civil. In: X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** São Paulo, 2004. 15p.

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. – apud Melhado (1994).

JURAN, J. M.; GRYNA, F.M. **Controle da Qualidade**. 4.ed. São Paulo, Makron/McGraw-Hill, 1991. v.1 – apud Melhado (1994).

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Report. 72. Stanford: CIFE, september, 1992. 81p.

KOSKELA, L. Lean construction. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** Florianópolis, 1998. v.1. p. 3-10.

MACIEL, L. L.; MELHADO, S. B. **Qualidade na construção civil: fundamentos**. São Paulo: Escola Politécnica/ USP, 1995. – apud Fabrício (2002)

MELHADO, S.B., CAMBIAGHI, H. **Programa setorial da qualidade e referencial normativo para qualificação de empresas de projeto**. 2006. PCC, Universidade de São Paulo, São Paulo. 38p.

MELHADO, S. B.; VIOLANI, M. A. F. **A qualidade na construção civil e o projeto de edifícios**. São Paulo: Escola Politécnica/ USP, 1992. – apud Fabrício (2002).

MELHADO, S. B. **Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios: aplicação ao Caso das Empresas de Incorporação e Construção**. Tese (Doutorado) – EPUSP, São Paulo, 1994.

_____. **Gestão da qualidade: importância do projeto para a competitividade na construção de edifícios**. In: WORKSHOP NACIONAL TENDÊNCIAS RELATIVAS À GESTÃO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1997, São Paulo, **Anais...** São Paulo, EPUSP, 1997. p.1-3.

_____. **O plano da qualidade dos empreendimentos e a engenharia simultânea na construção de edifícios**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ/ABEPRO, 1999.

_____. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado a qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. 2001. Tese (Livre-docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____. **Proposição alternativa para qualificação de empresas de projeto**. 2003. PCC, Universidade de São Paulo, São Paulo. 25p.

MESEGUER, A.G., **Controle e garantia da qualidade na construção**. São Paulo: SINDUSCON/ SP, 1991.

MORAES, F. R. de. **Uma contribuição ao estudo do processo de projeto de empreendimentos em construção metálica** – uma visão segundo a nova filosofia

de produção. 2000. 244 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2000.

NEVES, I. C. **Segurança Contra Incêndio em Edifícios - Fundamentos**. 1994. Instituto Superior Técnico - Departamento de Engenharia Civil, Lisboa. 557p. (Apostila).

NOVAES, C.C. **Diretrizes para garantia da qualidade do projeto na produção de edifícios habitacionais**. 1996. 389 p. Tese (doutorado em engenharia civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

PICCHI, F. A.; AGOPYAN, V. **Sistemas da qualidade na construção de edifícios**. 1993. PCC, Universidade de São Paulo, São Paulo. 24p.

PICCHI, F. A. **Sistemas de Qualidade: Uso em Empresas de Construção**. 1993. 462p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

PRAVIA, Z. M. C., BETINELLI, E. A. Conceito e estudos de casos de falhas em estruturas metálicas. **Construção Metálica**. São Paulo, n.35, 1998. p. 56-61.

RAAD Jr, A.A. **Diretrizes para fabricação e montagem das estruturas metálicas**. 1999. 218 p. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999.

SANTOS, P. Consultoria preventiva na construção com aço acompanha a gestão da qualidade. **Construção Metálica**. São Paulo, 1998. – apud Castro (1999)

SEBRAE: pesquisas. Disponível em:

<<http://www.sebrae.com.br/br/aprendasebrae/estudosepesquisas.asp>>. Acesso 18/12/06

STARLING, C. M. D. **Estrutura e propriedades mecânicas durante e após incêndio da solda de aços resistentes ao fogo para a construção civil**. 2000. 269 p. Tese (doutorado), Departamento de engenharia metalúrgica, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2000.

TUNOUTI, F., NOVAES, C. C., Aplicabilidade dos instrumentos de garantia da qualidade do projeto nas edificações com sistema estrutural em aço. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 4. **Anais...** Belo Horizonte. 2004. p 1-6.

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

11

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ANDERY, P. R. P. Experiências em torno à implementação de sistemas de garantia da qualidade em empresas de projeto. In: IV WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2004. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-6023: Informação e documentação – referências - elaboração.** Rio de Janeiro, ago.2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-10520: Informação e documentação – citações em documentos - apresentação.** Rio de Janeiro, ago.2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-14724: Informação e documentação trabalhos acadêmicos - apresentação.** Rio de Janeiro, ago.2002.

BAÍA, J.L., MELHADO, S. B. A postura atual das empresas de projeto em relação à gestão da qualidade. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 1998. v.2, p.325-332.

BARROS, M. **Metodologia para Implantação de Tecnologia Construtiva Racionalizada na Produção de Edifícios**. Tese (Doutorado) – EPUSP, São Paulo, 1996

CALMON, J. L., MORAES, F. R. de. Percepções concernentes ao processo de projeto de empreendimentos em construção metálica. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 5. **Anais...** São Paulo, 2000b. 11p.

