



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
Universidade Federal de Ouro Preto - Escola de Minas
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil



UTILIZAÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES

AUTORA: BETINA GUIMARÃES DOS SANTOS E CASTRO

ORIENTADOR: Prof. Dr. Luiz Fernando Loureiro Ribeiro

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração: Construções Metálicas.

Ouro Preto, setembro de 2005.

C355u Castro, Betina Guimarães dos Santos e.
Utilização de estruturas metálicas em edificações residenciais unifamiliares
[manuscrito]. / Betina Guimarães dos Santos e Castro. - 2005.
xvii, 188f. : il., color., tabs., quadros.

Orientador: Profº Drº Luiz Fernando Loureiro Ribeiro.
Área de concentração: Construção Metálica.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola
de Minas. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós Graduação em
Engenharia Civil.

1. Engenharia Civil - Teses. 2. Estruturas metálicas – Projetos e
Construção - Teses. 3. Estruturas metálicas - Fabricação - Teses. 4.
Habitações - Construção - Teses. 5. Estruturas metálicas – Serviços para –
Teses. I.Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento
de Engenharia Civil. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil.
II.Título. CDU: 624.014

Catálogo:sisbin@sisbin.ufop.br

Ao meu pai, minha mãe, minhas irmãs e ao Rodrigo, porque mais uma vez, tenho a certeza de que o que realmente importa, são eles.

Agradeço a todos que me apoiaram durante todo o processo de aprendizado e superações, sejam pelos ensinamentos, colaborações, amizade, disponibilidade, carinho ou paciência. Obrigada...

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo explorar o processo de projeto e de produção, para o setor das residências unifamiliares estruturadas em aço não seriadas, visto que, para os grandes empreendimentos, são notórias as vantagens da estrutura metálica, principalmente em situações onde o prazo ou a limitação do canteiro de obras é fator determinante. Amparado por uma revisão bibliográfica a respeito dos assuntos correlatos, o desenvolvimento do estudo de casos apontou uma característica ainda corrente no mercado: o despreparo em relação aos sistemas construtivos industrializados, de grande parte dos profissionais envolvidos no processo. Reconhecendo uma tendência atual de agregação de valor aos produtos comercializados pelos Centros Distribuidores de Perfis, foi realizada uma pesquisa de campo junto aos denominados Centros de Serviços, com o objetivo de explorar a atividade de comercialização da matéria-prima semi-elaborada para a produção das estruturas metálicas. Ao final da pesquisa observou-se que, os principais fatores para a limitação do setor não dizem respeito estritamente às questões técnicas, ou de custo da estrutura, mas também às barreiras culturais frente à incorporação das novas tecnologias, e ao pequeno porte das edificações, que torna incompatível o volume de demanda de aço junto aos fabricantes de estruturas, limitando o horizonte do setor.

PALAVRAS-CHAVE: processo de projeto, residências unifamiliares, construção metálica, centros de serviços, fabricação de estrutura.

ABSTRACT

The main goal of this present dissertation is exploring the design process and production for the sector of single family houses structured in steel no-seriated, since to great enterprises, the advantages of steel structure are notorious, mainly in situations where deadline or the construction site limitation is a determinant factor. Supported in a bibliographic revision about the related subjects, the development of case studies was able to show how the professionals that act in the market are not prepared, when it comes to industrialized constructive systems. Recognizing an actual trend of value aggregation to the products commercialized by the Distributing Center of Profiles, it was made a field research in the Service Centers, trying to search the activity of raw material commercialization when it is almost ready to the production of metallic structure. In the final of the research it was realized that the main facts to the sector limitation aren't connected only on the technical inquiries, or the structure cost, but on the cultural obstacle about new technology and on the small size of the steel makers, what makes incompatible the steel demand volume unite to the structure manufacturers, limiting the sector.

KEYWORDS: design process, single family houses, steel construction, service centers, structure manufacture

SUMÁRIO

RESUMO	IV
ABSTRACT.....	V
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE QUADROS	XVII
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2 VALE A PENA CONSTRUIR EM AÇO?	3
1.3 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA.....	7
1.4 METODOLOGIA E ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA	11
CAPÍTULO 2 - PROCESSO DE PROJETO: PARADIGMAS E IMPLICAÇÕES	14
2.1 INTRODUÇÃO.....	14
2.2 A NATUREZA DO PROJETO	15
2.2.1 O SURGIMENTO DO PROJETO PARA EDIFICAÇÕES.....	15
2.2.2 O CARÁTER SERVIÇO DA ATIVIDADE DE PROJETO	16
2.2.2.1 PROJETO ENQUANTO PRODUTO E PRODUÇÃO: A DIMENSÃO ESTRATÉGICA DE CONCEPÇÃO DO PRODUTO	17
2.2.2.2 PROJETO ENQUANTO PROCESSO: A DIMENSÃO OPERACIONAL	19
2.3 PARADIGMAS DE PROCESSO DE PROJETO	21
2.3.1 PROCESSO DE PROJETO CONVENCIONAL OU, PROCESSO SEQUENCIAL.....	22
2.3.2 PROJETO SIMULTÂNEO: UMA APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA.....	24
2.3.3 TRANSFORMAÇÃO-FLUXO-VALOR	30
2.4 A GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO	31
2.4.1 COORDENAÇÃO DO PROCESSO	33
2.4.2 A GESTÃO DA QUALIDADE DO PROCESSO DE PROJETO	35

2.5 INOVAÇÕES DE TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS, RACIONALIZAÇÃO E O PROCESSO DE PROJETO.....	38
2.5.1 O CONCEITO DE RACIONALIZAÇÃO.....	40
2.5.2 O PROCESSO DE PROJETO E O SISTEMA CONSTRUTIVO EM AÇO	41
2.6 NOVAS FERRAMENTAS DE TRABALHO E SUAS IMPLICAÇÕES SOCIAIS	45
CAPÍTULO 3 - O ESTADO DA ARTE	52
3.1 INTRODUÇÃO	52
3.2 A EVOLUÇÃO NACIONAL DO MODO DE CONSTRUIR EDIFICAÇÕES: UM BREVE HISTÓRICO.....	53
3.3 ALGUNS SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS PARA RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES	59
3.3.1 SISTEMA CONVENCIONAL	59
3.3.2 SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS	60
3.3.2.1 LIGHT STEEL FRAME	62
3.3.2.2 PAREDES DE AÇO AUTOPORTANTES (SISTEMA CONSTRUTIVO QUICK HOUSE®).....	65
3.3.2.3 INTERFACE ENTRE PVC, AÇO E CONCRETO	68
3.3.2.4 OS KIT'S METÁLICOS	70
3.4 ALGUNS SISTEMAS COMPLEMENTARES.....	73
3.4.1 FECHAMENTOS VERTICAIS.....	74
3.4.2 FECHAMENTOS HORIZONTAIS	78
CAPÍTULO 4 - RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES COM ESTRUTURAS EM AÇO: ESTUDO DE CASOS.....	80
4.1 A ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	81
4.2 RESIDÊNCIA 01.....	85
4.2.1 O ESCRITÓRIO DE ARQUITETURA	85
4.2.2 A SOLUÇÃO ARQUITETÔNICA	88
4.2.3 O PROCESSO DE PROJETO	91
4.2.4 SISTEMAS CONSTRUTIVOS	94
4.2.5 A SOLUÇÃO ESTRUTURAL.....	96
4.2.6 O PROCESSO CONSTRUTIVO.....	97
4.2.7 COMENTÁRIOS	102

4.3 RESIDÊNCIA 02.....	109
4.3.1 O ESCRITÓRIO DE ARQUITETURA	109
4.3.2 A SOLUÇÃO ARQUITETÔNICA	110
4.3.3 O PROCESSO DE PROJETO	110
4.3.4 SISTEMAS CONSTRUTIVOS	113
4.3.5 A SOLUÇÃO ESTRUTURAL.....	115
4.3.6 O PROCESSO CONSTRUTIVO.....	116
4.3.7 COMENTÁRIOS	119
4.4 RESIDÊNCIA 03.....	125
4.4.1 O ESCRITÓRIO DE ARQUITETURA	125
4.4.2 A SOLUÇÃO ARQUITETÔNICA	127
4.4.3 O PROCESSO DE PROJETO	130
4.4.4 SISTEMAS CONSTRUTIVOS	132
4.4.5 A SOLUÇÃO ESTRUTURAL.....	134
4.4.6 O PROCESSO CONSTRUTIVO.....	136
4.4.7 COMENTÁRIOS	140
CAPÍTULO 5 - PRODUÇÃO E OBRAS DE PEQUENO PORTE: A QUESTÃO DOS CENTROS DE SERVIÇOS.....	146
5.1 GENERALIDADES	146
5.2 COORDENAÇÃO MODULAR.....	147
5.3 RESIDÊNCIAS EM AÇO: INDUSTRIAL OU ARTESANAL?.....	150
5.4 CENTROS DE SERVIÇOS	153
5.4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE	153
5.4.2 PROCESSO DE PRODUÇÃO.....	155
5.4.2.1 TRABALHOS DE FÁBRICA	156
CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	162
6.1 ASPECTOS GERAIS	162
6.2 SUGESTÕES PARA NOVOS TRABALHOS.....	165
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	167

APÊNDICE A - A POESIA DO ESPAÇO: AS CASAS AUTORAIS DE ALLEN ROSCOE	175
A.1 A CASA GALPÃO.....	176
A.2 A CASA DE VIDRO	184

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 – Revista americana para venda de projetos padrão: (a) capa da revista; (b) exemplo de modelo comercializado	3
Figura 1.2 – Vista frontal Farnsworth House.	5
Figura 1.3 – Vista frontal Glass House.	5
Figura 1.4 – Casas estudo do arquiteto Craig Ellwood: (a) estudo nº 16; (b) estudo nº 18	6
Figura 1.5 – Casas estudo do arquiteto Piere Koenig: (a) estudo nº 21; (b) estudo nº 22	6

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 – Visão das características distintas do processo de projeto.....	19
Figura 2.2 – Sistema de produção entradas, transformação e saídas para projetos.	23
Figura 2.3 – Diagrama esquemático do processo convencional de projeto.....	24
Figura 2.4 – Desenvolvimento do produto na ES x Engenharia convencional.	25
Figura 2.5 – Modelo genérico esquemático para organização do Projeto Simultâneo.	29
Figura 2.6 – Modelo de fluxo do processo de projeto (HUOVILA et al., 1997) ..	31
Figura 2.7 – Ciclo produtivo do subprocesso de projeto da estrutura metálica.	42
Figura 2.8 - Elevação marquise metálica: projeto de engenharia.....	43
Figura 2.9 - Detalhe elevação marquise metálica: projeto de fabricação.....	44
Figura 2.10 - Planta marquise metálica: projeto de montagem.....	45
Figura 2.11 – Modelamento estrutural virtual: (a) análise estrutural de modelo virtual com software Staad.PRO; (b) modelo estrutural tridimensional utilizado pela Techsteel engenharia	47
Figura 2.12 – Museu Guggenheim de Bilbao: (a) vista ao entardecer da elevação oeste; (b) modelamento eletrônico; (c) desenhos das elevações norte, sul, leste e oeste	48
Figura 2.13 – The Bubble, projetado por Bernhard Franken: (a) vista lateral da edificação; (b) desenvolvimento conceitual; (c) testes e estudos estruturais; (d) vistas externa e interna da maquete eletrônica; (e) montagem da estrutura; (f) conformação térmica das chapas de acrílico sobre moldes de poliuretano	49

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 – Taipal	54
Figura 3.2 – Construção em taipa-de-mão.	55

Figura 3.3 – Lowell House, Los Angeles, Califórnia, Estados Unidos: (a) montagem estrutural; (b) edificação concluída	60
Figura 3.4 – Residências não padronizadas construídas convencionalmente em estrutura metálica: (a) Jonathan Ellis-Miller – Reino Unido; (b) René Van Zuuk – Holanda; (c) Rick Bzowy – Austrália; (d) Swinkels Passchier – Bélgica.....	61
Figura 3.5 – Light Steel Frame: (a) estrutura com membros isolados: ‘stick-build’; (b) estrutura em painéis pré-fabricados; (c) estrutura em módulos pré-fabricados	63
Figura 3.6 – Composição de módulos: residência estudantil, Reino Unido.....	64
Figura 3.7 – Módulo pronto de banheiro: (a) vista externa do módulo; (b) vista interna	64
Figura 3.8 – Etapas da construção de residência em Steel Frame: (a) fundação; (b) montagem estrutura; (c) estrutura e impermeabilização cobertura; (d) divisórias internas; (e) cobertura; (f) execução fechamento externo e impermeabilização; (g) revestimento externo; (h) edificação finalizada; (i) edificação finalizada.....	65
Figura 3.9 - Seções típicas dos módulos	66
Figura 3.10 – União dos módulos com formação dos pilares típicos	66
Figura 3.11 - Formação do painel	67
Figura 3.12 - Estrutura telhado	67
Figura 3.13 - Estrutura telhado: (a) seção paredes internas; (b) seção paredes externas	68
Figura 3.14 – Sistema construtivo com paredes de aço autoportantes: (a) montagem dos painéis estruturais; (b) execução revestimento externo	68
Figura 3.15 – Seqüência de montagem das paredes: (a) perfis guia sobre radier; (b) ancoragem dos painéis com o piso; (c) montagem e encaixe dos perfis de PVC; (d) travamento dos painéis; (e) concretagem das paredes	69
Figura 3.16 – Estrutura de ancoragem entre paredes.	69
Figura 3.17 – Montagem estrutura da cobertura.	70
Figura 3.18 – Vista externa da edificação.....	70
Figura 3.19 – Esquema estrutural do módulo padrão	71
Figura 3.20 – Plantas padrão: (a) planta inicial; (b) planta ampliada	71
Figura 3.21 – Exemplos de arranjos para a planta	72
Figura 3.22 – Esquema arranjo estrutural.....	73
Figura 3.23 – Ligações entre alvenaria e pilar metálico: (a) ferro-cabelo; (b) tela eletrossoldada.....	75
Figura 3.24 – Ligações entre alvenaria e vigas metálicas: (a) encunhamento – sistema rígido; (b) argamassa com aditivo expansor – sistema semi-rígido;(c) placa de EPS – sistema deformável.....	75
Figura 3.25 – Montagem do drywall.....	76

Figura 3.26 – Sistema de fechamento em placas cimentícias sobre estrutura em steel frame	77
Figura 3.27 – Painel OSB: (a) detalhe fixação painel OSB; (b) fechamento de residência em OSB	77
Figura 3.28 – Sistema de fechamento em placas cimentícias sobre estrutura em steel frame: (a) detalhe painel concreto celular autoclavado; (b) montagem residência com painéis de concreto celular autoclavado	78
Figura 3.29 – Laje em vigotas de concreto e tijolos cerâmicos.....	79
Figura 3.30 – Detalhe painel alveolar de concreto extrudado	79
Figura 3.31 – Detalhe composição de laje steel deck	79

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 – Técnica de apresentação: (a) maquete desenvolvida em computador; (b) técnica mista – tratamento a mão sobre base gerada digitalmente	87
Figura 4.2 – Projeto arquitetônico: planta do primeiro pavimento	89
Figura 4.3 – Projeto arquitetônico: planta do segundo pavimento	89
Figura 4.4 - Projeto arquitetônico: planta do terceiro e quarto pavimento	90
Figura 4.5 – Projeto arquitetônico: planta do quinto pavimento	90
Figura 4.6 – Projeto arquitetônico: implantação esquemática.....	91
Figura 4.7 – Projeto arquitetônico: corte transversal esquemático.....	91
Figura 4.8 – Articulação arquitetônica: (a) vista lateral direita; (b) vista frontal.....	91
Figura 4.9 – Visualização do sistema estrutural adotado: pórticos e contraventamentos.....	94
Figura 4.10 – Fundação: tubulões, blocos e cintamentos em concreto.....	95
Figura 4.11 – Paredes e divisórias executadas em alvenaria de tijolos cerâmicos.	95
Figura 4.12 – Visualização externa da cobertura em telha metálica simples.	95
Figura 4.13 – Viga de ancoragem descarregando diretamente na fundação....	96
Figura 4.14 – Arranjo estrutural: detalhe modulação e lançamento dos contraventamentos em planta	97
Figura 4.15 – Visualização dos elementos em situação de montagem da estrutura: (a) pilar formado por emenda de peças menores; (b) detalhe das emendas do elemento	98
Figura 4.16 – Posicionamento do pilar inclinado com utilização de tifor.	99
Figura 4.17 – Contraventamento horizontal acrescido.	100
Figura 4.18 – Trinca possivelmente relacionada à falta de junta de expansão entre a viga metálica e a alvenaria.....	101
Figura 4.19 – Lavanderia: vigas com processo corrosivo relacionado a ausência de fundo em zarcão	101

Figura 4.20 – Exemplificação da interação entre arquiteto e calculista na definição da estrutura: supressão de elemento requerida pela arquitetura: (a) detalhe do projeto estrutural; (b) detalhe: travamento	102
Figura 4.21 – Detalhes projeto estrutural.....	104
Figura 4.22 – Perfis tubulares com a seção aberta permitindo o percolamento de água em seu interior: (a) contraventamentos; (b) det. nó contraventamento horizontal; (c) det. nó contraventamento vertical	105
Figura 4.23 – Detalhe execução do fechamento em alvenaria.	106
Figura 4.24 – Estrutura avançando no alinhamento em relação à linha da alvenaria: ponto de acúmulo de umidade	106
Figura 4.25 – Pontos de infiltração na sala de convívio: (a) infiltração sala canto esquerdo; (b) infiltração sala canto direito: descascamento do forro	107
Figura 4.26 – Detalhe viga de borda da laje do terraço.....	108
Figura 4.27 – Detalhe comprometimento da viga de borda da laje do terraço.	108
Figura 4.28 – Planta nível -1,16m.	111
Figura 4.29 – Planta nível -4,40m.	111
Figura 4.30 – Planta nível -7,64m.	111
Figura 4.31 – Corte esquemático.	112
Figura 4.32 – Execução de fechamento em alvenaria.....	113
Figura 4.33 – Montagem das lajes pré-fabricadas.	114
Figura 4.34 – Vista interna janelas protegidas por toldo.	114
Figura 4.35 – Planta lançamento estrutural N-4,40.....	115
Figura 4.36 – Planta lançamento estrutural N-1,16.....	116
Figura 4.37 – Muro comprometida com proteção paleativa.....	116
Figura 4.38 – Pilares metálicos descarregando sobre muro de arrimo.	117
Figura 4.39 – Interferência tubulação hidráulica: tubo de queda do banheiro central aparente	120
Figura 4.40 – Diferença entre bitolas de vigas: (a) viga contínua fachada posterior: laje de forro dos quartos; (b) encontro de vigas: laje de forro área de serviço	121
Figura 4.41 – Desembarque manual da estrutura pela rampa de acesso.	122
Figura 4.42 – Fissura entre viga e alvenaria, e recomposição de pintura.	123
Figura 4.43 – Interface laje estrutura: principal meio de infiltração: (a) vista interna; (b) vista externa	123
Figura 4.44 – Recuperação de fissura com mastique.....	123
Figura 4.45 – Cerâmicas de piso trincadas.	124
Figura 4.46 – Implantação.....	128
Figura 4.47 – Projeto arquitetônico: planta edificação principal	128

Figura 4.48– Corte esquemático	129
Figura 4.49– Vista frontal da ampliação.....	129
Figura 4.50– Vista quadra de squash contígua à piscina.....	130
Figura 4.51– Detalhe vista externa pele de vidro.	133
Figura 4.52– Vista interna: piso industrial em concreto.....	133
Figura 4.53– Vista telha sanduíche.....	134
Figura 4.54– Vista interna cobertura quadra squash.	134
Figura 4.55– Vista parcial da estrutura montada.....	135
Figura 4.56– Detalhe acabamento da estrutura em chapa de aço patinável..	136
Figura 4.57– Arranjo estrutural.	137
Figura 4.58– Detalhe da pele de vidro e do recuo da laje.....	138
Figura 4.59– Detalhe encontro das águas do telhado: (a) vista superior do telhado: abertura estreita da calha; (b) detalhe forro de gesso sob conjunto de viga e calhas	139
Figura 4.60– Detalhe projeto estrutural para chapa de acabamento.	139
Figura 4.61– Detalhe acabamento: Inha tracejada perfil projetado, linha cheia perfil executado	140
Figura 4.62 – Chapa de vidro trincada.	142
Figura 4.63 – Limalha corroída aderida à superfície da telha metálica	142
Figura 4.64 - Estrutura da pérgola tendo de ser escorada.....	143
Figura 4.65 – Viga da pérgola em forma circular facetada.	144
Figura 4.66 – Detalhe engaste das vigas na alvenaria: (a) viga engastada estrutura da casa; (b) viga engastada pérgola	144

CAPÍTULO 5

Figura 5.1– Exemplo de residência japonesa espacializada conforme arranjo do módulo de tatame.....	148
Figura 5.2– Vista da elevação do projeto racionalizado de alvenaria.	149
Figura 5.3– Subdivisões do módulo de 600mm.	149
Figura 5.4– Fluxo básico do processo de produção.	156
Figura 5.5– Corte a serra.....	157
Figura 5.6 – Variedades de cortes térmicos a chama: (a) maçarico manual; (b) tartaruga; (c) fotocopiadora; (d) CNC	158
Figura 5.7 – Corte a plasma mecanizado.....	159
Figura 5.8 – Conceito único de usinagem entendido pelas empresas.....	159
Figura 5.9 – Exemplos de operações consideradas usinagem na literatura: (a) operações sem formação de cavaco (proc. metalúrgicos); (b) operações com formação de cavaco (usinagem)	160

Figura 5.10 – Furadeira de coluna.....	160
Figura 5.11 – Exemplos de operações consideradas usinagem na literatura: (a) trabalhos realizados por equipamentos CNC multifuncionais; (b) máquina CNC para preparação de perfis.....	161

APÊNDICE A

Figura A.1– Vistas externas da edificação: (a) vista lateral/fundos; (b) vista frontal.....	177
Figura A.2– Plantas projeto arquitetônico: (a) planta subsolo; (b) planta térreo; (c) planta mezanino	178
Figura A.3 – Arranjo arquitetônico: (a) vista geral a partir do pavimento térreo; (b) escada para o subsolo; (c) vista geral da cozinha no subsolo	179
Figura A.4– Diferenças de bitolas dos tubos das vigas transversal e longitudinal	179
Figura A.5– Chapa de ligação da viga com os contraventamentos retirados.	180
Figura A.6– Vista externa da edificação mostrando o revestimento em telha metálica.....	180
Figura A.7– Detalhe da calha de captação da água que percola pelo fechamento vertical.....	181
Figura A.8– Detalhe da laje de piso desconectada do fechamento vertical....	181
Figura A.9– Detalhe banheiro suíte: (a) vista externa do volume do banheiro da suíte; (b) vista interna do banheiro da suíte	182
Figura A.10– Vista externa do volume do lavabo.	182
Figura A.11 – Vistas alternadas das 2 janelas da edificação: (a) janela pé-direito duplo da fachada lateral direita; (b) janela mezanino: barras de guarda-corpo.....	183
Figura A.12 – Exemplos de compatibilização entre as atividades complementares e a estrutura: (a) tubo de queda d’água; (b) torneiras para conexão da banheira localizada no quarto; (c) lâmpadas incorporadas à estrutura para iluminação da cozinha	183
Figura A.13 – Vistas das faces opaca (costas) e envidraçada (frente): (a) fachada frontal; (b) fachada posterior	184
Figura A.14– Arranjo espacial da edificação: (a) vista interna a partir da rampa; (b) vista rampa a partir do nível inferior; (c) vista externa subsolo	185
Figura A.15– Vista da unidade padrão da estrutura.....	186
Figura A.16– Detalha da interface laje de concreto e vigas.....	186
Figura A.17– Detalhe estrutura da pele de vidro em metalon.	187
Figura A.18– Painéis móveis: (a) painéis em MDF deslizantes para fechamento da sala; (b) painéis metálicos pivotantes/deslizantes para fechamento da cozinha	187

Figura A.19– Detalhe abertura dos vãos: (a) vista interna abertura das portas; (b) vista externa abertura das janelas.....	188
Figura A.20– Vista forro contínuo.....	188

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 2

Quadro 2.1 – Variantes de proposta da literatura para processos de projeto. ..	20
Quadro 2.2 – Princípios e Deficiências do Projeto Seqüencial.	23
Quadro 2.3 – Principais características e benefícios da ES.	27
Quadro 2.4 – Elementos básicos para introdução e objetivos do PS.	28

CAPÍTULO 4

Quadro 4.1 - Proposições para análise dos estudos de caso (baseado em LOPES, 2001).....	82
---	----

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Desde sua introdução no mercado, o uso do aço tem-se ampliado cada vez mais no setor da construção civil, consolidando conceitos como modulação, industrialização e montagem. Porém, apesar deste avanço, uma pequena parcela das edificações construídas é executada em aço, e a quase totalidade desta parcela refere-se a edifícios comerciais, industriais e residenciais. É notório que por uma questão de escala os sistemas industrializados tenham melhor escoadouro em edificações de maior porte, onde a padronização e repetição de materiais diluem mais facilmente os custos de fabricação. Mas

então como está se comportando o setor da construção civil de residências unifamiliares estruturadas em aço? Quais são suas problemáticas ou particularidades no processo de projeto, fabricação e montagem?