_____. Uma contribuição ao processo de projeto de empreendimentos em construção metálica. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL: “O USO DE ESTRUTURAS METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL”, 3. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Mineira de Engenheiros/ AMICEM, 2000c. 10 p.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S.B. A importância do estabelecimento de parcerias construtora-projetistas para a qualidade na construção de edifícios. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1998. 7p.

_____. Projetos da produção e projetos para produção na construção de edifícios: discussão e síntese de conceitos. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1998. 7p.

FILHO, E. R. **Sistemas integrados de Manufatura**. 2004. Escolha de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte. 98p.

JUNIOR, M. P.C; SILVA, M. G da. A influência do processo produtivo no controle de patologias e nos processos de manutenção. **Engenharia, Ciência e Tecnologia**, vol.6, n.34, jul./ago. 2003. Disponível em <<http://www.metallica.com.br>>. Acesso em 13 jun. 2005.

LIMA Jr, J. R. **Qualidade na construção civil**. 1993. PCC, Universidade de São Paulo, São Paulo. 24p.

MELHADO, S. B. AGOPYAN, V. **O conceito de projeto na construção de edifícios**: diretrizes para sua elaboração e controle. 1995. PCC, Universidade de São Paulo, São Paulo. 22p.

NOVAES, C.C. FRANCO, L. S. **Diretrizes para garantia da qualidade do projeto na produção de edifícios habitacionais**. 1997. PCC, Universidade de São Paulo, São Paulo. 19p.

ROBERT, K. Y. **Case study research: design and methods**. Tradução e síntese de Ricardo Lopes Pinto. Adaptação de Gilberto de Andrade Martins. Disponível em <www.eac.fea.usp.br/metodologia/estudo_caso.htm> Acesso em 28/02/2007.

SOUZA, U. C., SOUZA, H. A. de; NEVES, F. A. de. Caracterização da construção metálica nacional e avaliação acústica de painéis de fechamento pré-fabricados. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** Foz do Iguaçu: ANTAC, 2002. p. 193-202.

TILLEY, P.A. Lean Design Management – A new paradigm form managing the design and documentation process to improve qualit? In: IGLC-13. **Proceedings...** Sydney, Australia. 2005,. 13p

VIEIRA, S. **Como escrever uma tese.** 3.ed. São Paulo, Pioneira, 1996. 82p.

ANEXO A

Modelo de questionário utilizado no desenvolvimento das entrevistas com as empresas de projeto estrutural de construções metálicas. Os demais questionários aplicados com os outros agentes de projeto foram baseados neste, não sendo destacados individualmente.

QUESTIONÁRIO PARA EMPRESAS DE PROJETO ESTRUTURAL**Profissional:**

Endereço:

E-mail:

Telefone:

Data da entrevista:

A - CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA			
1	Nome/ Razão Social		
2	Ano de fundação/ tempo de mercado		
3	Principal especialidade/ mercado.		
4	No caso de projetos com estrutura metálica, você acredita que está mais próximo de projetos de edifícios de andares múltiplos, plataformas ou edifícios industriais?		
5	Porte da empresa (no. funcionários/ colaboradores)		
B - SISTEMA DE GESTÃO			
1	Possui / já possuiu algum sistema de gestão da qualidade? Caso afirmativo, qual?	SIM	NÃO
2	Por qual motivo optou pela certificação (ou não) da sua empresa?		
3	Clientes/ contratantes são certificados?	SIM	NÃO
4	Eles exigem a certificação da sua empresa para contratação?	SIM	NÃO
5	Para você, o que configura a qualidade de um projeto estrutural metálico (ou projeto de arquitetura voltado para a estrutura metálica)?		
6	Como a empresa controla os documentos administrativos e de projeto (entradas, saídas e armazenamento)? Você guarda arquivos eletrônicos e projetos impressos? Como funcionam os <i>backups</i> ? Como são recebidos, armazenados e devolvidos os documentos provenientes dos clientes? Existem protocolos (de recebimento e envio de arquivos ou documentos)? Como você busca arquivos/ documentos antigos?		
C - ANÁLISE DO PLANEJAMENTO - CONTRATAÇÃO			
1	Quem contrata a sua empresa (qual o papel dele dentro do empreendimento)?		
2	Qual é a relação entre a empresa contratante/ contratada? Existe periodicidade na contratação?		
3	Quando é contratada (em qual etapa de projeto)? Participa da definição do empreendimento ou as especificações de projeto já estão definidas?		
4	Como são as propostas comerciais da empresa? Têm um padrão? O que está incluído (custo, prazo, escopo, assistência à obra)? Como estas questões foram definidas?		
5	Como são definidos custo e prazo do projeto? Você define ou é o cliente?		
6	Você acredita que os projetos são valorizados como deveriam? Se NÃO, porquê?	SIM	NÃO