É com base nestes questionamentos, dentre outros, e em vista da falta de bibliografia específica do tema em questão, que se apóia e se justifica o desenvolvimento deste trabalho, direcionado ao estudo dos processos de projeto e produção, e inserido na linha de pesquisa *Arquitetura e Ambiente Construído em Estruturas Metálicas* do Programa de Pós Graduação em Construção Metálica da UFOP. Alia-se a isto um caráter motivacional que levou a uma profissional de formação em Arquitetura aos domínios da Engenharia Civil, haja vista a peculiaridade da construção metálica de exigir um maior acompanhamento e comprometimento do arquiteto, da concepção à produção da edificação. Portanto, este deve ter intimidade não só com o material mais também com o processo de fabricação da estrutura, com a montagem e com os sistemas e elementos complementares, entre outros.

Dessa forma, representando um trabalho inicial sobre o tema, o objetivo desta pesquisa é explorar o campo da execução de residências unifamiliares estruturadas em aço, abordando os quesitos processo de projeto e de produção. Com base neste tipo de enfoque fez-se necessário a introdução de conceitos que extrapolam, porém que complementam o tema central.

O foco principal será delimitado pelas residências que utilizam o aço como elemento estrutural convencional, ou seja, como pilares e vigas, e que apresentem caráter único (edificações não seriadas). Dessa forma, excluem-se do universo de estudo as habitações de interesse social, tema extremamente importante já objeto de estudos de uma grande parcela de pesquisas.

Diferentemente de alguns países onde a venda de projetos padrão para residências é uma prática comum, existindo inclusive revistas especializadas no assunto (figura 1.1), para os conceitos brasileiros, assim como coloca COELHO (2003), “(...) em escala de unidades residenciais, a padronização de

modelos pode gerar a perda da estreita ligação do imóvel com o proprietário.” Esta afirmação é reforçada por BARROS (2002) ao relatar que “cada ato de projeto é único no tempo e em relação ao seu lugar. Além disso, os usuários precisam necessariamente fazer parte do processo de projeto para expressar a sua individualidade e assim garantir maior satisfação¹”. Dessa forma, podemos concluir que casos como o exemplificado na figura 1.1 não representam Arquitetura.



(a) Capa da revista.



(b) Exemplo de modelo comercializado.

Figura 1.1 – Revista americana para venda de projetos padrão.

FONTE: Arquivo pessoal.

1.2 VALE A PENA CONSTRUIR EM AÇO?

Ao fazer essa pergunta, o cliente² geralmente não está interessado nas vantagens técnicas que o material pode oferecer e sim naquilo que lhe é possível mensurar, ou seja, uma confrontação de custos em relação à construção tradicional. Custa-lhe compreender que não se trata pura e simplesmente de uma substituição de materiais e sim de processos construtivos completamente distintos, com impactos diretos nas interfaces com

¹ Vale ressaltar que o termo satisfação, empregado aqui e ao longo do trabalho, apesar da carga subjetiva, consiste no termo mais usual em toda a literatura como método de avaliação da qualidade das edificações frente aos usuários.

² Considerando neste caso, o cliente de residências unifamiliares.

os sistemas complementares, bem como de diferenças significativas no cronograma de desembolso financeiro.

Perguntados sobre quais atitudes devem ser tomadas para transformar o Brasil em um grande consumidor de aço na construção civil, alguns profissionais do setor industrial do aço responderam principalmente que é preciso³:

- desenvolver tecnologicamente a mão-de-obra direta, bem como melhorar e ampliar a formação de nível superior de arquitetos e engenheiros;
- estabelecer programas de qualidade total;
- alavancar a capacitação técnica, de produtividade e de qualidade para pequenos e médios fabricantes de estruturas metálicas; e
- reduzir a carga tributária sobre o material, de forma a melhorar sua competitividade.

Estas ações contribuiriam para desenvolver o mercado de aço como um todo, e mais especificamente as duas últimas, seriam capazes de influenciar diretamente o setor da construção individualizada de residências unifamiliares.

A busca por um incremento da construção metálica no setor residencial, não é um movimento nacional isolado. SLATTERY (1998) comenta o esforço de alguns fabricantes internacionais em cooperar nos fóruns locais para acelerar os programas de desenvolvimento do setor, após reconhecerem a oportunidade existente. O autor destaca ainda que os pontos críticos para o sucesso desta questão são uma compreensão clara da dinâmica do mercado da construção residencial e das necessidades dos responsáveis pelas decisões no processo, além da natureza dos relacionamentos entre estes e a indústria de aço.

³ ABCEM. Construção Metálica, n.67, p.6-10, 2004.

De forma similar, CEPEDA (1998) ao analisar duas residências em aço no sul da Espanha, defende que é tempo de se explorar as possibilidades do aço, também na construção residencial, principalmente em situações onde se queira explorar grandes vãos livres, com um mínimo de colunas possível.

HART; HENN; SONTAG (1976 e 1978), relatam que, nos Estados Unidos, o caminho para a construção metálica no campo das residências unifamiliares, foi reforçado por alguns arquitetos progressistas em meados do século 20, principalmente ao aplicarem o material em suas próprias casas. Cita-se desde período, a célebre Farnsworth House (figura 1.2), do arquiteto Mies van der Rohe, considerada um manifesto da nova concepção espacial, além da Glass House (figura 1.3), projetada para si por Philip Johnson, seguidor de Mies.



Figura 1.2 – Vista frontal Farnsworth House.

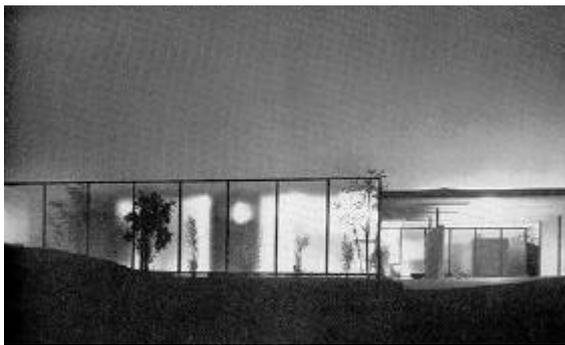
FONTE: Disponível em:< <http://www.farnsworthhousefriends.org/>> Acesso em: jun.2005



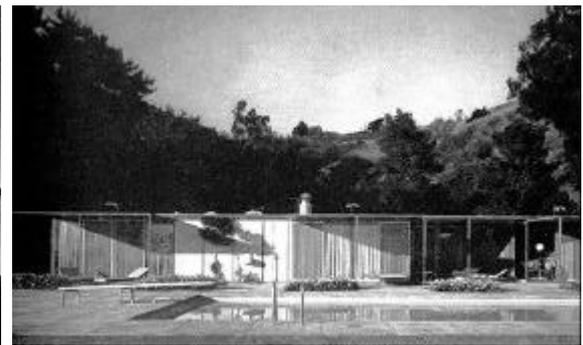
Figura 1.3 – Vista frontal Glass House.

FONTE: Disponível em:< <http://architecture.about.com/library/bljohnson-glasshouse.htm>> Acesso em: jun.2005

Foi ainda na década de 50 que, por intermédio de um concurso promovido pela revista “Arts & Architecture” com o objetivo de proporcionar à produção residencial moderna a experimentação de novos materiais, que se viu o desenvolvimento de um celeiro de estudos arquitetônicos na Califórnia, dentre os quais se destacam as casas experimentais de Craig Ellwood (figura 1.4) e de Piere Koenig (figura 1.5) (HART; HENN; SONTAG, 1976 e 1978).

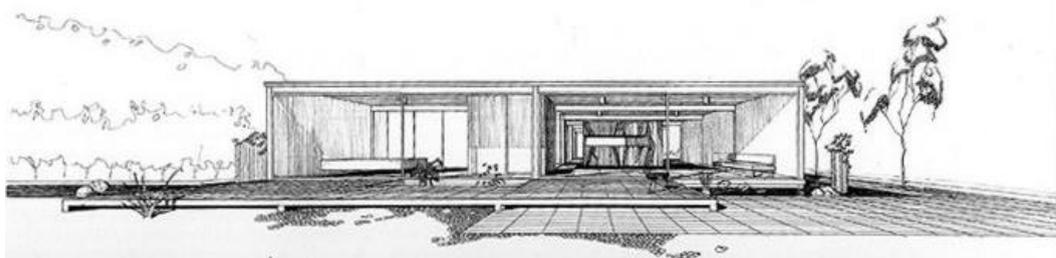


(a) Estudo nº 16

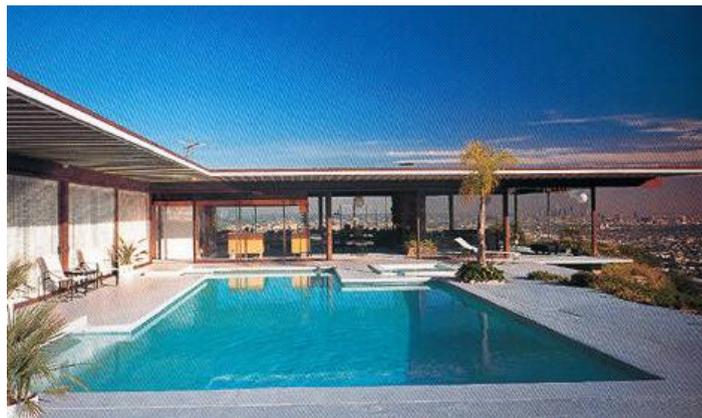


(b) Estudo nº 18

Figura 1.4 – Casas estudo do arquiteto Craig Ellwood.
FONTE: Disponível em:< <http://users.tce.rmit.edu.au>> Acesso em: jun.2005



(a) Estudo nº 21



(b) Estudo nº 22

Figura 1.5 – Casas estudo do arquiteto Piere Koenig.
FONTE: Disponível em:< <http://users.tce.rmit.edu.au>> Acesso em: jun.2005

1.3 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

Para situar o escopo do presente trabalho no âmbito da linha de pesquisa Arquitetura e Ambiente Construído em Estruturas Metálicas, são comentados a seguir os trabalhos desenvolvidos por CASTRO (1999), que aborda as patologias físico-construtivas para a estrutura em aço; por BAUERMANN (2002), que além de estender o conceito de patologia aborda o processo de projeto para edifícios de andares múltiplos em aço; por SALES (2001) que trata das patologias dos sistemas construtivos; por BASTOS (2004) que avalia a situação de pós-ocupação das edificações abordadas por SALES (op. cit.); e por RAAD JR (1999), que expõe as diretrizes para fabricação e montagem das estruturas em aço.

Para falar sobre as patologias inerentes às edificações em estruturas metálicas, CASTRO (op. cit.) primeiramente identifica algumas diferenças entre o aço e o concreto, dentre as quais a diferença quanto à concepção do projeto. O autor expõe a maior facilidade da concepção em concreto armado, vista a possibilidade de se executar adaptações, compatibilizações ou inclusões no projeto até o momento da concretagem da estrutura, executada *in loco*. Já o projeto em aço exige uma maior quantidade de homens/hora de trabalho, obedecendo à necessidade prévia de compatibilização dos projetos, já que as peças são produzidas em fábricas e somente montadas *in loco*. Ao longo do trabalho, CASTRO (op. cit.) identifica que as deficiências de projeto são responsáveis por grande parte das patologias físico-construtivas das edificações estruturadas em aço. Porém, vale expandir esse conceito às edificações em concreto e discordar do autor ao colocar a possibilidade de postergação de alterações no projeto em concreto, como uma “facilidade” de concepção do mesmo. Na verdade, qualquer adaptação no canteiro de obras, mesmo que possível, representa no mínimo uma falta de qualidade no processo de projeto.

O estudo acerca das limitações e potencialidades da associação entre sistemas de fechamentos pré-fabricados e a estrutura metálica desenvolvido por SALES (op. cit.) reafirma, após o levantamento de nove estudos de caso, que grande parte das patologias físico-construtivas têm origem na deficiência dos projetos e do planejamento do processo de produção. Neste contexto, os pontos críticos destacados são: a interface entre os sistemas de fechamento e estrutural de forma a garantir a estanqueidade da edificação e a trabalhabilidade dos elementos, a falta de mão-de-obra especializada, e a falta de domínio técnico sobre os sistemas para garantir a filosofia sistêmica da construção industrializada. SALES (op. cit.) ressalta ainda ser desejável uma avaliação pós-ocupação “com o intuito de pesquisar e destacar claramente os problemas enfrentados por usuários ao longo do tempo de uso do edifício”.

Esta recomendação foi adotada por BASTOS (op. cit.) que, com base em uma pesquisa de campo em quatro dos nove casos estudados por SALES (op. cit.), buscou “conhecer a relação usuário x materialidade do espaço edificado, ou seja, não só o sistema construtivo adotado, mas o uso e manutenção deste sistema sob a ótica de seus usuários”. BASTOS (op. cit.) conclui que industrializar a construção civil implica em viabilizar a inserção de princípios como:

- sustentabilidade, relacionada ao uso e manutenção adequados;
- conformidade, relacionada à vida útil da edificação e sua qualidade;
- habitabilidade, relacionada à reestruturação dos espaços de forma a se adequarem às novas necessidades dos usuários; e
- responsabilidade social, relacionada ao comprometimento do setor produtivo com a qualidade de vida do homem e com o meio ambiente.

Em sua pesquisa, BAUERMANN (op. cit.) extrapola o conceito de patologia das ocorrências físicas, classificando-a quanto sua natureza como patologia de projeto, patologia de execução e patologia de uso ou manutenção. Assim, o

conceito de patologia passa a abranger todo o empreendimento, e não mais somente ao edifício em si. O termo natureza é importante nesta definição, para compreender-se que, por exemplo, uma patologia decorrente de uma execução deficiente devido à falta de informações em projeto, ou uma patologia surgida pela falta de manutenção impossibilitada devido a um alto custo da mesma, seriam essencialmente patologias de projeto.

Em relação aos edifícios de andares múltiplos, a autora efetuou o estudo de caso em cinco construções de uso comercial e de hotelaria que, na visão mercadológica, representam o melhor setor escoadouro das estruturas metálicas. Pela análise dos estudos de casos, BAUERMANN (op. cit.) constatou que o ponto crítico do processo é a compatibilização dos projetos das diferentes especialidades, propondo:

- (a) que todos os sistemas construtivos industrializados sejam definidos antes do início dos projetos para execução;
- (b) que o planejamento do processo seja feito logo após as definições dos sistemas construtivos e da tecnologia, e antes do desenvolvimento dos projetos para produção;
- (c) que o planejamento das atividades do processo de produção seja definido de acordo com: os pré-requisitos das interfaces das especialidades de projetos; as necessidades de logística; os prazos de fabricação; e o transporte dos elementos industrializados para a obra;
- (d) que a compatibilização seja iniciada no planejamento do processo de projeto, e desenvolvida na elaboração dos projetos por meio de autocontrole.

Em relação ao processo de produção, RAAD JR (op. cit.) aborda as diversas etapas de fabricação, transporte e montagem das estruturas metálicas, bem como dos serviços associados. O autor não deixa porém de se manifestar em

relação à garantia de sucesso dos processos de projeto, mediante a compatibilização das atividades, e a multidisciplinaridade das equipes.

O presente trabalho insere-se ainda no âmbito de algumas outras pesquisas como a de LOPES (2001), que aborda a produtividade da mão-de-obra em projetos de estrutura metálica. Ao citar SLACK (1997), o autor relaciona os aspectos relevantes da atividade de projeto:

- *O objetivo da atividade de projeto é satisfazer as necessidades dos consumidores:* um indicador de qualidade do projeto é a resposta satisfatória das necessidades dos clientes internos e externos;
- *A atividade de projeto aplica-se tanto a produtos como a processos:* os projetos do produto e do processo são interligados, já que alterações no produto final refletem na forma como este será concebido. Essa atuação conjunta dos projetos é a chamada Engenharia Simultânea⁴;
- *O projeto começa com um conceito e termina na tradução desse conceito em uma especificação de algo que pode ser produzido:* o principal insumo do processo do projeto é a informação, composta de fatores psicológicos, sociológicos, econômicos e técnicos, entre outros. O fluxo da informação será composto por processos de transformação (onde as soluções são desenvolvidas e analisadas agregando valor ao produto), de comunicação, de espera e de inspeção. Na evolução desse processo o custo de modificações cresce à medida que as soluções vão se interligando;
- *A atividade de projeto é um processo de transformação:* como já afirmado, o fluxo de informações sofre transformações, ajustando-se ao modelo entrada-transformação-saída, devendo o processo ser gerenciado e administrado como um sistema produtivo.

⁴ O conceito de Engenharia Simultânea será estendido no item 3.3.

LOPES (op. cit.) destaca ainda que os projetos podem ter características especiais devido a especificidades de demanda e, dessa forma, relaciona algumas características que em conjunto, são específicas das estruturas metálicas na atividade de projetar:

- produto projetado sob encomenda;
- matéria-prima (perfis, chapas e outros materiais) precisa acompanhar os padrões disponíveis no mercado;
- tolerância de fabricação da ordem de milímetros e necessidade de acoplamento perfeito das peças na montagem;
- necessidade de grande nível de detalhamento para cada subconjunto da estrutura, consumindo elevado número de horas de desenho;
- atividades vinculadas ao projeto envolvem, fundamentalmente, desenhos básicos de concepção, cálculo da estrutura, desenhos de fabricação (detalhamento), listas de materiais, roteiro de inspeção e desenhos de montagem.

Em relação às especificidades do tipo de edificação, no caso de projetos residenciais unifamiliares, tem-se a personificação do usuário. Nesta situação, o produto tem de satisfazer não só as necessidades funcionais como também refletir toda a simbologia da casa para aquele indivíduo. Este fator torna a relação de troca de informações muito mais densa, com impactos diretos em todo o processo, bem diferente da forma de projetar nos casos onde o cliente e suas necessidades são genéricos e se balizam pelos padrões do mercado (setor comercial, hotelaria, etc.).

1.4 METODOLOGIA E ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com os conceitos discutidos por BRYMAN (1995) apud LOPES (2001), a pesquisa foi desenvolvida de forma exploratória, com abordagem qualitativa, segundo uma metodologia composta pelas seguintes atividades:

- revisão bibliográfica: fundamentando-se principalmente em pesquisas científicas, a revisão bibliográfica realizada teve por objetivo a busca de conceitos relacionados ao histórico habitacional, ao processo de projeto, aos sistemas construtivos e complementares e à industrialização, dentre outros necessários para o desenvolvimento deste trabalho;
- estudos de casos: realizados através de entrevistas pré-estruturadas, para o estabelecimento de um panorama geral envolvendo desde o desenvolvimento do projeto até constatações sumárias da pós-ocupação do ponto de vista dos proprietários, passando pelo processo de fabricação e montagem de residências estruturadas em aço. Para isso, as unidades de análise escolhidas foram os arquitetos responsáveis pelos projetos, os fabricantes, construtores ou montadores e os proprietários das residências selecionadas no universo da pesquisa;
- pesquisa de campo: foi realizada através de entrevistas pré-estruturadas e observação junto às unidades denominadas Centros de Serviços, a fim de se analisar uma opção viável para o fornecimento de pequenas demandas de aço, aplicável ao setor das residências unifamiliares.

A definição do universo da pesquisa dos estudos de caso seguiu as recomendações de YIN (1994) de selecionar um pequeno número de casos de interesse, e coletar informações através de entrevistas, observação e análise documental. Entretanto, além da etapa de seleção dos casos de interesse, foi necessário um primeiro contato com todas as unidades de análise em cada um deles, para confirmação da disponibilidade em contribuir com este trabalho. Esta etapa eliminou grande parte dos objetos selecionados, chegando-se ao número razoável de quatro estudos a serem explorados. Durante o desenvolvimento dos trabalhos não foi possível prosseguir-se com o estudo do quarto caso previamente selecionado e não houve possibilidade de, em tempo hábil, promover-se a substituição do mesmo. Entretanto, devido ao caráter qualitativo de indicação de uma tendência do setor, acredita-se que os resultados obtidos não tenham sofrido prejuízo.

Tanto em relação aos estudos de casos, quanto à pesquisa de campo, foram desenvolvidos roteiros de pesquisas semi-estruturados, definindo-se tópicos a serem explorados, porém conduzidos de forma flexível, de modo a se captar as particularidades de cada situação.

A organização das informações ao longo do trabalho seguiu a seguinte formatação:

O presente capítulo, introdutório, tem como foco a contextualização do tema do trabalho, principalmente na linha de pesquisa desenvolvida no Programa de Pós Graduação em Construção Metálica da UFOP, justificando sua pertinência e objetivo. Cita-se ainda a metodologia de trabalho adotada, bem como sua estruturação física.