D - ANÁLISE DO PLANEJAMENTO - ESCOLHA SISTEMA ESTRUTURAL		
1	Quando e quem define pelo sistema construtivo metálico? Você participa da escolha? Como acontece esta escolha?	
2	Há utilização de outros sistemas construtivos industrializados em empreendimentos que você projetou e que utilizam estrutura metálica (vedação, laje, etc)?	SIM NÃO
	Quais?	
	Quem escolheu?	
3	Você tem experiência em projeto com estrutura metálica? Faça um breve histórico de edifícios projetados por você que utilizam estrutura metálica?	
E - ANÁLISE DO PLANEJAMENTO - REQUISITOS PARA PROJETO ESTRUTURAL		
1	Quais são os requisitos para o projeto estrutural (legais, técnicos, etc)?	
2	Como são identificadas/ definidas as necessidades dos clientes (entrevistas, documentos, etc)?	
3	Estas são formalizadas em um documento?	SIM NÃO
	quem participa no desenvolvimento deste documento?	
	o documento sofre atualizações/ alterações? Quais são as mais freqüentes? Tem registros?	SIM NÃO
	o cliente valida este documento?	SIM NÃO
	Se SIM, quando (antes do desenvolvimento do projeto) e como? Tem registro?	
E - ANÁLISE DAS ENTRADAS		
1	Quais são os documentos/ projetos necessários para a elaboração do projeto estrutural?	
2	Estes documentos são claros, completos, detalhados e fáceis de consultar?	SIM NÃO
3	Como chegam estes documentos para o projetista estrutural?	
4	Têm reuniões para esclarecimento de dúvidas? Com quem?	SIM NÃO
5	Os projetistas estruturais vão à obra antes de desenvolverem o projeto estrutural?	SIM NÃO
6	Como são classificados e identificados estes documentos (nomenclatura)? Como garante a confidencialidade destes?	
7	Há retroalimentação de outros projetos estruturais?	SIM NÃO
8	O projetista de estruturas participa no desenvolvimento do projeto arquitetônico? Como acontece esta participação?	SIM NÃO

F - ANÁLISE DA ELABORAÇÃO DO PROJETO ESTRUTURAL		
1	Como é a seqüência do projeto de estruturas? Quando o projeto ele tem início? Qual a relação dele com as outras etapas de projeto (arquitetônico e engenharia)?	
2	Que ferramentas (de software, por exemplo), são utilizados na elaboração do projeto?	
3	Os prazos definidos no contrato são cumpridos?	SIM NÃO
4	Os outros projetistas (principalmente o arquitetônico e projetos de engenharia) participaram do projeto estrutural durante seu desenvolvimento?	SIM NÃO
5	Nos empreendimentos que você desenvolve o projeto de estruturas existe a participação de um coordenador de projetos? Que tipo de profissional faz este papel? Como acontece a relação dele com o projeto de estruturas e os demais projetos?	
6	Como é a comunicação entre projetistas (reuniões, informal, e-mail, ambientes colaborativos, fax)? Tem registros?	-
7	Em qual etapa de projetos que acontece esta comunicação?	-
8	Como é feita a compatibilização de projetos?	-
9	O projeto arquitetônico precisa ser refeito/ revisado devido ao projeto estrutural ou devido à outros projetos?	SIM NÃO
G - ANÁLISE DAS SAÍDAS		
1	Quais são os documentos resultantes do projeto estrutural?	
2	Como eles são apresentados (padronização de desenhos, nomenclatura, identificação, etc)	
3	Quem são os clientes do projeto estrutural dentro do processo de projeto? Quem recebe o projeto estrutural?	
4	Como os clientes do projeto estrutural recebem estes documentos?	
5	Você considera que estes são claros, completos, detalhados e fáceis de consultar?	SIM NÃO
6	Têm reuniões para esclarecimentos de dúvidas? Com quem?	SIM NÃO
7	As alterações no projeto, caso necessárias, são registradas para uma futura retroalimentação?	SIM NÃO
8	É feita uma validação dos documentos gerados pelo projeto estrutural? Como e quem faz esta validação?	SIM NÃO
9	O projetista de estruturas está presente na obra (acompanhamento)?	SIM NÃO
10	Tem alguma improvisação de obra que você lembre ou que se repete com frequência?	SIM NÃO
11	É feito registro "as built" do projeto estrutural?	SIM NÃO
H - ANÁLISE DAS ANÁLISES CRÍTICAS		
1	São feitas análises críticas do projeto estrutural? Quando e como são feitas? Quem faz/ participa? É analisado se os dados de saída correspondem aos dados de entrada?	SIM NÃO
2	É feita uma avaliação da satisfação dos clientes do projeto estrutural? Como são os registros destas informações? Há retroalimentação?	SIM NÃO
3	São realizadas avaliações de pós-ocupação? Como são as análises destas informações?	SIM NÃO
Você gostaria de complementar/ salientar alguma informação sobre o processo de projeto de construções metálicas (aspectos positivos e/ou negativos)? O que você acha que deveria ser feito para difundir a utilização do aço na construção civil?		