No *Capítulo 2* é apresentada uma revisão bibliográfica dos conceitos de processo de projeto e produção, bem como de questões relativas à qualidade, criando uma base conceitual da produção para o tema abordado.

A partir de uma contextualização histórica do modo de construir, no *Capítulo 3* buscou-se focar um panorama geral da produção de residências utilizando elementos construtivos em aço, e fazendo um levantamento sumário dessas tipologias construtivas, e dos sistemas complementares.

Apresentando-se no *Capítulo 4* os estudos de caso abordados, nota-se a ocorrência de patologias e deficiências de projeto em consequência da falta de detalhamento dos mesmos.

O processo de produção mediante o conceito dos Centros de Serviços é abordado no *Capítulo 5*, reservando-se o *Capítulo 6* para a apresentação das considerações finais, juntamente com algumas sugestões para pesquisas futuras.

Outros dois estudos de caso são abordados no *Apêndice*, a título informativo, por representarem situações muito particulares de processo de produção, mas que enquanto produto são referências no cenário de Minas Gerais.

PROCESSO DE PROJETO: PARADIGMAS E IMPLICAÇÕES

2.1 INTRODUÇÃO

De acordo com FABRÍCIO (2002) “(...) existe no setor de construção de edifícios diferentes maneiras e práticas de organizar, gerenciar e integrar o processo de projeto”. Isto se evidencia no pressuposto de que a atividade de projetar seja uma ação intelectual e pessoal de cada indivíduo, que a molda como melhor lhe convier. Porém, ao entender que o projeto em si faz parte de um processo com o fim no produto, que existem diversos atores interdependentes nesse processo e que a racionalização do mesmo irá gerar produtos mais competitivos, cabe a implantação de modelos do processo de

projeto com objetivos claros.

Vários são os autores (MELHADO, 1994; FABRÍCIO, 2002; KOSKELA, 2000; SABBATINI, 1989 e TZORTZOPOULOS, 1999; entre outros), que se dedicam ao tema, abrangendo diversos enfoques, seja na conceituação do projeto e paradigmas de processo, seja na introdução de novas tecnologias. Mas o que se verifica na prática é que este conhecimento ainda está muito restrito ao meio acadêmico. É possível que isto ocorra por ser esta uma questão relativamente recente (o processo de projeto de edificações no Brasil somente começou a ser revisto, segundo FABRÍCIO (op. cit.), a partir da década de 70), além de que, como os principais sistemas de gestão surgiram na indústria manufatureira, a aplicação de seus conceitos na indústria da construção requeira análises e adaptações.

Neste contexto, busca-se traçar uma linha de entendimento da conceituação de projeto e dos paradigmas recorrentes na literatura, a fim de aplicá-la no processo de desenvolvimento das edificações unifamiliares estruturadas em aço.

2.2 A NATUREZA DO PROJETO

2.2.1 O SURGIMENTO DO PROJETO PARA EDIFICAÇÕES

Inicialmente, nas oficinas de arte-ofício, o conhecimento era transmitido de forma empírica dos mestres artesãos aos aprendizes, conceito este, estendido às construções. O projeto tornar-se-á necessário a partir do incremento das tecnologias e do conhecimento científico, com a divisão social do trabalho e a crescente complexidade das atividades e relações sociais, de acordo com SILVA (1991) e FABRÍCIO (2002) apud SOUZA; GOUVINHAS (2003).

Segundo SOUZA; GOUVINHAS (op. cit.), a obra de *Marcus Vitruvius Pollio* intitulada *De Architecture*, no I século a.C., desencadeia o processo de desvinculação do saber e fazer, promovendo a disseminação de determinada

técnica, alheia à sua experiência prática. O surgimento da tecnologia durante o Renascimento (a partir do amadurecimento da mentalidade do saber teórico das ciências e do fazer da técnica), consolida a antecipação do planejamento à ação.

Deste período, o projeto para a cúpula da *Catedral de Santa Maria Del Fiore*, em Florença, autoria do arquiteto Filippo Brunelleschi, representa um marco da forma de pensar uma edificação, baseada no conhecimento e no planejamento (FABRÍCIO, op. cit.). Detentor da tecnologia construtiva gótica da época, Brunelleschi ansiava em executar o projeto para a cúpula referenciando ao renascimento da grandeza romana. Para tanto incursionou em viagens a Roma a fim de estudar as ruínas dos templos antigos e executar esboços de suas formas e ornamentos. Diferentemente de uma imitação desses modelos que não se adaptariam às condições da época, Brunelleschi desenvolveu, ou melhor, projetou, um novo processo de construção (GOMBRICH, 1999). Iniciou-se a separação entre o ato de criar e o ato de executar, e mais ainda, promoveu-se o uso do desenho como principal ferramenta do pensar e representar o projeto (FABRÍCIO, op. cit.).

Nos séculos seguintes tem-se a consolidação do projeto como tecnologia de estudo, desenvolvimento e execução de produtos. O surgimento das escolas de engenharia, além de simbolizar a profissionalização da atividade de projetar, representa ainda o início de sua segregação a partir das diversas especialidades de projetos e da complexidade das relações sociais. De forma gradativa, o processo de construção se tornará fragmentado e seqüenciado. Uma revisão na atividade projetual somente começou a ser pensada a partir do século XX (SOUZA; GOUVINHAS, op. cit.).

2.2.2 O CARÁTER SERVIÇO DA ATIVIDADE DE PROJETO

Não há uma definição de projeto reconhecida universalmente e sim diferentes conceitos citados pelos diversos especialistas. Adotaremos para este trabalho

a conceituação do termo “projeto” aplicado na construção de edifícios de MELHADO; AGOPYAN (1995): “atividade ou serviço integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas”.

A complexidade da atividade de projeto começa na distinção e entendimento de seus conceitos e terminologias, além de sua caracterização como produto e serviço.

A primeira distinção de conceitos é bem definida por MARQUES (1979), apud MELHADO; AGOPYAN (op. cit.), como sendo um conceito de caráter “estático” (relacionado ao projeto do produto), e outro de caráter “dinâmico” (relacionado ao processo do projeto). O mesmo autor sintetiza ainda que “o projeto, segundo seu conceito estático, é na realidade o produto final do processo”, portanto resultado de seu conceito dinâmico.

MELHADO; AGOPYAN (op. cit.) concluem que o projeto referenciando o resultado da atividade, é um “produto”, ou seja, a materialização das soluções desenvolvidas. Já a atividade de projeto em si é encarada como “serviço”.

2.2.2.1 PROJETO ENQUANTO PRODUTO E PRODUÇÃO: A DIMENSÃO ESTRATÉGICA DE CONCEPÇÃO DO PRODUTO

Partindo dos conceitos desenvolvidos, o termo “projeto” per si, referencia ao “projeto do produto”, “constituído por elementos gráficos e descritivos, ordenados e elaborados de acordo com linguagem apropriada, destinado a atender às necessidades da etapa de produção” (NOVAES, 2001 apud BAUERMANN, 2002). Este conceito poderia ser simplificado na possibilidade de relacionar o projeto ao resultado físico (palpável) da atividade de projeto. Porém, assim como analisam MELHADO; AGOPYAN (1995), com o desenvolvimento da tecnologia de informação, os documentos convencionais podem ser substituídos por outras formas de representação, como a visualização das informações diretamente da tela do computador, sem

qualquer prejuízo de seu conteúdo.

Por estar relacionado a conceitos de concepção, tipologias do edifício, especificação de materiais, dentre outros, FONTENELLE; MELHADO (2002) identificam ainda um caráter mercadológico para a interface projeto-produto. A partir do momento em que o projeto do produto relacionar aspectos técnico-construtivos da edificação, baseado em conceitos de normalização, tecnologia dos subsistemas construtivos e outros, passa a ser denominado como “projeto da produção” ou interface projeto-produção, segundo os mencionados autores.

BARROS; SABBATINI (2003) definem como projeto para produção

(...) um conjunto de elementos de projeto elaborado segundo características e recursos próprios da empresa construtora, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições dos principais itens necessários à realização de uma atividade ou serviço e, em particular: especificações dos detalhes e técnicas construtivas a serem empregados, disposição e seqüência de atividades de obra e frentes de serviço e uso e características de equipamentos.

Sendo assim, o projeto para produção deve assumir a responsabilidade do “construir no papel” (MELHADO, 1994), deixando de repassar para a produção a necessidade de complementar amadoristicamente as informações insuficientes do projeto. Em se tratando de sistemas construtivos industrializados, o projeto para produção tem sua responsabilidade exponenciada para garantia de um processo, e de um produto, de qualidade.

A execução deste tipo de projeto representa uma evolução da mentalidade da indústria da construção, que já percebeu os ganhos, principalmente financeiros, desta prática. FABRICIO (2002) destaca que, em mercados competitivos como o de São Paulo, percebe-se o surgimento de escritórios especializados nesse tipo de serviço. Um ponto porém que ainda necessita ser melhorado é a simultaneidade desse projeto com o projeto do produto, de forma a não limitar seu potencial de influência no processo e na racionalização da obra.

2.2.2.2 PROJETO ENQUANTO PROCESSO: A DIMENSÃO OPERACIONAL

O “processo de projeto” deve ser entendido como todos os procedimentos e simbioses necessárias ao seu fim, ou seja, o fomento à indústria da construção. Possuindo portanto um caráter gerencial, o processo de projeto, pode ser analisado a partir de dois padrões básicos:

- Do ponto de vista intelectual: relacionado ao processo de criação, baseia-se na seqüência de tomadas de decisões. A partir da demanda de um problema, os projetistas o assimilam, geram alternativas de solução que são comparadas e avaliadas para então, possibilitarem a tomada de decisão e a comunicação (BAUERMANN, 2002).
- Do ponto de vista do gerenciamento de operações: ocorrendo em uma instância exterior à atividade intelectual (figura 2.1), é responsável pelo controle das interfaces, compatibilizações e gestão do tempo das tomadas de decisões.

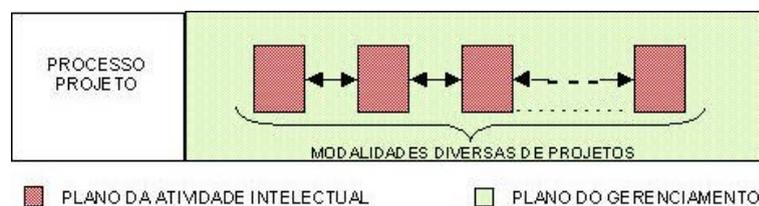


Figura 2.1 – Visão das características distintas do processo de projeto.

O que ocorre, na prática, é que não se consegue traçar uma seqüência bem definida do processo de projetar a partir do número e definições de suas etapas. Agregado ao fato de se ter um desencadeamento de tomada de decisões, onde as etapas são conseqüências das anteriores e influenciam as seguintes, cada profissional pode desenvolver uma sistemática muito pessoal, definindo para si o número de fases a serem desenvolvidas e sua organização. Vale considerar ainda o caráter eventual, casualidades favoráveis ou não, que podem surgir ao longo do processo forçando uma adaptação do mesmo.

A partir do Quadro 2.1 é possível verificar a variação das proposições das etapas de projeto (uma subdivisão do processo) de acordo com alguns especialistas.

Quadro 2.1 – Variantes de proposta da literatura para processos de projeto.

Etapas do projeto	Referências					
	1	2	3	4	5	6
Idealização, planejamento do produto	X	-	-	X	X	X
Levantamento de dados	-	X	X	-	-	-
Programa de necessidades	X	X	X	X	-	-
Estudo de viabilidade	-	X	X	X	-	-
Estudo preliminar	X	X	X	X	X	X
Anteprojeto	X	X	X	X	X	X
Projeto legal	-	X	X	X	X	X
Projeto pré-executivo	-	X	X	-	-	-
Projeto básico	-	X	X	-	-	-
Projeto executivo	X	X	X	X	X	X
Detalhamento (projeto para produção)	X	X	-	X	X	-
Caderno de especificações	-	X	-	-	-	-
Compatibilização de projetos	-	X	-	-	-	-
Desenho de vendas	-	-	-	-	-	-
Desenhos de fabricação e montagem	-	-	-	-	-	-
Acompanhamento da produção	-	X	-	X	X	X
Entrega do produto	-	-	-	X	X	-
Projeto <i>as built</i>	X	X	-	X	-	-
Uso e manutenção	-	-	-	X	-	-
Avaliação pós-ocupação	-	-	-	X	-	X

LEGENDA:

1. SANVIDO (1992)	4. NOVAES (1996) apud MORAES (2000)
2. SOUZA et al (1994) apud MORAES (2000)	5. MELHADO (1997)
3. NBR 13531:1995 (ABNT, 1995)	6. TZORTZOPOULOS (2001)

Fonte: Baseado em BAUERMANN (2002).

As principais observações a serem feitas a partir da análise do quadro são a falta de consenso entre os autores quanto às etapas do processo¹, e quanto à abrangência do mesmo no que se refere ao ciclo de vida² do produto. Este contexto abre o campo para o surgimento de novos paradigmas, na busca de uma maior uniformidade no controle do processo.

2.3 PARADIGMAS DE PROCESSO DE PROJETO

Assim como é levantado por TZORTZOPOULOS et al. (1999), uma das premissas para a melhoria da qualidade do processo de projeto, é a sua modelagem, buscando definir as principais etapas do processo e sua relação organizacional, além da definição dos papéis e responsabilidades dos intervenientes.

O quadro atual do processo projetual da indústria da construção, caracteriza-se por um momento de transformações e adaptações, com a afirmação das noções de racionalização da construção, e dos conceitos de qualidade. Está ficando claro para o mercado o esgotamento do processo convencional de desenvolvimento seqüencial, porém os novos paradigmas de processo ainda se encontram em fase de amadurecimento e sua introdução no mercado ainda ocorre de forma muito tímida. Este amadurecimento se dá devido à transposição dos conceitos desses paradigmas oriundos da indústria de bens, à indústria da construção.

É importante ressaltar, principalmente para o contexto deste trabalho, que esta revisão no processo de projeto vem ocorrendo nos grandes centros competitivos, e dentro das grandes empresas. Quando se analisa o mercado de obras residenciais unifamiliares, portanto de pequeno porte, percebe-se ainda arraigado o conceito do desenvolvimento do processo seqüencial.

¹ As nomenclaturas das etapas, também divergentes entre os autores, foram uniformizadas de acordo com o sentido, para efeito comparativo.

Serão elucidados a seguir alguns dos novos paradigmas de processo mais recorrentes na literatura especializada, além do sistema convencional. Não há, porém, qualquer intenção de se realizar um levantamento completo das variantes de modelamentos³.

2.3.1 PROCESSO DE PROJETO CONVENCIONAL OU, PROCESSO SEQUENCIAL

O modelo convencional do processo, resultado histórico do desenvolvimento da atividade de projeto e predominante na indústria seriada da segunda guerra mundial até a década de 80, é caracterizado como um modelo de transformação organizado linearmente (de forma seqüencial), no qual se desconsideram os conceitos de fluxo⁴ e geração de valor⁵ (BAUERMANN, 2002).

O sistema entrada-transformação-saída de LOPES (2001), apresentado na figura 2.2, ilustra esquematicamente o modelo que tem, na entrada:

- Recursos a serem transformados: necessidades dos clientes, levantamentos, especificações, dados técnicos, normas, etc.;
- Recursos transformadores: instalações, mão-de-obra, banco de dados, equipamentos,

E, na saída:

- Produto: projetos concluídos, necessidades dos clientes atendidas.

² Por ciclo de vida do produto entende-se todas as etapas necessárias para seu desenvolvimento visto de forma sistêmica: partindo de sua concepção; planejamento, projeto e produção; acompanhamento pós-ocupação e destinação final.

³ Uma mesma base conceitual é capaz de gerar diversos paradigmas decorrentes dos variados enfoques ou objetivos específicos que se pretenda alcançar.

⁴ Entende-se por fluxo a seqüência de atividades: transformação, inspeção, movimento e espera.

⁵ Entende-se por geração de valor a eliminação no processo das atividades que não agreguem valor ao produto.

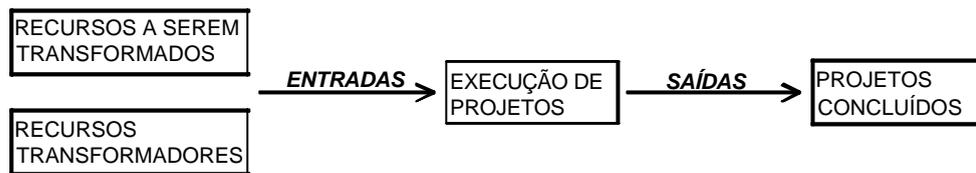


Figura 2.2 – Sistema de produção entradas, transformação e saídas para projetos.
FONTE: LOPES (2001).

KOSKELA (1998) apud BAUERMANN (op. cit.) levanta alguns princípios deste modelo de projeto, assim como suas respectivas deficiências (Quadro 2.2).

Quadro 2.2 – Princípios e Deficiências do Projeto Seqüencial.

PRINCÍPIOS	DEFICIÊNCIAS
<p>a. pode ser subdivido em sub-processos de conversão</p> <p>b. o custo final do processo está diretamente relacionado ao custo dos sub-processos</p> <p>c. isola-se o processo de fabricação do ambiente externo</p> <p>d. o valor de saída (do produto), está associado com os custos das entradas</p>	<p>a. ocorre similarização das atividades e oculta as atividades que não geram valor ao produto</p> <p>b. ocultam as interdependências entre as atividades</p> <p>c. sugere o aumento das atividades de não conversão por causa da coordenação</p> <p>d. oculta a chance de incremento do valor pela atenção às exigências dos clientes</p>

Fonte: Baseado em KOSKELA (1998) apud BAUERMANN (2002).

O projeto seqüencial é, portanto, caracterizado: (a) pela ausência de integração entre os intervenientes do processo (arquitetura, estrutura, sistemas prediais, etc.); (b) pela organização social de relações contratuais, mas principalmente, (c) pela dissociação arbitrária entre o projeto e a execução (SOUZA FILHO; GOUVINHAS, 2003). Os resultados diretos dessas características são respectivamente: (a) necessidade de retrabalhos e desperdícios quando da compatibilização tardia dos subprocessos; (b) ostracismo e falta de comprometimento dos subprocessos contratados com o processo como um todo; e (c) geração de projetos pouco responsáveis com a construtibilidade do produto, capazes de imputar descabidamente ao pessoal de execução a responsabilidade por tomadas de decisões.

A figura 2.3 ilustra, esquemática e genericamente, o processo convencional de

projeto.

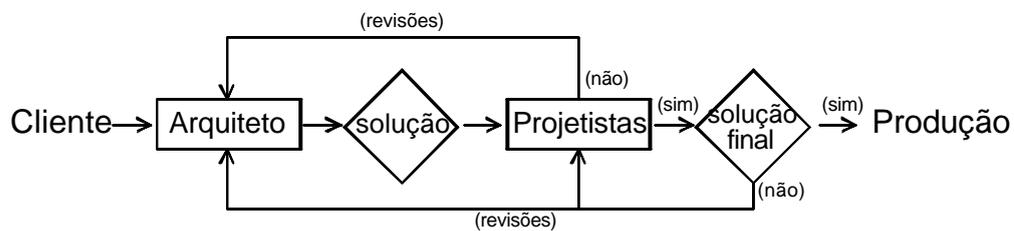


Figura 2.3 – Diagrama esquemático do processo convencional de projeto.
 FONTE: Adaptado de BAUERMANN (2002).

2.3.2 PROJETO SIMULTÂNEO: UMA APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Em sua tese de doutorado, FABRÍCIO (2002) propõe o conceito de Projeto Simultâneo (PS) a partir da inserção dos preceitos da Engenharia Simultânea (ES) na indústria da construção. Portanto, para um melhor entendimento do que vem a ser o PS, serão introduzidos primeiramente os conceitos da ES.

ENGENHARIA SIMULTÂNEA:

Assim como o modelo convencional, a ES foi gerada no interior das indústrias seriadas, a partir da evolução dos modelos de gestão. O esgotamento do modelo taylorista-fordista onde a competitividade entre os produtores era baseada no valor-trabalho, dá lugar ao novo paradigma baseado no valor-desempenho (ZARIFIAN, 1999 apud FABRÍCIO, op. cit.).

Na década de 70, a indústria automobilística japonesa introduz equipes multidisciplinares para o desenvolvimento de seus produtos, formadas por funcionários de diferentes departamentos, e representantes (engenheiros) dos seus principais fornecedores (FABRÍCIO, op. cit.). Instaura-se, dessa forma, uma simbiose entre o pensamento projetual e sua construtibilidade, princípios básicos da ES. A consolidação da ES ocorre na década seguinte com a disseminação dos conceitos de produção japoneses nas indústrias ocidentais.

BROUGHTON (1990) apud LOPES (2001) define

A engenharia simultânea visa otimizar o projeto do produto e

do processo de manufatura para conseguir reduzir tempo de desenvolvimento e melhorar a qualidade e os custos através da integração das atividades de projeto e manufatura e da maximização do paralelismo nas práticas de trabalho.

Outras definições são propostas por diferentes autores, privilegiando uma ou outra dimensão do processo, de acordo com o enfoque pretendido. FABRÍCIO (op. cit.) e SOUZA FILHO; GOUVINHAS (2003) destacam nas diversas pesquisas, alguns pontos básicos que caracterizam a ES:

- *Valorização do projeto desde as primeiras fases de concepção do produto.* O baixo custo do projeto, em comparação ao custo do empreendimento, gera a falsa idéia de uma pequena responsabilidade do mesmo. Na realidade as decisões na fase de projeto são as que têm maior impacto sobre o custo do processo, sua qualidade e o tempo de execução. O amadurecimento precoce do empreendimento de forma integrada e multidisciplinar, resguarda a necessidade de intervenções a jusante do processo, quando os custos das mudanças são mais elevados (figura 2.4).

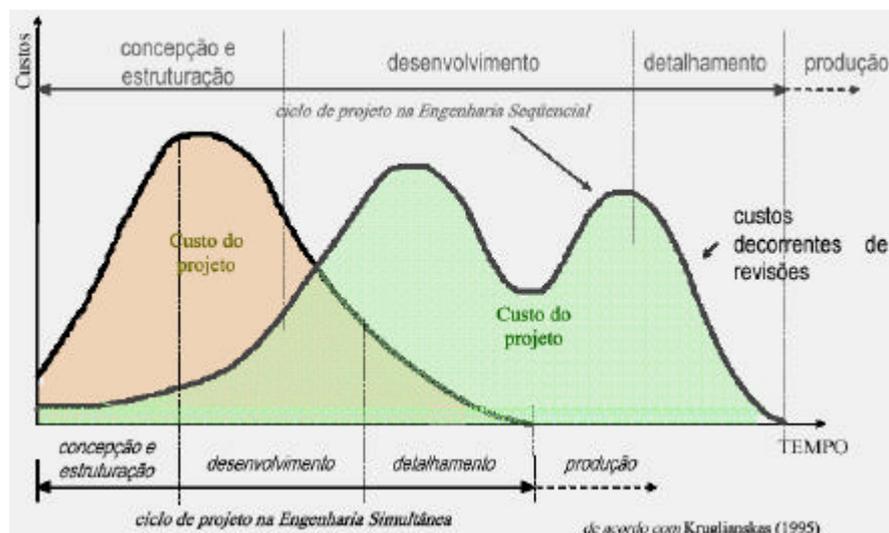


Figura 2.4 – Desenvolvimento do produto na ES x Engenharia convencional.

FONTE: KRUGLIANSKAS (1995) apud FABRÍCIO (2002).

- *Realização simultânea das várias atividades do processo de desenvolvimento do produto e da produção.* A execução o mais

paralelamente possível das atividades do processo objetiva uma redução no tempo de produção permitindo o lançamento dos produtos no mercado antes da concorrência, além de promover uma maior integração entre os intervenientes.

- *Equipes multidisciplinares de trabalho durante todo o processo.* O trabalho em equipe promove um nivelamento de informações entre os especialistas garantindo maior eficácia nas respostas às demandas dos clientes e, dessa forma, o *valor* do produto. Além disso, o caráter multidisciplinar é o agente facilitador do desenvolvimento das atividades paralelas integradas, reduzindo os retrabalhos em estágios mais avançados do processo. Para se conseguir os efeitos desejados, a estrutura organizacional deve privilegiar o sistema matricial, mesmo que centrado no papel de um coordenador, em oposição à hierarquia somente vertical.
- *Percepção do produto envolvendo todo seu ciclo de vida.* O produto é visto sob a ótica de um contexto sócio-econômico diversificado e dinâmico, definido no âmbito das demandas dos clientes, sua concepção, projeto, produção, utilização, readaptação, descarte e reaproveitamento.
- *Foco na satisfação das demandas dos clientes e do mercado.* Identificar as novas necessidades dos clientes e do mercado e atendê-las rapidamente é uma das premissas da ES. Este conceito vem da aplicação dos conceitos atuais de qualidade do produto baseada na satisfação do cliente.
- *Tecnologia da informação.* O uso intensivo da informática e da telecomunicação como ferramentas de apoio promovem maior agilidade e integração entre os intervenientes do processo.

Baseado nas considerações de FABRICIO (op. cit.), o Quadro 2.3 apresenta as principais características e objetivos da ES.

Quadro 2.3 – Principais características e benefícios da ES.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • ênfase na concepção do produto e valorização do projeto • desenvolvimento conjunto do projeto do produto e da produção • equipes multidisciplinares e integradas • uso da informática e de novas tecnologias da informação como ferramentas de apoio • orientação para satisfação dos clientes internos e externos
PRINCIPAIS OBJETIVOS E BENEFÍCIOS	<ul style="list-style-type: none"> • redução no tempo de projeto • introdução de inovações • ampliação da qualidade no ciclo de vida dos produtos e serviços • aumento da manufaturabilidade dos projetos e da eficiência dos processos produtivos

Fonte: Adaptado de FABRÍCIO (2002).

PROJETO SIMULTÂNEO:

A simples aplicação dos conceitos da ES na indústria da construção assim como foram gerados não se faz possível, sendo necessário o desenvolvimento de modelos e metodologias próprias ao setor. Mesmo o termo Engenharia Simultânea é discutido nesta transposição de setores, tendo MELHADO (1998) e FABRÍCIO (2002) adotado o termo “Projeto Simultâneo” em se tratando da construção civil. A justificativa para tal vem do fato de a complexidade da indústria da construção compreender questões que extrapolam o campo das engenharias, tais como questões fundiárias, urbanísticas, culturais, históricas e outras (FABRÍCIO, op cit.).

Dentro deste contexto FABRÍCIO (op. cit.) define o Projeto Simultâneo na construção de edifícios como

(...) o desenvolvimento integrado das diferentes dimensões do empreendimento, envolvendo a formulação conjunta da operação imobiliária, do programa de necessidades, da concepção arquitetônica e tecnológica do edifício e do projeto para produção, realizado por meio da colaboração

entre o agente promotor, a construtora e os projetistas, considerando as funções sub-empregados e fornecedores de materiais, de forma a orientar o projeto à qualidade ao longo do ciclo de produção e uso do empreendimento.

Sendo assim, os principais elementos reconhecidos por FABRÍCIO (op. cit.) para implantação do PS, assim como seus objetivos principais, são apresentados no Quadro 2.4.

Quadro 2.4 – Elementos básicos para introdução e objetivos do PS.

ELEMENTOS BASICOS PARA INTRODUÇÃO DO PS	<ul style="list-style-type: none"> • <i>valorização do projeto e precoce interação entre os intervenientes</i> • <i>transformação cultural da contratação com a valorização das parcerias entre os agentes</i> • <i>reorganização do processo de projeto buscando uma coordenação concomitante</i> • <i>introdução de novas tecnologias de informática e telecomunicação na gestão do processo de projeto</i>
OBJETIVOS PRINCIPAIS	<ul style="list-style-type: none"> • <i>aumento da qualidade de projeto, conseqüentemente do produto⁶</i> • <i>maior construtibilidade do projeto</i> • <i>base mais sólida para introdução de novas tecnologias e métodos no processo de produção</i> • <i>eventualmente redução do prazo de execução decorrente redução tempo de projeto</i>

Fonte: Adaptado de FABRÍCIO (2002).

Partindo deste panorama, FABRÍCIO (2002) desenvolve um modelo genérico para um planejamento esquemático do processo de projeto que possa ser adaptável às características particulares de cada projeto (figura 2.5). No modelo privilegia-se a mobilização e a coordenação dos principais agentes do processo nas interfaces das cinco dimensões gerais do empreendimento simultaneamente (desenvolvimento vertical do modelo). A organização linear é estabelecida simplificadamente a partir das macro-fases de desenvolvimento intelectual do projeto (levantamento, concepção, desenvolvimento, detalhamento), seguidas das fases do projeto como apoio à produção e uso (execução e operação).

⁶ Vale ressaltar que um produto de qualidade geralmente é condicionado, mas não garantido, pela qualidade do projeto.

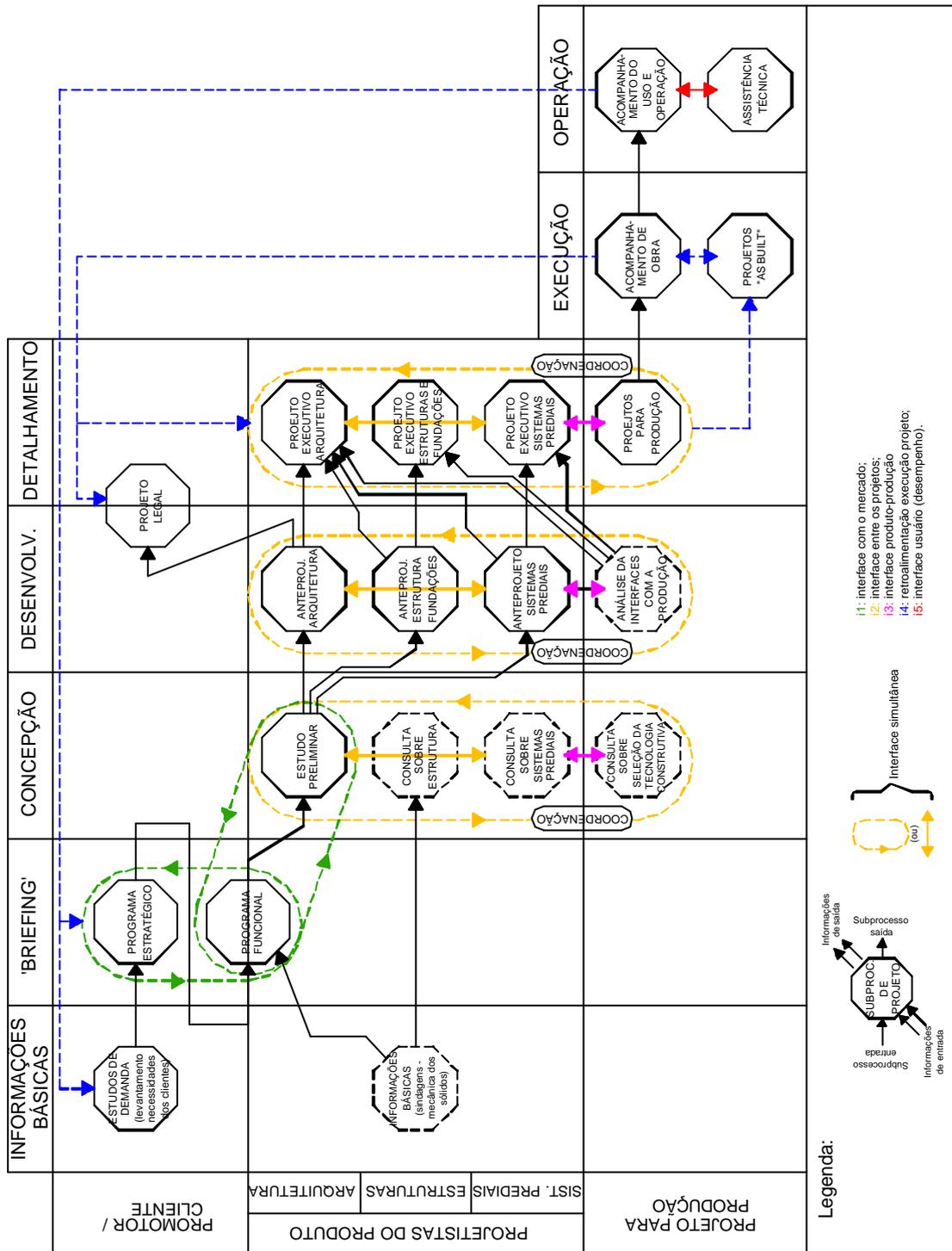


Figura 2.5 – Modelo genérico esquemático para organização do Projeto Simultâneo. FONTE: Adaptado de FABRICIO (2002).

2.3.3 TRANSFORMAÇÃO-FLUXO-VALOR

Se alguns modelos buscam dar ênfase ao caráter quantitativo do processo, com a definição de etapas de projeto e suas inter-relações, o modelo Transformação-Fluxo-Valor (TFV) desenvolvido por KOSKELA (2000) abrange o caráter qualitativo.

Os conceitos fundamentais para desenvolvimento do modelo de processo baseiam-se na Nova Filosofia de Produção, que, por sua vez, origina-se nas filosofias *Just in Time* (JIT) e *Total Quality Management* (TQM) (TZORTZOPOULOS et al., 1998).

A partir dos conceitos desenvolvidos por KOSKELA (2000), BAUERMANN (2002) elucida de forma generalizada as três instâncias da teoria TFV:

- *o projeto como processo de transformação*: caracteriza a conversão de entradas em saídas, podendo a atividade dos projetistas ser considerada como a transformação propriamente dita (TZORTZOPOULOS et al., 1998);
- *o projeto como processo de fluxo*: definem-se quatro diferentes atividades no fluxo de informações: conversão, inspeção, espera e movimento (figura 2.6). Pela visão de fluxo, os recursos para melhoria do processo partem da redução do tempo de ciclo, porque a etapa que gera valor ao produto (conversão) é relativamente pequena em comparação ao todo. Almeja-se portanto a eliminação dos desperdícios, que são entendidos como os retrabalhos decorrentes da falta de informações, mudanças de escopo, erros, etc.; o tempo de transferência e espera de informação; o trabalho desnecessário devido a informações insuficientes e as soluções tecnológicas incompatíveis com o processo;

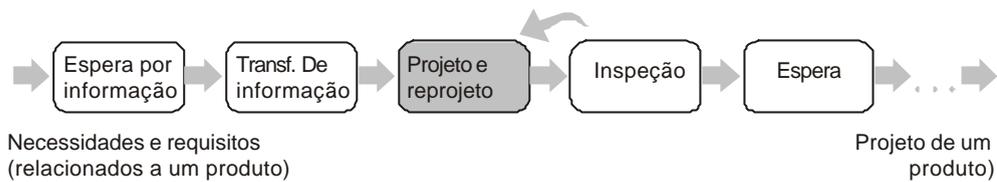


Figura 2.6 – Modelo de fluxo do processo de projeto (HUOVILA et al., 1997)
FONTE: TZORTZOPOULOS; FORMOSO (2002).

- *o projeto como um processo de geração de valor.* a satisfação das necessidades e exigências dos clientes é o gerador de valor do processo. Aponta-se pelo menos três possibilidades de perda nesse processo: a não tradução das necessidades dos clientes, a perda do foco nas exigências ao longo do processo ou a não compatibilização das exigências com a capacidade de produção.

Do ponto de vista do cliente somente as etapas de conversão agregam valor ao produto, porém para uma melhor performance da aplicação do processo é necessário que se tenha um balanceamento entre as três visões complementares do processo.

2.4 A GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO

A tendência da indústria da construção é uma crescente sistematização de todo o processo com o incremento cada vez maior de especialidades dos profissionais envolvidos. Junte-se a isso a introdução maciça da tecnologia da informação e tem-se como resultado um processo cada vez mais complexo. Mesmo com a introdução dos paradigmas de processo do projeto, tem-se a necessidade do controle do processo, a partir de uma gestão atrelada ao papel do coordenador, a fim de garantir a visão sistêmica entre todas as fases do empreendimento.

De acordo com MELHADO (2004), a questão de “gestão do processo de projeto” tomou destaque durante a década de 90, a partir de um grande número de pesquisas sobre o tema, com a introdução dos conceitos de gestão da qualidade (conceito hoje predominante), e com o desenvolvimento de eventos específicos para o fomento da discussão do tema na interface do meio científico com o mercado⁷. Para o presente momento, o mesmo autor discute as fronteiras da gestão do processo, tais como:

- *redefinição do perfil e das atividades do coordenador*: fator cada vez mais importante no ambiente do processo de projetos, sendo necessário que se defina o perfil do coordenador, sua formação e atuação (divergentes entre os autores);
- *preparação da execução das obras*: a continuidade da atuação do coordenador na interface projeto-produção melhora a eficácia na etapa de produção;
- *metodologia de gestão do processo de projeto*: a materialização da gestão é propiciada por meio de procedimentos de contratação, coordenação, análise crítica e controle de projetos;
- *retroalimentação do processo*: o registro do processo possibilita a transparência do mesmo, identificando os pontos falhos de forma a auxiliar o detalhamento de novos empreendimentos;
- *melhoria interna (projetistas) da gestão do processo*: definição da gestão interna das empresas de projeto a partir de modelos próprios ou preestabelecidos pelo empreendedor;
- *aplicações da Tecnologia da Informação*: desenvolvimento de ferramentas específicas e potencialização daquelas subutilizadas.

⁷ No ano de 2005 realiza-se o V WorkShop de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, sendo que paralelamente a este vêm ocorrendo os workshops regionais (Rio do Janeiro, Porto Alegre e Belo Horizonte (<http://www.gestaoprojetos.org.br/>), por exemplo).

Dentre estas, a coordenação de projetos é indicada como a única ação envolvida tanto no desenvolvimento do produto, como no projeto para a produção, devendo também acompanhar a própria produção.

2.4.1 COORDENAÇÃO DO PROCESSO

Um ponto comum na bibliografia consultada é o reconhecimento da necessidade de um coordenador no processo de projeto, com a atribuição de conciliar os interesses e fomentar o intercâmbio entre os intervenientes, além de manter o foco no objetivo global.

FABRICIO (2002) citando SOUZA (1997), define a coordenação de projeto como a

(...) função gerencial a ser desempenhada no processo de elaboração de projeto, com a finalidade de assegurar a qualidade do projeto como um todo durante o processo. Trata-se de garantir que as soluções adotadas tenham sido suficientemente abrangentes, integradas e detalhadas e que, após terminado o projeto, a execução ocorra de forma contínua, sem interrupções e improvisos devidos ao projeto.

Sendo assim, o coordenador deve objetivar dentre outras, as ações de: (FABRICIO, op. cit.; FONTENELLE et al., 2002)

- (a) garantir a objetividade do processo e definir os parâmetros a serem seguidos;
- (b) incentivar e gerenciar a comunicação e troca de informações entre os especialistas;
- (c) promover a compatibilização dos projetos;
- (d) garantir a coerência das soluções em projeto e o modo de produção;
- (e) controlar e garantir a qualidade do projeto, e

- (f) gerenciar as etapas de desenvolvimento do projeto para que sejam executadas conforme os parâmetros estabelecidos (custos, prazos, especificações técnicas, etc.).

Para o cumprimento desses objetivos, os coordenadores devem possuir algumas características pessoais como liderança, facilidade de comunicação, capacidade motivacional e de gerar decisões. Devem possuir também um conhecimento técnico abrangente sendo capaz de se relacionar com todos os especialistas envolvidos no processo, ter conhecimento de normas e estar atualizado tecnologicamente (NOVAES; FUGAZZA, 2002 apud FABRICIO, op. cit. e RODRÍGUEZ; HEINECK, 2001).

A partir desse contexto existe uma divergência quanto à formação profissional mais indicada à coordenação de projetos. O procedimento mais comum é encarregar tal tarefa ao arquiteto, por ser ele o provedor do projeto que estabelece as diretrizes dos demais. Porém alguns autores discutem a limitação técnica do arquiteto no que diz respeito aos sistemas produtivos (proveniente de uma formação deficitária neste campo), abrindo o mercado para a atuação de outros profissionais na coordenação do processo de projetos.

Assim, NOVAES; FUGAZZA (2002) apud FABRICIO (op. cit.), indicam que as três principais alternativas para a coordenação de projetos são:

- *a coordenação a cargo do arquiteto projetista da obra;*
- *a coordenação a cargo de um departamento ou profissional (arquiteto ou engenheiro) da empresa construtora; ou*
- *a contratação de uma empresa de consultoria especializada na coordenação de projetos.*⁸

⁸ Em sua pesquisa, FABRICIO (2002) aborda os aspectos positivos e negativos de cada alternativa de coordenação.

2.4.2 A GESTÃO DA QUALIDADE DO PROCESSO DE PROJETO

A qualidade na atividade de projeto acompanha a mesma distinção de produto e serviço do projeto (MELHADO; AGOPYAN, 1995 e ANDERY, 2003). Em relação ao primeiro conceito (projeto como produto), a qualidade é verificada na conformidade dos padrões estabelecidos como, a qualidade do programa da edificação, das soluções projetuais e da representação formal. Inserido neste contexto tem-se a gestão do “valor” a partir das condicionantes de atendimento às exigências e necessidades dos clientes, a construtibilidade, dentre outros.

A qualidade para o segundo conceito (projeto como processo), será consequência dos procedimentos estabelecidos durante todo o ciclo de vida da edificação.

Como o foco da gestão da qualidade, segundo vários autores, está no processo de projeto, a qualidade do projeto como produto acaba por adquirir uma forma indireta, ou seja, a partir do momento em que se produz um processo com qualidade, gera-se a qualidade do projeto (ANDERY, op. cit.). Porém, há de se ressaltar que a geração de qualidade no processo é premissa, mas não garantia de um produto de qualidade em sua natureza arquitetônica.

Assim, FONTENELLE; MELHADO (2002) definem “gestão do processo” como: “o conjunto de ações envolvidas no planejamento (planificação), organização, direção e controle do processo de projeto numa empresa de incorporação e construção”.

Contudo, segundo ANDERY (op. cit.), a implantação de sistemas de garantias da qualidade em escritórios de projeto é um dado bastante recente, visto que em um primeiro momento esta articulação se limitava às empresas construtoras. Mesmo estas foram sofrer um incremento no início da década de 90, com o surgimento do Programa QUALIHAB do Estado de São Paulo e, posteriormente com o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no

Habitat (PBQP-H)⁹. Estes programas faziam uso de seu poder de compra a fim de exigirem dos fornecedores requisitos dos chamados Sistemas de Qualificação (SiQs) que, por sua vez, estruturam-se na norma brasileira NBR ISO9002:1994 (ALVES, 2001 e MELHADO, 2003).

Também na década de 90, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), traduziu e adotou na íntegra as normas da série ISO¹⁰9000, que tratam do sistema de gestão para projetar, produzir e fornecer produtos, e dos serviços associados a esse produto.

Porém, no que diz respeito à eficácia de sua implantação, existem posições polêmicas entre os autores. Alguns acreditam que a norma enfoca, quase que exclusivamente, a racionalização da administração interna das empresas, com inexpressiva relação com os sistemas produtivos no canteiro de obras e com o produto final (DISSANAYAKA et al., 2001 apud ANDERY, op. cit.). Por outro lado, alguns autores acreditam que a implantação da norma serve de pano de fundo para a introdução de novas formas de racionalização da produção.

ANDERY (op. cit.) analisou o processo de certificação da norma ISO9001 em duas empresas relacionadas à área de projetos arquitetônicos, e ressalta algumas observações dos resultados obtidos:

- *Reestruturação do processo de projeto*: a primeira necessidade encontrada pelas empresas foi o estabelecimento de um macro-fluxo de projeto, com a definição de todas as etapas, as entradas e saídas de informações, as interfaces com o cliente, etc. Porém, é importante ressaltar a flexibilidade empreendida a esse macro-fluxo, de forma a ser adaptado aos diferentes requisitos específicos de cada projeto,

⁹ Trata-se de uma parceria entre o setor público e privado tendo como objetivo geral é gerar produtos com qualidade para o consumidor da habitação, melhorando a qualidade do habitat e modernizando a produção. A adesão ao programa é voluntária, e envolve: qualificação de construtoras e projetistas, melhoria da qualidade de materiais, formação e re-qualificação de mão-de-obra, normalização técnica, capacitação de laboratórios, aprovação técnica de tecnologias inovadoras, e comunicação e troca de informações. Espera-se com isso melhoria da qualidade não só de produtos, mas também de serviços, um aumento da competitividade no setor, redução de custos e otimização do uso de recursos públicos.

reduzindo ou ampliando as etapas de projeto. Essa flexibilização é o fator determinante da eficácia do sistema de gestão.

- *Melhoria da interface com o cliente*: o estabelecimento de procedimentos padrão para uma captação mais robusta das necessidades dos clientes produz um programa de necessidades eficaz e reflete na redução do tempo de aprovação dos estudos preliminares.
- *Documentação dos procedimentos*: o registro de todo processo torna a troca de informações transparente e nivelada entre os intervenientes do processo, provocando as respostas mais rápidas e eficazes.
- *Padronização dos procedimentos*: falar a mesma “língua” em termos de nomenclaturas, representações e caminhamento do projeto, reduz retrabalhos, favorece a compatibilização e diminui o tempo de desenho (inserção de bibliotecas¹¹ padrão).
- *Utilização de recursos computacionais*: considerados essenciais no desempenho do sistema, facilita a comunicação entre os membros da equipe e com os profissionais externos.
- *Melhoria da administração interna*: apesar de não estar diretamente relacionado à atividade de projetos, é o aspecto mais ressaltado na implantação do sistema de qualidade.

Este último aspecto reforça a idéia de alguns autores de que a garantia da qualidade do processo de projeto está relacionada à gestão de qualidade da empresa, portanto não necessariamente vinculada a uma norma. Sendo assim, esses autores sugerem requisitos para o sistema de qualidade em empresas de projeto, por exemplo, como os sugeridos por MELHADO (2001) apud ANDERY (op. cit.): (a) gestão da documentação dos projetos; (b) gestão dos

¹⁰ A organização ISO (International Organization for Standardization) desenvolve acordos internacionais através de processos consensuais com o objetivo de publicar as normas internacionais (ALVES, 2001).

¹¹ A biblioteca é um banco de dados de desenhos ou acessórios recorrentes nas apresentações gráficas, e que são inseridos nas mesmas acelerando o processo de desenho.

recursos humanos e materiais; (c) gestão da interface com o cliente; (d) implantação de um sistema de qualidade administrativo; e (e) aferição e análise de resultados e implantação de melhorias.

Dentre o restrito número de empresas de projeto certificadas na ISO9001, percebe-se que a maioria é representada por escritórios de projetos estruturais e complementares, com inexpressiva presença de escritórios de arquitetura¹². Para MELHADO (2004), as deficiências de gestão da qualidade nas empresas de projeto de arquitetura dizem respeito à gestão dos recursos humanos, às interfaces com os clientes e aos procedimentos em geral, devido ao grau de informalidade com que são praticados.

Em resumo tem-se que a implantação de um sistema de garantia de qualidade racionaliza o processo de projeto, refletindo positivamente no produto final, tanto no tocante à interface com o cliente quanto na apresentação dos projetos (ANDERY, op. cit.).

2.5 INOVAÇÕES DE TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS, RACIONALIZAÇÃO E O PROCESSO DE PROJETO

No desenvolvimento de sua tese de doutorado, REZENDE (2003) identifica alguns fatores motivacionais para a introdução de inovações tecnológicas na construção de edificações brasileiras, dentre as quais citam-se:

- *necessidades dos clientes e usuários (internos ou externos):* são exemplos de exigências capazes de alterar a tecnologia construtiva, a necessidade de prazos mais curtos de produção e a redução do impacto ambiental;
- *paradigma tecnológico:* alterações no paradigma acarretam em alterações na tecnologia;

¹² Segundo ANDERY (2003) até o final de 2002 apenas três empresas de projetos arquitetônicos logradas na região metropolitana de Belo Horizonte possuíam certificação ISO.

- *situação econômica*: não só o custo da tecnologia, como também a política econômica do governo têm relação direta sobre a sobrevivência das inovações no mercado;
- *novas formas organizacionais*: permitem maior eficiência, redução de custos e aumento da qualidade e, dessa forma, também uma ampliação dos lucros;
- *novos materiais, componentes e insumos, ou novas ferramentas, equipamentos e máquinas*: representam uma das maiores origens de introdução das inovações tecnológicas;
- *mão-de-obra*: o perfil da mão-de-obra disponível traz influências diretas em todo o processo de inovações tecnológicas;
- *concorrência, vantagem competitiva*: o nivelamento com a concorrência ou a possibilidade de inovação no mercado são grande indutores do avanço da tecnologia construtiva;
- *problemas ou melhorias nos materiais ou tecnologias existentes*: o aperfeiçoamento dos mesmos podem gerar novas tecnologias;
- *mediadores da inovação*: são geralmente os institutos de pesquisas, ou seja, agentes idôneos capazes de analisar as inovações e introduzi-las no mercado com imparcialidade e portanto maior aceitação.

Em relação à tecnologia em aço na construção brasileira, mais especificamente em Minas Gerais, REZENDE (op. cit.) destaca ainda algumas mudanças que contribuíram para sua difusão na década de 90, tais como: (a) a introdução nos cursos de graduação em engenharia e arquitetura de disciplinas relacionadas ao cálculo e uso da estrutura metálica; (b) a atuação de associações de classes ligadas ao setor e o marketing das siderúrgicas; (c) publicação e divulgação de obras sobre o tema; e (d) revisão das normas de cálculo e construção de estruturas metálicas.

Essas várias motivações e mudanças de panorama são o “porquê” da introdução das novas tecnologias construtivas, porém a “porta de entrada” para que estas sejam consolidadas no canteiro de obras não tem outro caminho que não através de um processo de projeto racionalizado (BARROS; SABBATINI, 2003).

2.5.1 O CONCEITO DE RACIONALIZAÇÃO

BARROS; SABBATINI (2003) e FRANCO (1996) corroboram a afirmativa de que o melhor caminho para o início da evolução tecnológica do setor da construção seja a introdução de mudanças tecnológicas conciliadas ao processo construtivo tradicional, através da aplicação dos princípios da racionalização construtiva. E, nesse processo evolutivo, SABBATINI (1989) apud FRANCO (op. cit.) indica a racionalização construtiva como uma “ferramenta” para a industrialização.

Dentre alguns autores que procuraram conceituar a racionalização construtiva, SABBATINI (op. cit.) apud FRANCO (op. cit.) define

(...) racionalização construtiva é um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em toda as suas fases.

Dentre os princípios básicos para implementação da racionalização construtiva de forma a orientar todo o processo de produção do edifício, FRANCO (op. cit.) destaca:

- construtibilidade: uso otimizado do conhecimento das técnicas construtivas e da experiência na área de planejamento, projeto, contratação e da operação em campo para se atingir os objetivos globais do empreendimento (Construction Industry Institute, 1986 apud FRANCO, 1996);

- desempenho: entendido como a forma de comportamento do produto durante sua utilização;
- garantia da qualidade: relacionado ao atendimento às exigências e necessidades dos clientes.

E, sendo assim, a incorporação desses conceitos no processo de projeto, se dá através da organização do mesmo de acordo com os paradigmas e a gestão do processo como descritos anteriormente.

2.5.2 O PROCESSO DE PROJETO E O SISTEMA CONSTRUTIVO EM AÇO

A diferenciação do sistema tradicional em concreto para o sistema construtivo em aço não ocorre pura e simplesmente por uma troca de materiais, existindo toda uma modificação no conceito da produção. Enquanto no primeiro a maioria dos trabalhos são realizados na obra, no segundo grande parcela destes são executados fora da mesma, configurando o sistema industrializado¹³. Essa característica gera implicações diretas no processo de projeto, reforçando a simultaneidade das atividades e, conseqüentemente, a redução do tempo de execução.

Além das etapas de concepção e de desenvolvimento do produto projeto, o subprocesso da estrutura metálica possui fases de negociação e contratação da estrutura, assim como de fabricação, transporte e montagem.

A figura 2.7 ilustra esquematicamente o subprocesso de projeto da estrutura, contemplando seu ciclo produtivo.

Na prática mercadológica, o que se observa é que, dentro das grandes empresas fabricantes e construtoras de estrutura metálica, existem os setores diferenciados de projeto desenvolvendo as distintas atividades de forma

¹³ O conceito de industrialização será aprofundado no capítulo 5, quando trataremos das questões de fabricação da estrutura metálica.

integrada. A problemática é que essas grandes empresas concentram-se em um rol de clientes de grande porte. Logo, às obras de pequeno porte resta o mercado dos pequenos fabricantes, que na maioria das vezes não possuem o setor de projetos em seu organograma. Sendo assim, os projetos são desenvolvidos nos escritórios de cálculo especializados, tornando a interface com a produção mais complexa, conseqüentemente necessitando de uma coordenação mais robusta. Percebe-se ainda que, nesta sistemática de desenvolvimento do processo, as diferentes atividades de projeto de estrutura, acabam por ser condensadas em um único projeto, talvez pela necessidade do escritório dar rotatividade à sua produção. O resultado, geralmente, é um produto incompleto que compromete a qualidade de todo o processo.

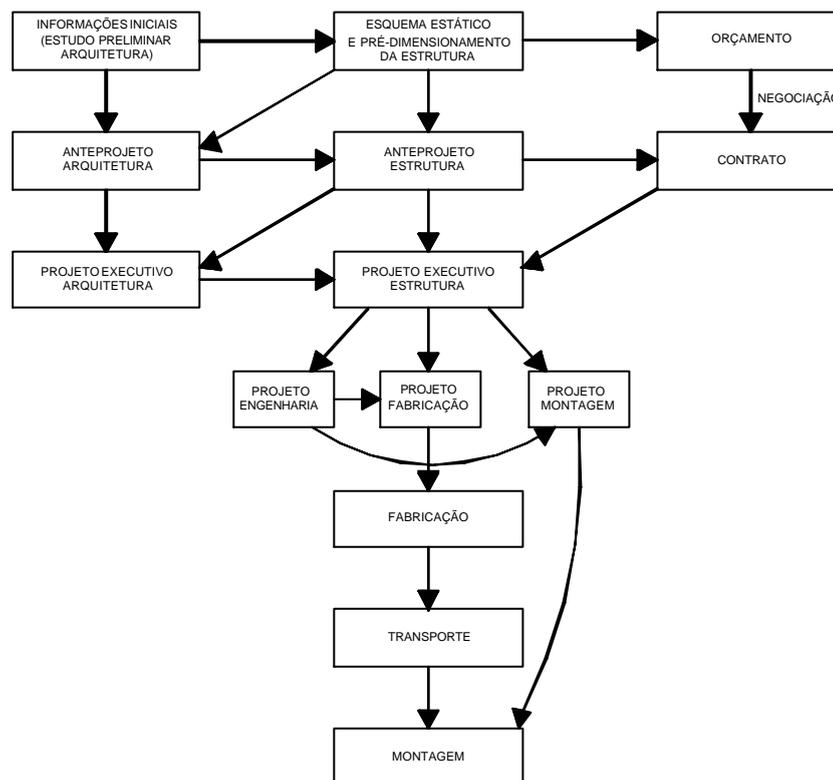


Figura 2.7 – Ciclo produtivo do subprocesso de projeto da estrutura metálica.

No que diz respeito ao projeto como produto, DIAS (1997) ressalta que, para o projeto de estrutura de uma obra em aço ser completo, ele precisa envolver três atividades distintas e complementares: projeto de engenharia, projeto de

fabricação e projeto de montagem (como representado no diagrama esquemático da figura 2.7).

O PROJETO DE ENGENHARIA

A finalidade do projeto de engenharia é a definição do cálculo estrutural propriamente dito, sendo desenvolvido por engenheiros calculistas especializados em estrutura metálica.

O produto projeto compreende (DIAS, op. cit.): concepção do arranjo estrutural e definição dos carregamentos; definição e descrição geométrica dos tipos de perfis empregados (seções transversais, bitolas, comprimentos, etc.); definição dos vínculos estruturais; os esforços atuantes; a normatização de base; etc.

Geralmente é empregada a linguagem unifilar¹⁴ para a representação gráfica dos perfis, acompanhada de todas as cotas e anotações necessárias para uma perfeita compreensão do funcionamento estrutural. A figura 2.8 ilustra a representação do projeto de engenharia básico para um desenho de elevação de uma marquise metálica.

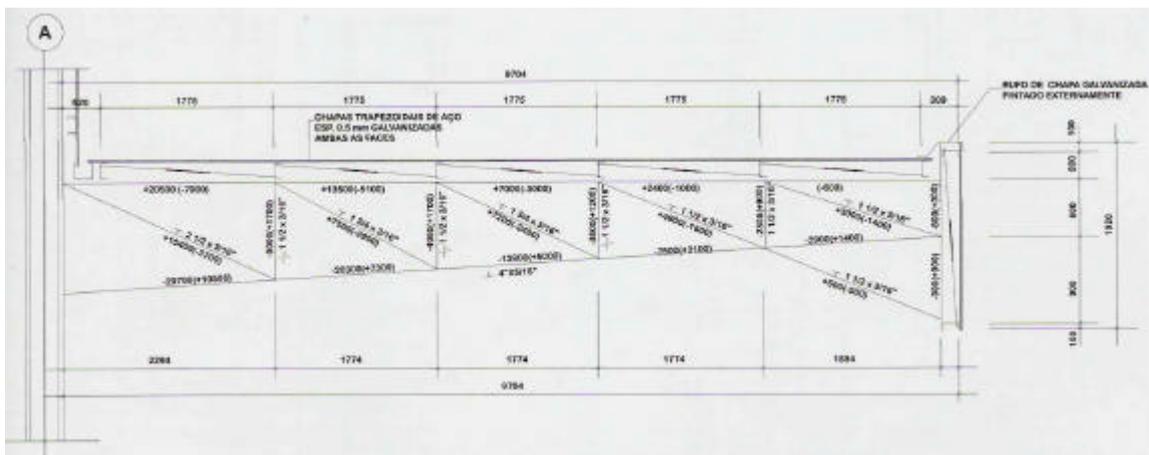


Figura 2.8 - Elevação marquise metálica: projeto de engenharia
Fonte: DIAS, 1997

¹⁴ Em um desenho unifilar os objetos tridimensionais (no caso os perfis) são representados como uma única linha, da qual se tem uma linha de chamada com a especificação do elemento.

O PROJETO DE FABRICAÇÃO

Após o projeto de engenharia, quando a estrutura é definida, o arranjo estrutural e seus elementos precisam ser detalhados em um projeto de fabricação, para então serem produzidos. Para um perfeito entendimento das peças, os desenhos não são mais unifilares, mas sim representados com suas devidas larguras, espessuras e comprimentos (as linhas vistas são representadas cheias, e as projeções em linhas tracejadas). Os desenhos podem ser produzidos fora de escala, e as peças mostradas isoladamente ou em conjunto, mas é imprescindível que se guarde as proporções corretas entre os elementos. Os projetos de fabricação são desenvolvidos por desenhistas, não necessariamente engenheiros.

A figura 2.9 mostra um detalhe ampliado da mesma marquise metálica anterior, agora em um projeto de fabricação.

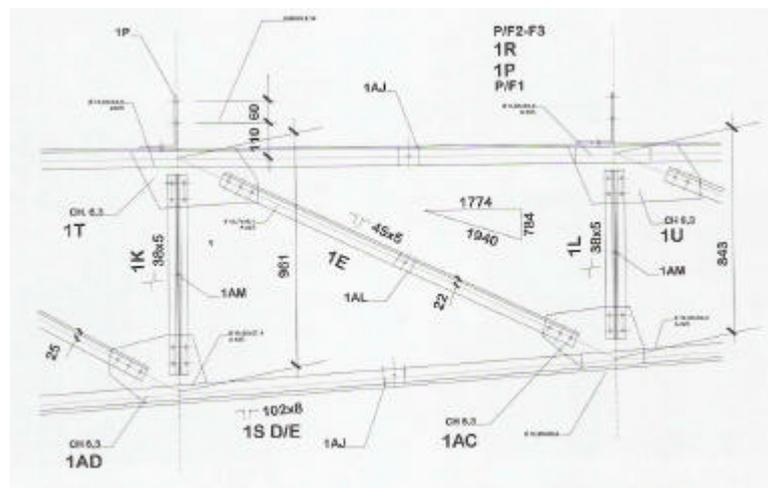


Figura 2.9 - Detalhe elevação marquise metálica: projeto de fabricação.
Fonte: DIAS, 1997

O PROJETO DE MONTAGEM

Como o próprio nome diz, o projeto de montagem visa orientar a seqüência de trabalhos no canteiro de obra. Possui uma representação esquemática em forma de diagramas, com a indicação dos números das peças, sua posição no arranjo estrutural e sua seqüência na montagem. Cabe ao calculista a responsabilidade pelo desenvolvimento do projeto de montagem e pela

necessidade de se analisar, durante a montagem, os estados limites da estrutura, de forma a preservar a mesma.

A figura 2.10 ilustra um detalhe de um projeto de montagem.

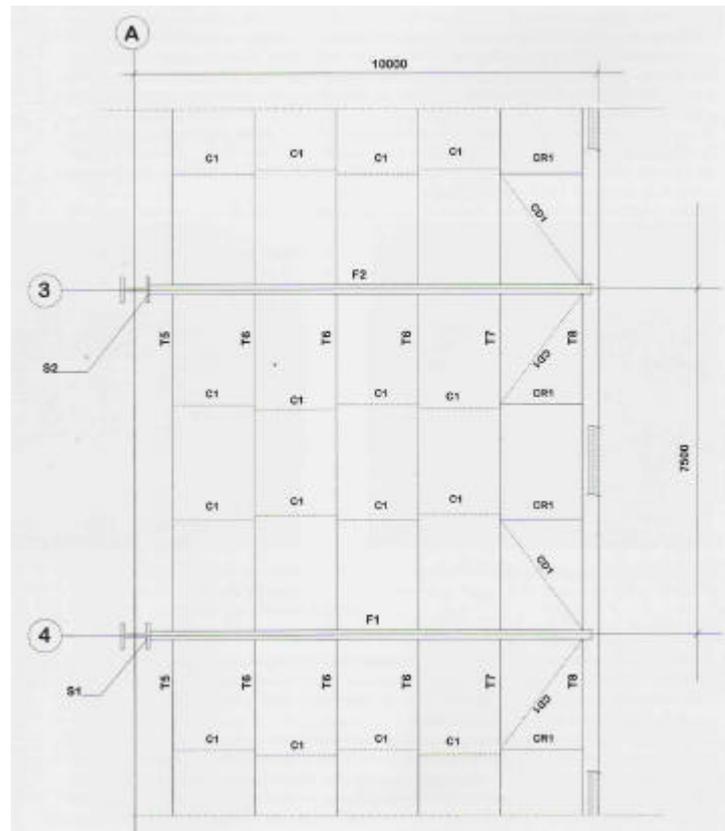


Figura 2.10 - Planta marquise metálica: projeto de montagem.
Fonte: DIAS, 1997

2.6 NOVAS FERRAMENTAS DE TRABALHO E SUAS IMPLICAÇÕES SOCIAIS

Atualmente, praticamente toda a cadeia de processo construtivo faz uso, em algum momento, da tecnologia da informática, seja para a execução de planilhas, seja para programação das máquinas de fabricação ou como ferramenta de desenho gráfico. E é neste último que a informática, chamada de infográfica (REYES, 2003), traz os maiores benefícios à cadeia pois, com o grande número de informações geradas a partir do processo de projeto e produto, e principalmente em se tratando de sistemas industrializados, a

compatibilização entre os diversos projetos se tornou ainda mais complexa.

Como relatam ALVARENGA; CALMON (2002),

(...) o desenho de componentes industrializados, destinados a encaixar-se num sistema de montagem em canteiro, pressupõe uma integração geométrica precisa entre estes diversos elementos, incluindo todos os subsistemas que os compõem como instalações, esquadrias, acabamentos e enchimentos.

Logo, o sistema tradicional de representação de coordenadas em duas dimensões, juntamente com as atuais convenções de projeto e desenho, não se mostram eficientes para esse desafio.

Surgem, então, a partir deste contexto, as ferramentas gráficas de realidade virtual, capazes de promover a simulação do objeto, possibilitando um esgotamento de ensaios de execução e, dessa forma, minimizando a ocorrência de erros no processo.

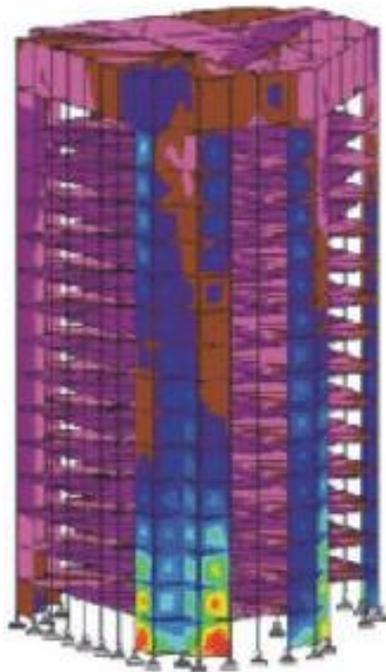
Muitos escritórios de arquitetura fazem uso da maquete eletrônica no processo de concepção, porém o destino final desta se dá na apresentação do projeto para o cliente, como forma de promover uma melhor interatividade. Tais recursos deveriam ser disponibilizados durante todo o processo melhorando o intercâmbio de informações entre os profissionais.

Já em relação ao projeto de cálculo e fabricação, esse tipo de ferramenta, bastante corriqueira na indústria mecânica, está sendo inserida na construção civil de forma ainda muito tímida. No que tange à construção metálica, alguns fatores para essa “timidez” podem ser identificados, como (a) por terem nascido no berço da indústria mecânica, geralmente estes softwares possuem a interface de cálculo insuficiente para aplicação em estruturas; e (b) por ainda não estarem disseminados no mercado, existe uma insegurança por parte dos calculistas sobre os resultados gerados nas análises.

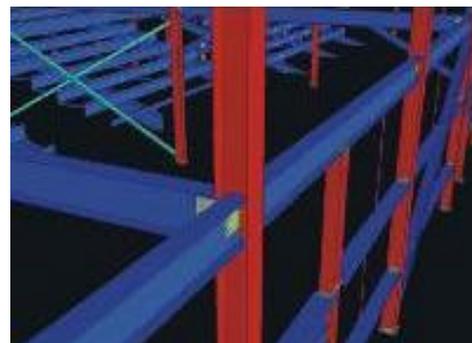
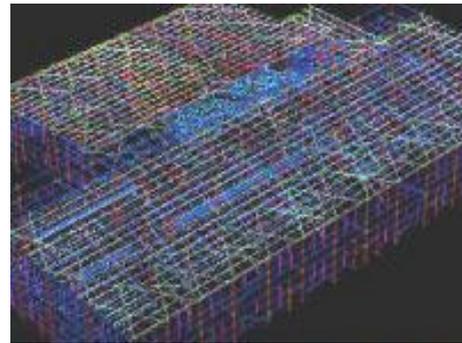
Sendo assim, muitos escritórios de cálculo preferem ainda utilizar o processo convencional, partindo dos softwares usuais de análise para a definição da

estrutura (geralmente deficientes no modelamento), para posteriormente desenvolverem os desenhos de projeto em uma plataforma¹⁵ específica.

A figura 2.11 ilustra o desenvolvimento do projeto estrutural em ambiente virtual.



(a) Análise estrutural de modelo virtual com software Staad.PRO



(b) Modelo estrutural tridimensional utilizado pela Techsteel engenharia

Figura 2.11 – Modelamento estrutural virtual – Fonte: Disponível em:

(a) <<http://www.tkbrasil.com.br/staad/index.htm>>, (b) <<http://www.techsteel.eng.br/>>. Acesso em: jun. 2005.

Devido a geometrias extremamente complexas,

(...) existem hoje projetos completamente pensados e executados de forma totalmente digital (...). Neste tipo de processos, a concepção, a análise estrutural e escolha de materiais, fundem-se e resultam na produção do projeto diretamente através de máquinas de controle numérico (CNC) (HENRIQUES; ESTEVES, 200?).

Estes processos não se desenvolvem desta forma por puro capricho dos profissionais, mas sim porque as obras resultantes não teriam outra forma de

¹⁵ O software geralmente utilizado para este fim é o Autocad. Apresenta um bom ambiente para a representação gráfica, porém é deficiente no manejo do produto, por possuir uma base paramétrica (onde a linha é a união de 2 pontos), diferentemente dos softwares baseados em funções matemáticas (onde a linha é uma equação de 1º grau, a curva uma equação de 2º grau, e assim por diante).

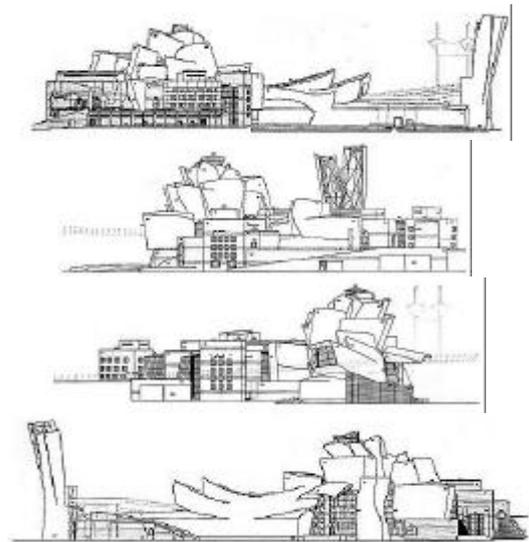
serem concebidas senão desta. O exemplo clássico desta modalidade se encontra no museu Guggenheim de Bilbao (figura 2.12). Projetado pelo arquiteto canadense Frank O. Gehry, e inaugurado em 1997, o edifício possui faces sinuosas de simples ou dupla curvaturas definidas por computação¹⁶ devidas às suas complexidades matemática.



(a) Vista ao entardecer da elevação oeste.



(b) Modelamento eletrônico.



(c) Desenhos das elevações norte, sul, leste e oeste.

Figura 2.12 – Museu Guggenheim de Bilbao – Fonte: Disponível em:

(a) <<http://forumpermanente.incubadora.fapesp.br>>, (b) e (c) <http://www.guggenheim-bilbao.escasteedificioel_edificio>. Acesso em: jun. 2005.

Algumas vezes, não somente as formas, mas o conjunto de requisitos torna os processos complexos. No caso do edifício “The Bubble” (figura 2.13), concebido a partir da forma dinâmica de duas bolhas se unindo pela força da gravidade, necessitava-se da completa transparência do invólucro a fim de se abrigar um showroom da BMW em exposições alemãs. Dessa forma descartou-se a primeira abordagem de execução baseada na concepção da casca como único elemento estrutural, devido à grande concentração de esforços na transição das “gotas”. Para a solução final, definiu-se pela

¹⁶ O. Gery utiliza um software chamado Catia, desenvolvido para a indústria aeroespacial, e adaptado para a aplicação na arquitetura por seus criadores, a empresa francesa Dassault Systems o France (AU 131, fev.2005 – Onde as invenções acontecem).

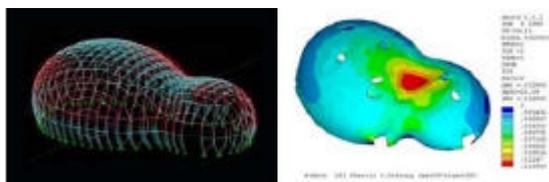
utilização de elementos estruturais principais denominados “costelas”, estabilizados por elementos transversais e confinados pelas unidades acrílicas exteriores. A estrutura foi fabricada em máquinas de Controle Numérico Computacional (CNC) de 3 eixos, já as chapas de acrílico do invólucro foram moldadas por procedimentos térmicos, sobre moldes extraídos de espumas de poliuretano por desbaste, também executados mecanicamente. Dessa forma, tem-se um processo contínuo desde o desenho até a manufatura, executado digitalmente.



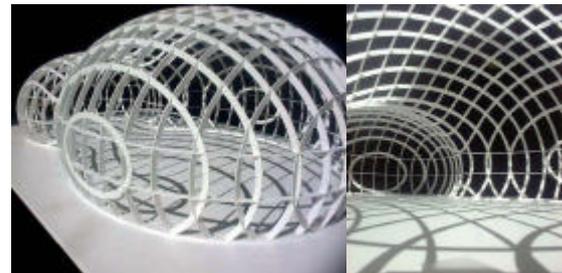
(a) Vista lateral da edificação.



(b) Desenvolvimento conceitual.



(c) Testes e estudos estruturais.



(d) Vistas externa e interna da maquete eletrônica.



(e) Montagem da estrutura.



(f) Conformação térmica das chapas de acrílico sobre moldes de poliuretano.

Figura 2.13 – The Bubble, projetado por Bernhard Franken

Fonte: Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/arquitextosarq060arq060_03.asp>

Acesso em: jun. 2005.

O crescente universo da globalização, com a abertura de mercados, interfere e extrapola também as relações sociais de trabalho. Através da rede mundial de computadores, a Internet, surge uma nova forma de projetar e de compatibilizar

projetos, quando profissionais de diferentes localidades do mundo participam de um mesmo produto. Esse fato é comum de ocorrer em empresas multinacionais, ou mesmo em concursos internacionais de arquitetura, onde geralmente o desenvolvimento do produto é realizado no local da obra, com a necessidade da interação com o vencedor do concurso (detentor da concepção). Este tipo de procedimento é necessário em virtude de condicionantes regionais das edificações tais como aspectos culturais, tipologias e práticas construtivas, bem como de normas técnicas nacionais. Portanto, uma internacionalização da cadeia de edificações deve vir precedida pela unificação de normas, nomenclaturas e requisitos de construção (FABRICIO, 2002). De acordo com BAZIN (1998) apud FABRICIO (op. cit.), essa aproximação de linguagens pode ser percebida em mercados comuns maduros, como no caso da União Européia, “onde os países membros já possuíam suas tradições e cultura técnica registradas e tem sido feito um trabalho de aproximação e unificação das práticas e normas nacionais”.

De acordo com Bruno Padovano¹⁷ (NAKAMURA, 2005), a Internet é capaz de interferir não só na relação de trabalho, mas também na organização espacial de um escritório de arquitetura. A partir do momento em que os profissionais podem se comunicar pela rede, não há necessidade de manter uma unidade física para a reunião dos mesmos, alterando naturalmente a forma de trabalho de profissionais contratados para parceiros associados.

Seguindo esta fórmula, Padovano criou uma rede de aproximadamente 100 profissionais de todo o país, regida por um termo de associação que relata a hierarquia da organização, o código de comportamento, além do processo, captação e remuneração dos trabalhos. Padovano afirma, ainda, que a abertura do mercado internacional, faz crescer também o mercado da concorrência. Foi então que, visando o crescente mercado chinês¹⁸, e para concorrerem com os grandes escritórios dos países desenvolvidos, 26

¹⁷ Arquiteto brasileiro autor de projetos na China, dentre os quais a reformulação urbana para a área central de Helie, 2003/2004.

escritórios brasileiros com grande capacidade de geração de negócios uniram-se e criaram o Brazilian Architects Group¹⁹ (BAG).

A partir do panorama que se forma, será necessário que as teorias sobre os processos de projeto evoluam no sentido de contemplar essa nova modalidade, suas interferências no projeto do produto e suas conseqüências no panorama global.

¹⁸ Até o ano de 2004, um escritório internacional só atuaria na China por intermédio de uma empresa nacional. Atualmente admite-se os contatos diretos.

¹⁹ Integram esse grupo nomes como Aflalo & Gasperini, João Filgueiras Lima, Ruy Ohtake, Carlos Bratke e Edo Rocha (NAKAMURA, 2005).

O ESTADO DA ARTE

3.1 INTRODUÇÃO

A forma residencial é a que apresenta maior diversidade de tipologias construtivas. Ela transcende a necessidade básica de abrigo, de invólucro seletivo e corretivo das manifestações climáticas. O ato de morar reflete, além da cultura na qual está inserida, os anseios e os valores individuais (LEMOS, 1996 e IISI, 1996).

Extrapolando o conceito, a morada confere ao homem a apropriação pessoal do espaço, diferenciado-o das áreas coletivas, aspecto necessário para organização da vida em comunidade.

Em relação aos padrões construtivos do morar, BENEVOLO (1976) apud PALHARES (2001), a respeito do manifesto de Gropius de 1924, diz que:

(...) a maioria dos cidadãos de um país possui hábitos uniformes de viver e de morar, (...). Todavia deve-se evitar o perigo de uma padronização demasiadamente rígida (...) e as casas devem ser projetadas de modo a levar em consideração as necessidades individuais da família e da profissão do chefe da família. Deve-se, portanto, padronizar e produzir em série não a casa inteira, mas suas partes, de modo que formem, com suas combinações, vários tipos de casa.

3.2 A EVOLUÇÃO NACIONAL DO MODO DE CONSTRUIR EDIFICAÇÕES: UM BREVE HISTÓRICO

Busca-se, neste item, uma contextualização do desenvolvimento do modo de construir principalmente no Brasil. É feita uma explanação histórica/econômica para, dessa forma, favorecer um entendimento da atual situação da construção nacional, principalmente frente às posições de outros países mais desenvolvidos.

Como relatam BRAUN; PENTEADO (2004), os índios foram os primeiros construtores brasileiros. Eles faziam suas ocas a partir de um emaranhado de raízes e cipós, amarrados a troncos de madeira e cobertos com palha. Aparentemente simples, estas construções, por vezes, apresentavam proporções monumentais, capazes de abrigar até mais de cem moradores.

Foram portanto, as técnicas indígenas de construção, a partir dos materiais locais, que ajudaram os portugueses a se manterem abrigados em meio à floresta, uma vez que, desprovidos de materiais e mão-de-obra treinada, encontravam-se impossibilitados de construir à moda do país de origem.

No início do século XVI, foram os jesuítas quem primeiro percebeu a oportunidade de utilizar a terra como material de construção, tão abundante e

acessível no país. Assim, a construção em taipa¹, dominada pelos portugueses, foi introduzida no Brasil sob duas técnicas: a taipa-de-pilão e a taipa-de-mão. De acordo com BRAUN; PENTEADO (2004), “a taipa foi indispensável para a construção da casa bandeirista”.

Na taipa-de-pilão, a terra umedecida era prensada (apiloadada), em camadas, dentro de uma fôrma de madeira, o taipal (figura 3.1). Geralmente era aplicada para as paredes estruturais externas, devido às grandes espessuras² (definidas pela distância entre as fôrmas), resultando em um bloco monolítico.

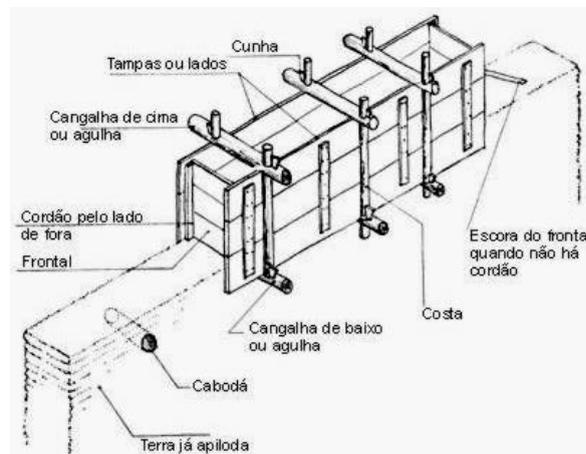


Figura 3.1 – Taipal

FONTE: Disponível em:

<<http://www.arcoweb.com.br/debate/debate62a.asp>>

Acesso em: jun. 2005.

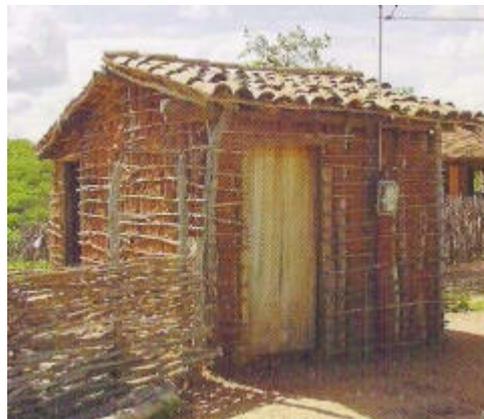
Já na taipa-de-mão ou pau-a-pique, a terra era utilizada para recobrir uma armação estrutural de madeira ou bambu, de peças de tamanhos variados (figura 3.2). Geralmente era utilizada para as divisões internas, devido à sua leveza, espessura reduzida e menor tempo de execução se comparada à taipa-de-pilão.

Ao longo do litoral do país, principalmente no litoral nordestino, deu-se o uso intensivo da pedra, a partir de meados do século XVI. Necessária para a edificação dos fortes, a construção em pedra foi possível em virtude da disponibilidade da cal (oriunda das conchas) e do óleo de peixe ou de baleia,

¹ Termo genérico designado para utilização de solo, argila ou terra como matéria-prima básica de construção.

² Segundo BRAUN; PENTEADO (2004), na igreja Matriz de Pirenópolis (São Paulo), uma das maiores obras de taipa do país, as paredes chegam a dois metros de espessura.

matérias-primas da argamassa utilizada para assentamento dos blocos (TELLES, 1984 apud BRAUN; PENTEADO, 2004). Muitas vezes porém, a pedra disponível era o granito, muito duro e difícil de ser trabalhado, necessitando que os portugueses importassem materiais de construção da Europa, como a pedra de lioz. Pode-se considerar nesta atitude a inauguração da construção pré-fabricada no Brasil, visto que, lavrada em Portugal, a pedra de lioz precisava ter seus cortes cuidadosamente detalhados, para uma montagem sem erros nas obras brasileiras.



**Figura 3.2– Construção em taipa-de-mão.
FONTE: Encarte divulgação Eletrobrás.**

Internacionalmente, a partir do século XVIII, e mais evidentemente após a Revolução Industrial, o panorama geral da construção começa a mudar, como um reflexo do pensamento científico e filosófico do século anterior, culminando no embasamento para a nova sociedade industrial. A incorporação do ferro e do concreto armado à construção civil, permite, dentre outros fatores, a construção de edifícios mais altos e a redução do tempo de execução, além de favorecer a expansão urbana. No Brasil, porém, somente no século XX os efeitos da industrialização podem ser claramente percebidos, sendo necessário primeiramente a passagem pelo século XIX como um período de transição e assimilação das novas tecnologias.

Portanto, o século XIX foi marcado pelo abandono da arquitetura colonial portuguesa e do barroco, pela adoção de novos estilos (o neoclássico no

começo do século e mais tarde o ecletismo), tipologias possíveis graças à substituição da taipa pelos tijolos de barro cozidos. Nesta época as tecnologias em concreto e ferro fundido começam a tomar corpo nas edificações, porém, sendo considerados materiais de segunda categoria, ficavam recobertos por camadas de argamassas ou alvenaria de tijolos. Tais tecnologias passarão a ser valorizadas pelos arquitetos e engenheiros a partir do século XX (BRAUN; PENTEADO,2004).

De acordo com GOMBRICH (1999), ao final do século XIX, uma parcela intelectualizada da população mundial estava cansada da produção vazia da época, com o declínio do artesanal mediante a imitação mecanizada de ornamentos sem significados atuais. Tais críticas, diferentemente de abolir a industrialização, ansiava por uma exploração concisa das capacidades inerentes de cada material. A “Nova Arte”, ou *Art Nouveau*, chegou ao Brasil no início do século XX, momento em que as estações tornaram-se símbolo da arquitetura em ferro no Brasil, e conseqüentemente da industrialização, acompanhando o surgimento das construções ferroviárias do período. Porém, por depender das tecnologias e materiais de construção importados, o estilo foi subjugado (BRAUN; PENTEADO,2004).

Com a incorporação da arquitetura moderna à cidade de tijolo foi-se incorporando o concreto. Na década de 20, os arquitetos brasileiros buscavam incorporar em seus projetos a racionalidade do processo construtivo e a industrialização dos componentes, sob o vértice de uma arquitetura nacional. Porém, dos materiais modernos, o que melhor se adaptou ao panorama de um país subdesenvolvido foi o concreto, por demandar insumos de domínio público e de fácil aquisição, além da execução artesanal absorver parte da abundante mão-de-obra não qualificada³ (BRUAND, 1991). Assim os anos seguintes presenciaram o domínio do concreto. HUGO SEGAWA (2002) apud BRAUN; PENTEADO (2004) preconiza para o momento:

³ Neste caso relaciona-se as características econômicas para o êxito da utilização do concreto armado, existem outras características para este fato como o logro alcançado pelos engenheiros calculistas em produzir estruturas mais leves e elegantes, refletindo em economia do custo (BRAUN e PENTEADO, 2004).

Canonizava-se e burocratizava-se uma postura arquitetônica. Não importava o programa de uso: da casa ao viaduto, da agência bancária ao forno crematório, (...) - era moda (ou ditadura) das grandes estruturas de concreto, do concreto aparente, das estruturas protendidas, do exibicionismo estruturado, a competição por vãos livres maiores, dos panos de vidros – imitações esvaziadas dos conteúdos elaborados por mestres como Niemeyer, Villanova Artigas e seguidores consistentes.

Com a consolidação da estrutura em concreto, começaram a surgir os arranha-céus nos horizontes urbanos, em simbologia ao progresso.

Na década de 40, logo após a Segunda Guerra Mundial, o país experimenta um período de prosperidade econômica favorecendo uma industrialização acelerada. Proliferam os grandes galpões metálicos dos parques industriais, muitas vezes com os projetos importados juntamente com as estruturas. Segundo BRUAND (1991), a importação de estruturas metálicas para edificações ocorria em grande escala no início do século, principalmente em virtude da balança comercial favorável da exportação de café e de outros produtos tropicais. Estas estruturas, no entanto, não correspondiam a influências formais, eram incorporadas às paredes e sucumbidas às tipologias a que se pretendiam imitar. A siderurgia local só tem início em 1946 quando a usina de Volta Redonda, da Companhia Siderúrgica Nacional, inaugura suas atividades, mas a princípio volta-se à indústria de bens de consumo.

O desenvolvimento das cidades, com o inchaço urbano ocorrido nesta época, gera, principalmente, o problema de acomodação da população de baixa renda que se amontoava pelas cidades (BRAUN; PENTEADO, 2004). O resultado é a favelização das cidades e o déficit habitacional. Ao longo dos anos surgem várias políticas de financiamento e construção de moradias populares, mas algumas vezes os objetivos são distorcidos, gerando falências dos órgãos de financiamento e produção de habitações de má qualidade. Surge ainda uma nova modalidade de construção residencial, a autoconstrução.

A arquitetura do concreto se torna expressiva, renovada por avanços

tecnológicos e inovações de linguagem estrutural, principalmente nas mãos do arquiteto Oscar Niemeyer, a partir de meados do século XX. As regras estruturais vigentes não importavam ao arquiteto, conferindo o devido mérito a Joaquim Cardoso, responsável pelos projetos estruturais de suas obras (BRAUN; PENTEADO, 2004).

Apesar da execução de alguns casos, a estrutura metálica ainda não avança neste período, por não se apresentar como uma solução econômica frente ao concreto armado. Assim, sua utilização direcionou-se às construções utilitárias, onde se apresentava de forma rentável, em virtude da pouca pesquisa formal, e da especificidade dos programas⁴ (BRUAND, 1991).

Nas décadas de 80 e 90, tem-se o discurso do pós-moderno, com o fim da ilusão de um Brasil membro do clube dos países desenvolvidos, gerada pelo “milagre econômico”. O estilo internacional das grandes fachadas envidraçadas (representativo durante a década de 80), começa a dar lugar a fachadas mais “movimentadas”, com diversidade de materiais, de técnicas e de linguagens arquitetônicas. As técnicas construtivas porém, avançam mais em termos de fechamentos do que de estruturas (BRAUN; PENTEADO, 2004).

Preocupações com o meio ambiente e a construção sustentável, na busca do “edifício inteligente” concebido com padrões de racionalização, vislumbram o paradigma atual da construção. Alia-se a isto a incorporação da qualidade do processo e do produto, resultados da conscientização dos usuários de seus direitos como consumidor. Essas características se mostram hoje em processo de incorporação na construção de edifícios de andares múltiplos, onde também a estrutura metálica vem sendo largamente incorporada. No que tange a edificação residencial unifamiliar, objeto principal desta pesquisa, os fatores observados em relação à estrutura metálica serão apresentados ao longo do trabalho e em suas considerações finais.

3.3 ALGUNS SISTEMAS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS PARA RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES

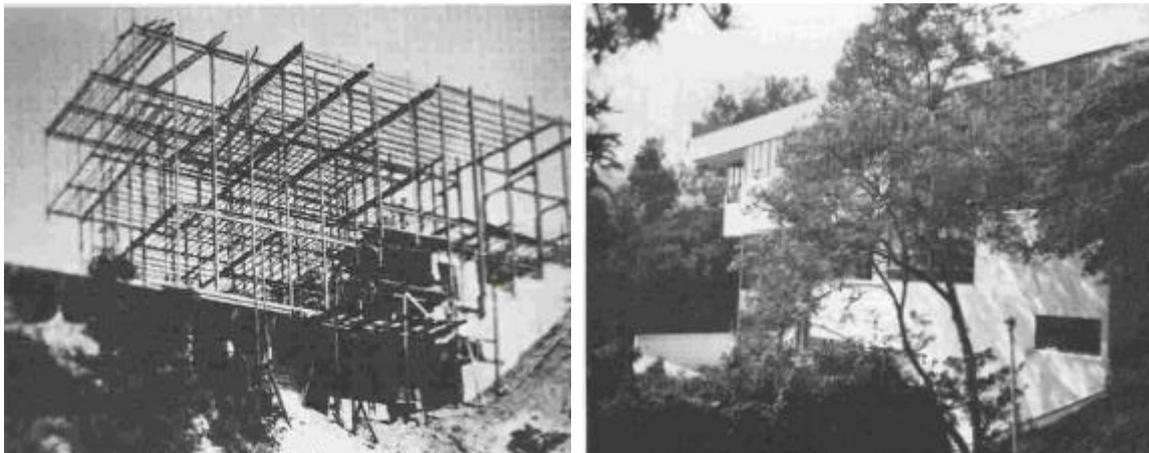
De todas as formas de construção a residencial é a que apresenta maior diversidade. Isto se deve à variada gama de materiais, além dos fatores de tradição, culturais e sociais. Esta diversidade e aplicabilidade a diferentes culturas e regiões geográficas também dizem respeito à razão da introdução do aço na construção residencial. Na Europa, por exemplo, o uso da estrutura metálica veio substituir a alvenaria; na América do Norte e Austrália em substituição aos materiais combustíveis de cobertura e à madeira, enquanto que no Japão o aço substituiu a madeira por ser mais facilmente pré-fabricado e por apresentar melhor resistência sísmica (IISI, 1996).

3.3.1 SISTEMA CONVENCIONAL

Quando utilizada como sistema convencional, a estrutura metálica será composta resumidamente por pilares e vigas estruturais, além dos contraventamentos, permitindo a exploração de grandes vãos livres. Uma das primeiras residências a utilizar como base a tecnologia dos arranha-céus, foi a Lowell House (figura 3.3), construída nos Estados Unidos no período de 1927 a 1929. Seu processo construtivo foi cuidadosamente planejado, e o resultado final proporcionou notoriedade internacional ao arquiteto Richard Neutra.

As fundações usuais neste tipo de construção são de caráter tradicional, podendo ser feitas com sapatas, brocas, estacas, tubulões ou em radier, dependendo apenas das cargas da estrutura e do tipo do solo. A fixação dos pilares metálicos nas bases de concreto é feita através de chumbadores ou de parafusos parabolt.

⁴ Erguido em 1954, o Garagem América, projeto de Rino Levi, foi o primeiro edifício em aço construído no Brasil, completamente nacional (tecnologia e projeto estrutural) (BRAUN; PENTEADO, 2004).



(a) Montagem estrutural

(b) Edificação concluída

Figura 3.3 – Lowell House, Los Angeles, Califórnia, Estados Unidos.

FONTE: Disponível em: < <http://architecture.about.com/library/bllovell-neutra.htm> >
Acesso em: jun. 2005.

Para configurar uma construção industrializada, é ideal que os elementos estruturais cheguem à obra nos tamanhos especificados em projeto e com os devidos cortes e furações, a fim de se executar a montagem no local, de acordo com projeto específico. Este projeto deve ainda indicar a necessidade de escoramentos durante a montagem, com base nos estados limites de utilização. O arranjo estrutural mais comum é o composto por pórticos planos.

Tanto os fechamentos como o tipo de cobertura podem ser de diversos sistemas construtivos e tipos de materiais, devendo ser resguardada a compatibilidade dos mesmos com o processo construtivo industrializado e com a estrutura metálica.

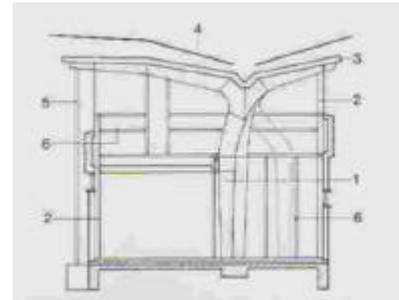
A figura 3.4 mostra alguns exemplos internacionais de residências executadas em estrutura metálica como sistema convencional.

3.3.2 SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS

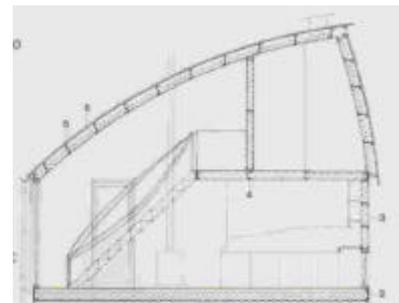
Uma vertente do setor residencial que sofreu um impulso nos últimos anos, seguindo a linha de consolidação do conceito de montagem dentro da construção civil, foi o de casas pré-fabricadas. Uma vantagem da casa pré-fabricada é que ela, geralmente, traz embutido o conceito de manutenção, tão negligenciado na construção civil brasileira.



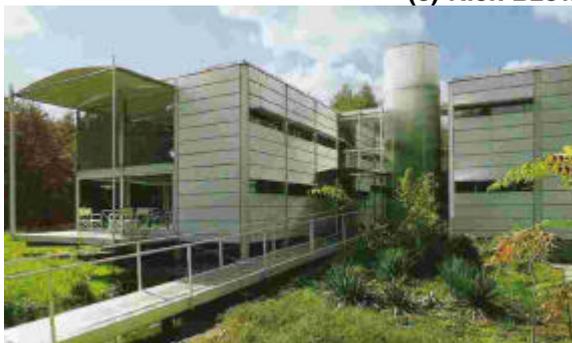
(a) Jonathan Ellis-Miller – Reino Unido



(b) René Van Zuuk - Holanda



(c) Rick Bzowy - Austrália



(d) Swinkels Passchier – Bélgica

Figura 3.4– Residências não padronizadas construídas convencionalmente em estrutura metálica - FONTE: IISI, 1996.

São sistemas desenvolvidos principalmente nos Estados Unidos, Canadá e Japão, importados no Brasil há alguns anos. Apesar de que, culturalmente, no Brasil este tipo de casa esteja associado às casas de campo ou de praia, atualmente já existem empresas brasileiras que fabricam seu próprio produto

utilizando a tecnologia importada. Este recurso além de ter permitido alguma redução no valor do produto, passou a aventar a possibilidade de um certo nível de personalização nos projetos padronizados. Dessa forma, alguns dos sistemas construtivos possuem uma cartela de projetos-base para escolha dos clientes, e a maioria dos fornecedores dá opções aos clientes de alterações nas plantas desses projetos e nos tipos de acabamento. São porém modificações limitadas, permanecendo a imposição da tipologia arquitetônica, e que acarretam em alterações de custo.

Os materiais mais utilizados são o aço, a madeira, a alvenaria e o PVC, ou uma associação entre eles. Futuramente, com um aumento das unidades construídas, talvez seja possível verificar uma regionalização, em termos de materiais, da pré-fabricação. Por exemplo, uma casa pré-fabricada de aço pode ser ideal para o Sudeste e Sul do Brasil pela proximidade geográfica das usinas siderúrgicas, mas pode ser uma opção bastante antieconômica no Nordeste ou Norte, onde o custo do frete elevaria em muito o custo da casa.

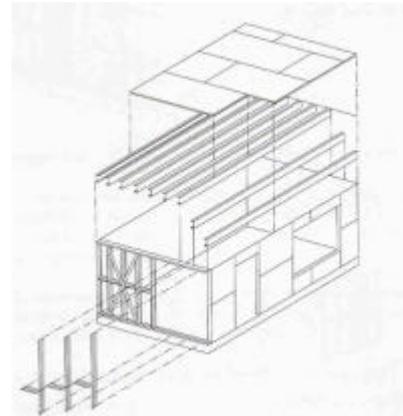
Serão apresentados, a seguir, alguns dos tipos de sistemas construtivos pré-fabricados, que tenham como elemento de destaque o aço.

3.3.2.1 LIGHT STEEL FRAME

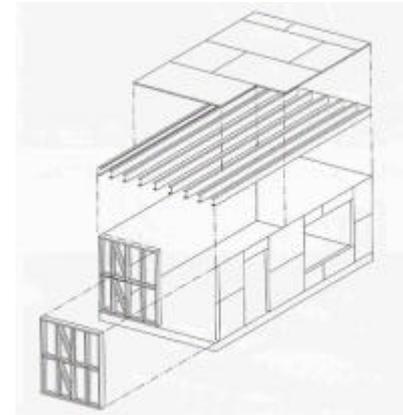
Variação do “wood frame”, tem como componentes primários perfis leves de aço galvanizado formados a frio, geralmente em seções C e Z. As ligações são feitas geralmente por meio de parafusos autobrocantes e a estrutura pode ser montada como membros isolados conectados na obra (figura 3.5a), em painéis (figura 3.5b), ou como módulos pré-fabricados (figura 3.5c).

A construção com elementos isolados é a que possui maior mobilidade em obra, em compensação exige uma maior mão-de-obra de execução. Os painéis por sua vez são fabricados em ambiente fabril, seguindo um gabarito, portanto mais precisos, e podem ir para a obra como o esqueleto somente, ou com a aplicação de alguns materiais de acabamento. Na construção modular, as

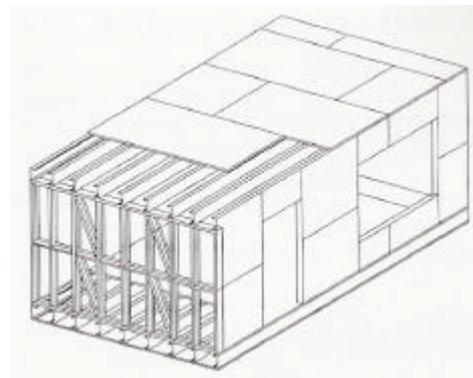
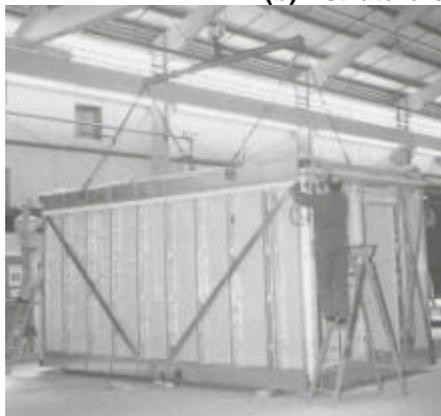
unidades são completamente pré-fabricadas na indústria. Quando representando uma célula completa, comercial ou mesmo residencial, os módulos podem ser agrupados horizontal ou verticalmente, originando edificações complexas (figura 3.6). Ou podem representar parte de edificações, como os já largamente utilizados módulos de banheiros para edifícios industrializados (figura 3.7).



(a) Estrutura com elementos isolados: 'stick-build'



(b) Estrutura em painéis pré-fabricados



(c) Estrutura em módulos pré-fabricados

Figura 3.5 – Light Steel Frame

FONTE: SCI, 2001.



**Figura 3.6 – Composição de módulos: residência estudantil, Reino Unido.
FONTE : IISI, 1996**



(a) Vista externa do módulo



(b) Vista interna

Figura 3.7 – Módulo pronto de banheiro.

FONTE: BAUERMAN, 2002.

Como a obra é muito rápida, os distintos projetos devem estar totalmente prontos antes do início da obra (arquitetura, fundações, estrutural, hidráulico e elétrico).

A fundação que vem sendo mais utilizada neste tipo de construção é a radier (laje de concreto rasa, com aproximadamente 15cm de espessura, que cobre toda a extensão a ser construída), na qual os elementos são fixados por pinos a base de pólvora. Os fechamentos externos podem ser executados em placas cimentícias, Oriented Strand Board (OSB) com argamassa, tijolo aparente ou outros. Já as paredes internas são largamente executadas em painéis drywall. A edificação pode atingir até quatro pavimentos, assim, os pisos intermediários são geralmente executados em painel cimentício, de madeira ou OSB, recebendo acabamentos diversos ou impermeabilização, quando necessário. As telhas mais usadas são as do tipo shingle (telhas a base de material asfáltico), podendo também ser metálicas ou de barro. As construtoras dão

como opção de acabamento externo o tijolo à vista, a textura ou o siding vinílico (PVC). Vale ressaltar a problemática deste último revestimento visto as grandes deformações do PVC para pequenas variações de temperatura.

A figura 3.8 ilustra a seqüência de montagem de uma residência executada em steel frame.



3.3.2.2 PAREDES DE AÇO AUTOPORTANTES (sistema construtivo Quick House®)

Consiste em um arranjo de painéis em chapas metálicas que formam todas as

paredes (internas e externas) e resultam na estrutura da construção. São recomendados para edificações de até dois pavimentos, sendo necessária para edificações maiores a associação deste sistema com a estrutura convencional de aço.

Os painéis autoportantes são formados por módulos de seção típica⁵, obtidos pelo dobramento de chapas galvanizadas de espessura entre 0,95 e 2mm. Os módulos têm largura máxima de 610mm e altura variável de acordo com o pé-direito ou quando utilizado em vergas e peitoris (figura 3.9).

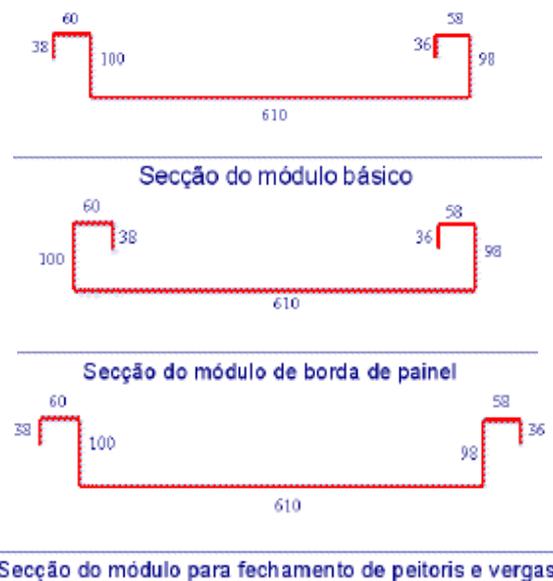


Figura 3.9 - Seções típicas dos módulos – FONTE: Disponível em <http://www.metalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=564> Acesso em jan. 2004.

Esta largura máxima configura a ritmização básica do painel e o espaçamento máximo entre os pilares, que são formados nas junções dos módulos (figura 3.10). Existem ainda módulos auxiliares com medidas de ajuste (510 e 305mm).

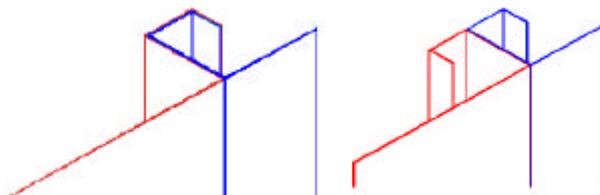


Figura 3.10 – União dos módulos com formação dos pilares típicos - FONTE: Disponível em: <http://www.metalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=564> Acesso em jan. 2004.

⁵ Patenteada pela Metalúrgica Big Farm Ltda.

Os painéis são complementados com um fechamento em perfis U nas partes superior e inferior (figura 3.11).

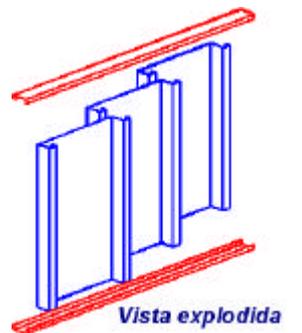


Figura 3.11 - Formação do painel – FONTE: Disponível em:
<http://www.metlica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=564>
Acesso em jan. 2004.

A fixação dos painéis na fundação em radier, é feita por meio de parafusos sobre um perfil U de guia. Por sua vez, o telhado é composto por tesouras simples executadas em perfil C, fixadas aos painéis na posição dos pilares, por terças em perfil U e pela estrutura do forro em perfil cartola fixado nas linhas das tesouras (figura 3.12). Em decorrência dessas ligações parafusadas considera-se o esquema estático do conjunto articulado, capaz de dissipar a energia de forma homogênea pelos componentes.

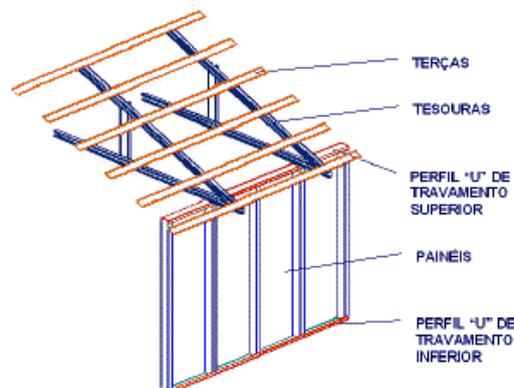
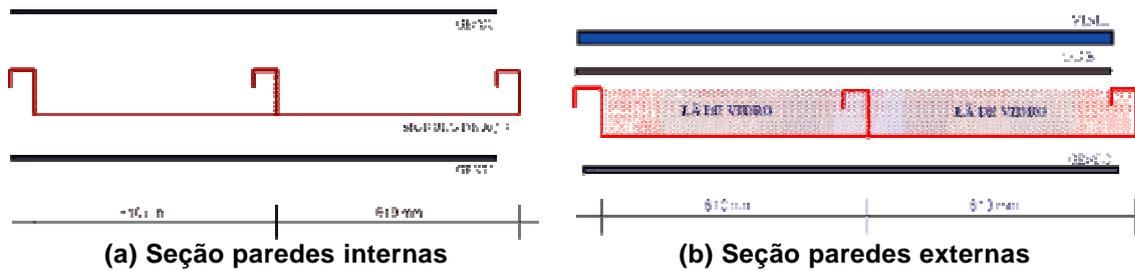


Figura 3.12 - Estrutura telhado – FONTE: Disponível em:
<http://www.metlica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=564>
Acesso em jan. 2004.

Internamente as paredes são executas em painéis drywall e, externamente, utiliza-se chapas de OSB revestidas com siding vinílico (figura 3.13).



(a) Seção paredes internas

(b) Seção paredes externas

Figura 3.13 - Estrutura telhado – FONTE: Disponível em:

<http://www.metalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=564>
Acesso em jan. 2004.

A figura 3.14 exemplifica parte da montagem do sistema construtivo em paredes de aço autoportantes.



(a) Montagem dos painéis estruturais



(b) Execução revestimento externo

Figura 3.14 – Sistema construtivo com paredes de aço autoportantes.

FONTE: Disponível em:

<http://www.metalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=564>
Acesso em jan. 2004.

3.3.2.3 INTERFACE ENTRE PVC, AÇO E CONCRETO

O sistema construtivo “Casaforte Medabil” busca aliar a flexibilidade do PVC para a execução dos perfis pré-fabricados, com a solidez do aço que faz a ancoragem dos mesmos. As paredes formadas por este conjunto são preenchidas com concreto leve auto-adensável, conferindo um bom isolamento térmico e acústico. Utilizando tecnologia importada do Canadá, o sistema possui linhas de financiamento pela CAIXA, além de ser aprovado pelo Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LEME/UFRGS).

A solução técnica padrão para a fundação é a radier, que deve ser nivelada de

forma a evitar arremates entre a estrutura metálica da cobertura e o topo das paredes. Procede-se a execução da ancoragem em perfis metálicos, que por sua vez receberão os perfis de PVC conectados uns aos outros em sistema macho e fêmea, conformando os painéis. Os painéis são então travados e recebem o preenchimento interno de concreto leve garantindo a monoliticidade do conjunto (figura 3.15).



(a) Perfis guia sobre radier



(b) Ancoragem dos painéis com o piso



(c) Montagem e encaixe dos perfis de PVC



(d) Travamento dos painéis



(e) Concretagem das paredes

Figura 3.15 – Seqüência de montagem das paredes.

FONTE: Disponível em: <<http://www.casafortemedabil.com.br>>
Acesso em jan. 2004.

Para aumentar o monolitismo das edificações, são utilizadas armaduras de conexão nas ligações entre as paredes (figura 3.16), bem como destas com as fundações e com a laje de entrepiso.



Figura 3.16 – Estrutura de ancoragem entre paredes.

FONTE: Disponível em: <<http://www.casafortemedabil.com.br>>
Acesso em jan. 2004.

Composta por perfis leves de aço galvanizado, a cobertura aceita vários tipos de telha e recebe a adição de mantas e forros, conforme especificação de projeto (figura 3.17).



Figura 3.17 – Montagem estrutura da cobertura.
FONTE: Disponível em: <<http://www.casafortemedabil.com.br>>
Acesso em jan. 2004.

Em relação aos acabamentos, as paredes de PVC podem ser mantidas ao natural, receberem pintura (figura 3.18), ou mesmo revestimentos cerâmicos e papel de parede.



Figura 3.18 – Vista externa da edificação.
FONTE: Disponível em: <<http://www.casafortemedabil.com.br>>
Acesso em jan. 2004.

3.3.2.4 OS KIT´s METÁLICOS

Visando o mercado de residências unifamiliares para população de baixa renda, algumas empresas lançaram sistemas compostos de um kit que contemplam toda a parte estrutural da edificação, tais como os exemplos a seguir.

Sistema Usiteto: lançado pela USIMINAS, este kit é confeccionado em aço

US-SAC 300, apresentando características de proteção contra corrosão. É composto pela estrutura principal e de cobertura e permite a montagem em módulos (figura 3.19). É fornecido com manual de montagem.



Figura 3.19 – Esquema estrutural do módulo padrão – FONTE: Disponível em: <http://www.metalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=546> Acesso em jun. 2005.

A planta básica é formada por 2 quartos, sala, cozinha, banheiro e área de serviço, perfazendo uma área de 42m². O peso total da estrutura é igual a 687,6kgf de aço, correspondendo a aproximadamente 164N/m². O módulo de ampliação acrescenta à planta uma suíte e um quarto, totalizando 63m² de área (figura 3.20). As ligações parafusadas simplificam o processo, visto que o sistema é pensado para o regime de mutirão.



(a) Planta inicial

(b) Planta ampliada

**Figura 3.20 – Plantas padrão
FONTE: Divulgação Casa Usiteto**

Para o fechamento da estrutura utiliza-se alvenaria convencional de blocos cerâmicos ou de concreto, tijolo, concreto celular, ou mesmo placas e painéis industrializados. O tipo de cobertura e de acabamentos é definido conforme escolha do cliente.

Sistema Casa Fácil: o kit da GERDAU AÇOMINAS é composto por 3 partes: gabarito, estrutura principal e estrutura da cobertura. O gabarito é usado na locação da casa e auxilia o controle do nivelamento da base. A estrutura principal compreende pilares, vigas e tirantes provisórios que contraventam a estrutura até a execução das paredes. A estrutura da cobertura é formada por prolongadores de beiral e multivigas treliçadas que dispensam apoios centrais, permitindo variadas combinações de plantas de acordo com a vontade do proprietário (figura 3.21).



Figura 3.21 – Exemplos de arranjos para a planta
FONTE: Disponível em: <<http://www.casafacilgerdau.com.br/casafacil.asp>>
Acesso em jun. 2005.

Executados em perfis laminados, os componentes são unidos pelos parafusos que acompanham o kit, segundo o manual fornecido. O módulo padrão tem 48m² e pesa 850kgf, aproximadamente 177,1N/m² (figura 3.22).

São comumente utilizados como sistemas complementares, paredes em alvenaria para o fechamento vertical e telhas cerâmicas para a cobertura.



Figura 3.22 – Esquema arranjo estrutural

FONTE: Disponível em: <<http://www.casafacilgerdau.com.br/casafacil.asp>>
Acesso em jun. 2005.

3.4 ALGUNS SISTEMAS COMPLEMENTARES

Grande parte dos problemas que surgem nas obras ditas industrializadas, ocorre na interface entre a estrutura metálica e os sistemas complementares (fechamentos verticais e horizontais). Como indicado por SALES (2001), é preciso que os componentes estejam devidamente associados ao processo de produção e condizentes com as reais condições de execução. Dessa forma, uma análise sistêmica da obra durante o processo de projeto se faz imprescindível.

Os fechamentos verticais absorvem grande parte da responsabilidade em dar forma e estilo à edificação (fechamentos externos), além de regular o nível de conforto do usuário (fechamentos externos e internos). Já os fechamentos horizontais, formados pelos tipos de laje, fazem parte do arranjo estrutural da edificação, responsáveis pela transferência dos esforços verticais às vigas e dos horizontais às colunas (COELHO, 2004).

Segundo CASTRO (1999), existe uma dificuldade em se compatibilizar estanqueidade e resistência aos sistemas de fechamento das estruturas metálicas. Isto se dá pelas características dos elementos, como a complexidade da seção transversal dos fechamentos, podendo torná-los

frágeis; a falta de aderência da superfície da estrutura; e sua maior capacidade de deslocamento. A bibliografia relata soluções eficientes para essas interfaces, porém estas ainda não foram incorporadas ao domínio público.

Em se tratando de edifícios de andares múltiplos, cada vez mais é percebida a utilização dos sistemas industrializados complementares à estrutura metálica. Promove-se, dessa forma, uma soma das vantagens da construção industrializada e racionalizada, principalmente no que diz respeito à agilidade na execução e minimização de desperdícios. Entretanto, de acordo com SALES (2001), ainda é possível verificar, nos canteiros de obras, sistemas com tecnologias avançadas sendo incorporados à construção de maneira tradicional, o que não poderia acarretar em outra coisa a não ser patologias e custos desnecessários.

Já no tocante das obras residenciais unifamiliares, percebe-se que a esmagadora maioria opta pela execução dos fechamentos e divisórias em alvenaria em tijolos cerâmicos ou blocos de concreto, fato que culturalmente vem de encontro ao gosto do usuário. Porém, infelizmente, na maioria dos casos sua execução é realizada da forma tradicional, sem levar em consideração que a tecnologia do aço exige procedimentos específicos, constituídos, em boa parte, por soluções simples e de fácil execução.

Citam-se, a seguir, alguns sistemas de fechamentos usuais no mercado, adequados às residências unifamiliares estruturadas em aço, e suas características principais.

3.4.1 FECHAMENTOS VERTICAIS

- **alvenaria moldada “in loco”**: Em obras residenciais (normalmente de pequeno porte), quando o emprego de juntas de dilatação não é esteticamente aceitável, é comumente executada a alvenaria vinculada à estrutura. Esta solidarização é feita por meio de barras de aço, os chamados ferro-cabelo, ou

preferencialmente por meio de telas eletrossoldadas (figura 3.23). As juntas de ligação entre os pilares e a alvenaria devem ainda ser preenchidas com argamassa fraca expansível (COELHO, 2004).



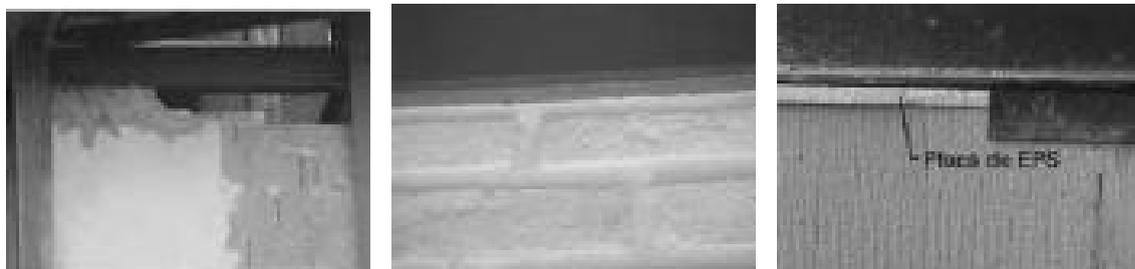
(a) Ferro-cabelo

(b) Tela eletrossoldada

Figura 3.23 – Ligações entre alvenaria e pilar metálico.

FONTE: CBCA

Uma prática que não é comum no mercado brasileiro da construção, porém de extrema importância para a maximização funcional da vedação em alvenaria, é a execução do projeto de alvenarias. Dentre outros fatores, este projeto tem como responsabilidade analisar quais as condições de contorno dos panos de alvenaria, com conseqüências diretas principalmente no tipo de ligação entre esta e as vigas metálicas (figura 3.24) (NASCIMENTO, 200-).



(a) Encunhamento – sistema rígido

(b) Argamassa com aditivo expansor – sistema semi-rígido

(c) Placa de EPS – sistema deformável

Figura 3.24 – Ligações entre alvenaria e vigas metálicas.

FONTE: CBCA

Como é de domínio público, a alvenaria recebe os mais variados tipos de acabamentos, porém sua aplicação deve seguir os mesmos cuidados de junta ou selante no encontro com a estrutura metálica (quando esta estiver aparente).

- **drywall**: dos sistemas industrializados é o que mais popular se tornou até hoje. São indicados somente para as divisões internas em decorrência das

características de seus elementos componentes. Consiste de placas de gesso revestidas por duas folhas de papelão, com 1,20m de largura, alturas variando de 2,60 a 3m, e espessuras de 12,5mm, 15mm e 18mm. A espessura final da parede depende do número de placas utilizadas, sendo o padrão duas placas fixadas sobre perfis de aço (uma em cada face). A montagem segue a seqüência da instalação das guias piso-teto, execução dos montantes, fixação de uma face, execução das instalações complementares (elétrica, hidráulica, etc), fixação da outra face, e acabamento das juntas. Incorporações internas de materiais do tipo lãs de vidro ou de rocha melhoram a eficiência de isolamento termo-acústico. Além das placas *standard* (chapas brancas), existem placas especiais que repelem água, indicadas para ambientes molháveis (chapas verdes), e as placas corta-fogo (chapas rosas) (SILVA; SILVA, 200-). Como os demais sistemas industrializados, não se permite improvisos na obra, devendo ser instalado após a execução de todos os projetos, inclusive da instalação dos dutos de energia, telefonia, água e esgoto (SALES, 2001).



Figura 3.25 – Montagem do drywall – FONTE: Disponível em: <http://www.bpbplaco.com.br/imprensa_imagens.php?id=7> Acesso em jun. 2005.

- **painel de placas cimentícias:** utilizadas em paredes internas ou externas, são compostas de concreto de baixa densidade, fibra de celulose e quartzo. Possuem dimensões de 1,20m de largura por 2,40m de altura, e espessuras de 6,8mm, 10mm e 15mm. A fixação é feita da mesma forma que a placa de gesso e pode receber revestimentos ou pintura diretamente sobre sua

superfície (SALES, 2003).



Figura 3.26 – Sistema de fechamento em placas cimentícias sobre estrutura em steel frame – FONTE: Disponível em: <<http://www.lajes.com.br/metalplac/residenciais.asp#>> Acesso em jun. 2005.

- **painel OSB (Oriented Strand Board):** material largamente utilizado nas edificações residenciais da Europa e América do Norte, é produzido segundo as normas européias. Consiste em um painel de madeira reflorestada, formado pela prensa de três camadas cruzadas de tiras de madeira (*strands*) e uma liga de resina sintética. De acordo com o tipo de liga, os painéis podem ser utilizados em áreas secas ou úmidas. De sistema de montagem similar aos painéis de gesso acartonado, o painel de OSB aceita grande variedade de revestimentos, devendo-se adotar os cuidados necessários como para qualquer tipo de painel em madeira.



(a) Detalhe fixação painel OSB



(b) Fechamento de residência em OSB

Figura 3.27 – Painel OSB – FONTE: Disponível em: <http://www.metallica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=522> Acesso em jun. 2005.

- **painel de concreto celular autoclavado:** moldado em fôrmas, o painel de concreto celular autoclavado é constituído por uma armação estrutural interna, recoberta por um concreto leve, finamente granulado (figura 3.28a). O concreto é expandido quando a fôrma é submetida a uma autoclave.



(a) Detalhe painel concreto celular autoclavado

(b) Montagem residência com painéis de concreto celular autoclavado

Figura 3.28 – Sistema de fechamento em placas cimentícias sobre estrutura em steel frame – FONTE: Disponível em: <<http://www.sical.ind.br/index2.html>> Acesso em jun. 2005.

Possui modulação padrão de 40x300x10cm e espessuras de 10cm 12,5cm e 15cm. Pode ser usado para paredes internas ou externas (figura 3.28b) e a fixação é feita por conectores, cantoneiras ou chapas dobradas. Recebe qualquer tipo de revestimento, podendo vir acabado de fábrica (SALES, 2003).

3.4.2 FECHAMENTOS HORIZONTAIS

- **laje maciça moldada “in loco”:** executada de forma tradicional, com o lançamento do concreto sobre a fôrma. Para promover a solidarização da laje em concreto com a estrutura metálica, conectores de cisalhamento são soldados nas mesas das vigas.

- **laje pré-fabricada:** adequada para pequenos vãos, é composta por vigas ou vigotas pré-fabricadas de concreto (com seção T invertido), intercaladas por tijolos cerâmicos ou blocos de concreto (figura 3.29). Depois de montada, o conjunto recebe um capeamento de concreto com vistas na solidarização do conjunto.



Figura 3.29 – Laje em vigotas de concreto e tijolos cerâmicos.
FONTE: Arquivo pessoal.

- **painel alveolar de concreto extrudado:** é conformado em uma extrusora de alta capacidade de compactação do concreto de *slump* zero (figura 3.30). Possui resistência de 45MPa e é indicado para grandes vãos. A modulação segue a largura de 1,25m, espessuras de 15cm, 21,5cm ou 26,5cm, e comprimento conforme o projeto. Pode também ser usado como fechamento vertical (SALES, 2003).

- **laje em steel deck:** é formada por três elementos principais – uma telha de aço galvanizado (que dá nome ao conjunto), uma armadura de distribuição em tela eletrossoldada para se evitar trincas no concreto, e a camada de concreto (figura 3.31). Através de conectores de cisalhamento (*stud bolts*) é obtido o efeito de viga mista. Indicada para grandes vãos, cada módulo cobre uma largura útil em torno de 830mm.



Figura 3.30 – Detalhe painel alveolar de concreto extrudado – FONTE: Disponível em:

<<http://www.dmconstrutora.com.br/downloads/produtos.pdf>> Acesso em jun. 2005.



Figura 3.31 – Detalhe composição de laje steel deck - FONTE: Disponível em: <http://www.metlica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=538> Acesso em jun. 2005.

RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES COM ESTRUTURAS EM AÇO: ESTUDO DE CASOS

De um modo geral, o sistema construtivo em aço é mais comumente adotado para edificações industriais ou comerciais de múltiplos andares, isso em decorrência das vantagens proporcionadas pelo material em si, dentre as quais se destacam (BAUERMANN, 2002):

- controle tecnológico da estrutura através de sua produção industrializada;
- redução do tempo de obra em virtude da possibilidade de montagem tão logo a fundação esteja pronta, permitindo um retorno mais rápido do capital investido;

- as características físicas do material proporcionam uma estrutura mais esbelta em relação à estrutura de concreto, provocando uma redução do peso próprio com conseqüente alívio de fundações, e melhor aproveitamento da área útil da edificação;
- eliminação de desperdícios, conseqüentemente de prejuízos.

Porém, existem outras motivações para seu emprego como devido a características do sítio (terrenos acidentados que dificultem os trabalhos de canteiro), ou mesmo motivações arquitetônicas e necessidades estruturais.

Dessa forma, a análise dos estudos de casos visa investigar a construção industrializada em aço no contexto das edificações unifamiliares não seriadas, quando a estrutura é composta por elementos estruturais convencionais (pilares e vigas). Esta definição exclui do universo da pesquisa as residências executadas nos demais sistemas construtivos como aqueles apresentados no capítulo anterior.

4.1 A ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A seleção dos estudos de caso balizou-se em princípios subjetivos, a partir da exploração do contexto de obras executadas em Minas Gerais, de casos em que os participantes dos processos se disponibilizassem a contribuir com esta pesquisa.

Dessa forma, foram definidos quatro casos localizados em Belo Horizonte e região metropolitana. Um quinto e sexto casos de autoria de um mesmo arquiteto foram incluídos na investigação da pesquisa, porém por se tratarem de um processo de projeto muito particular ao arquiteto, esses casos serão apresentados em apêndice, a título de informação.

Durante o desenvolvimento dos trabalhos, e já em fase avançada de estudos, um dos estudos de caso necessitou ser renunciado e, em virtude do tempo de desenvolvimento desta pesquisa, não foi possível a substituição do mesmo.

Serão apresentados, portanto, três estudos de caso, que apesar de não gerarem padrões científicos, podem ser entendidos como indicadores de uma tendência do segmento.

A tomada de informações a respeito das obras em questão foi realizada por meio de entrevistas segundo um roteiro semi-estruturado, junto aos principais atores dos processos (arquitetos, calculistas, fabricantes de estrutura e proprietários). O objetivo era resguardar a espontaneidade dos relatos, para apreensão das particularidades do processo em cada situação. Também foram realizadas visitas às edificações, bem como a análise dos projetos fornecidos pelos profissionais.

Para delimitar esta tomada de informações, desenvolveu-se o Quadro 4.1 baseado no modelo de LOPES (2001), de acordo com as diretrizes de YIN (1994). Este quadro aponta os dados relevantes a serem contemplados no roteiro de entrevista e a relação lógica com as proposições levantadas que, por sua vez, têm o objetivo de balizar o tema central.

QUADRO 4.1: Proposições para análise dos estudos de caso (Baseado em LOPES, 2001)

PERGUNTA:
Como é desenvolvido o processo de projeto, fabricação e montagem, do ponto de vista sistêmico, para residências unifamiliares de caráter único estruturadas em aço?
DADOS RELEVANTES:
<ul style="list-style-type: none"> - O perfil do cliente deste tipo de obra - Experiência dos profissionais envolvidos - Processo de projeto - Mercado e processo de fabricação e fornecimento - Mercado e processo de montagem - Interação da equipe multidisciplinar - Compatibilização de projetos - Tipo de sistema estrutural - Tipos de sistemas complementares - Compatibilização dos sistemas - Acompanhamento da obra pelos profissionais envolvidos - Patologias - Cumprimento do cronograma - Custo - Manutenção - Satisfação dos clientes internos e externos

continua

QUADRO 4.1: Proposições para análise dos estudos de caso (continuação)

UNIDADES DE ANÁLISE:
Arquitetos responsáveis pelos projetos, calculistas, fabricantes da estrutura, proprietários
PROPOSIÇÕES E RELAÇÃO LÓGICA COM OS DADOS RELEVANTES
<p>H1: A estrutura metálica só é aceita quando o cliente se identifica com o sistema ou quando as condições da obra a exigem.</p> <ul style="list-style-type: none"> - O perfil do cliente deste tipo de obra - Tipo de sistema estrutural - Custo <p><i>Relação lógica: Identificando-se os limitadores da demanda torna-se mais fácil o estabelecimento das diretrizes.</i></p>
<p>H2: O mercado residencial em aço não avançou por indisponibilidade de profissionais e ou materiais.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Experiência dos profissionais envolvidos - Mercado e processo de fabricação e fornecimento - Tipos de sistemas complementares <p><i>Relação lógica: Por serem de pequeno porte, muitas vezes os fabricantes ou fornecedores não absorvem tais demandas, comprometendo o caráter industrializado da obra.</i></p>
<p>H3: O sucesso do empreendimento depende da integração dos profissionais desde o início do processo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Processo de projeto - Interação de equipe multidisciplinar - Compatibilização de projetos - Acompanhamento da obra pelos profissionais envolvidos - Satisfação dos clientes internos e externos <p><i>Relação lógica: Os sistemas industrializados não aceitam imprevistos, devendo todas as decisões serem tomadas no desenvolvimento dos projetos, com vistas não só no produto, mas em todo o processo.</i></p>
<p>H4: Muitas obras em estrutura metálica são projetadas na sistemática de obras em concreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Experiência dos profissionais envolvidos - Processo de projeto - Patologias <p><i>Relação lógica: As linguagens dos sistemas construtivos possuem diferenças que, quando não respeitadas geram erros, desperdícios e retrabalhos.</i></p>
<p>H5: Por ser uma obra única, com pequena repetição e padronização de elementos, a construção em aço se torna inviável.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mercado e processo de fabricação e fornecimento - Mercado e processo de montagem - Tipo de sistema estrutural - Tipos de sistemas complementares - Custo <p><i>Relação lógica: Dependendo dos sistemas escolhidos, a pequena quantidade de elementos pode não diluir o custo dos processos.</i></p>

continua

QUADRO 4.1: Proposições para análise dos estudos de caso (continuação)

<p>H6: Por se tratar de pequenas quantidade de aço, as peças são entregues em lote, com necessidade de estocagem no canteiro de obras.</p> <ul style="list-style-type: none">- Mercado e processo de fabricação e fornecimento- Mercado e processo de montagem- Cumprimento do cronograma- Custo <p><i>Relação lógica: a necessidade de otimização do custo de frete pode contrariar o conceito de obra “just in time”.</i></p>
<p>H7: Por ser uma menor quantidade de elementos o processo de montagem é mais simples.</p> <ul style="list-style-type: none">- Mercado e processo de montagem- Tipo de sistema estrutural- Tipos de sistemas complementares <p><i>Relação lógica: As características da obra e dos elementos podem dispensar o uso de equipamentos específicos de montagem.</i></p>
<p>H8: A utilização de sistema estrutural industrializado reduz o número de mão-de-obra.</p> <ul style="list-style-type: none">- Mercado e processo de fabricação e fornecimento- Mercado e processo de montagem- Custo <p><i>Relação lógica: A utilização de mão-de-obra muitas vezes terceirizada, diminuindo os encargos, deve ser considerada no comparativo de custos.</i></p>
<p>H9: As casas industrializadas trazem consigo o conceito de manutenção.</p> <ul style="list-style-type: none">- Manutenção <p><i>Relação lógica: Os elementos industrializados possuem controle de qualidade e padronização de comportamento, permitindo ao usuário uma facilidade de manuseio ao longo de sua vida útil.</i></p>
<p>H10: A administração de obras industrializadas de pequeno porte é um fator problemático.</p> <ul style="list-style-type: none">- Compatibilização de projetos- Compatibilização dos sistemas- Acompanhamento da obra pelos profissionais envolvidos- Cumprimento do cronograma- Custo <p><i>Relação lógica: O sincronismo das atividades influencia o cronograma e consequentemente o custo.</i></p>

Cada caso será apresentado individualmente segundo os enfoques de caracterização dos escritórios de arquitetura, da solução arquitetônica, do processo de projeto, dos sistemas construtivos, da solução estrutural e do processo construtivo.

4.2 RESIDÊNCIA 01

O primeiro estudo de caso a ser apresentado, refere-se a uma edificação localizada em um condomínio fechado, na cidade de Nova Lima, região metropolitana de Belo Horizonte – Minas Gerais. O processo de projeto teve início no ano de 2000, tendo a obra sido finalizada em 2001.

A obra, como “elemento final imediato”, é referenciada no meio profissional, tendo sido objeto de publicação em algumas revistas do setor. Utiliza-se aqui o termo “elemento final imediato”, por não serem considerados também como referencial, tanto o processo de concepção e construção quanto uma avaliação pós-ocupação.

Os proprietários estiveram ausentes da maior parte do processo, reflexo da existência de um grau de parentesco (e conseqüentemente uma relação de confiança) entre as personagens: arquiteto e proprietária, construtor e proprietário.

O perfil montanhoso da região foi um dos fatores determinantes para a definição do tipo de estrutura a ser utilizado.

4.2.1 O ESCRITÓRIO DE ARQUITETURA

Funcionando em Belo Horizonte, o escritório de arquitetura atua nos diversos tipos de projetos arquitetônicos, como de interiores, residenciais, comerciais e andares múltiplos. O escritório é focado na pessoa do arquiteto titular, com atuação no mercado há 24 anos e com atividades esporádicas na área pública ou acadêmica, concomitante ao escritório.

O arquiteto titular tem sempre o apoio de uma pequena equipe interna, que nunca ultrapassa cinco ou seis pessoas, composta à época deste levantamento, por um arquiteto e dois estagiários. Apesar do pequeno porte, esta estrutura organizacional não é fator limitante do volume de projetos

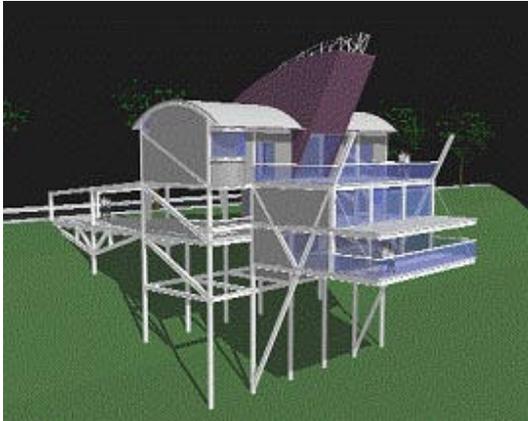
desenvolvidos paralelamente no escritório, porque quando necessário ocorre uma interação com uma consolidada rede de equipes terceirizadas (parceiros).

Não existe um organograma determinado, com uma divisão definida das atividades. As idéias são discutidas em conjunto no começo do processo, ocasião em que o arquiteto titular esboça um conceito, um partido arquitetônico. A partir daí, o projeto vai sendo desenvolvido de forma dinâmica, sob interações de toda a equipe.

Para o escritório, a seqüência de desenvolvimento de um projeto ideal, comum, passa pelas seguintes etapas: discussão das idéias com o cliente, apresentação da proposta de trabalho com formalização do contrato, anteprojeto, projeto inicial, executivo e detalhamento.

Na fase de anteprojeto são apresentadas as idéias básicas, de forma a permitir aos proprietários, uma visualização e compreensão do projeto a ser desenvolvido. A técnica de apresentação desenvolvida e utilizada pelo escritório, foi intitulada de técnica mista, por utilizar desenhos à mão livre sobrepostos a interfaces computacionais, como maquetes eletrônicas (figura 4.1). O anteprojeto pode sofrer alterações até a aprovação por parte do cliente. O projeto inicial tem a função de estabelecer fundamentos para a realização dos projetos complementares, além de ser encaminhado aos órgãos legais, para as devidas análises e aprovações. Os desenhos são executados digitalmente, utilizando-se software específico para ambientes gráficos. O projeto executivo contempla as interfaces entre todos os projetos (arquitetônico e complementares). Quando a compatibilização desses projetos é encargo do escritório de arquitetura, ela é realizada digitalmente, através da sobreposição das camadas de desenhos (*layers*¹). Já o projeto de detalhamento, responsável pelo refinamento do projeto executivo, e que engloba todas as questões construtivas, faz parte do escopo do processo quando contemplado em contrato. Atualmente alguns fornecedores agregam o projeto de detalhe a seus

produtos; nesses casos o escritório de arquitetura presta um serviço de coordenação, reduzindo o custo de detalhamento para os clientes.



(a) Maquete desenvolvida em computador



(b) Técnica mista – tratamento a mão sobre base gerada digitalmente

Figura 4.1 – Técnica de apresentação
FONTE: Arquivo escritório de arquitetura

Apesar de acreditar que a certificação normativa seja importante, o escritório ainda não se interessou pelo assunto, a ponto de se preparar e investir. Valoriza-se e usa-se como currículo e titulação os prêmios obtidos em concursos e as obras publicadas. Além disso, as palestras ministradas pelo arquiteto em diversas oportunidades, também contribuem para a projeção do nome do escritório.

A residência em questão é a terceira experiência do escritório em termos de obras executadas em estrutura metálica. As obras anteriores são dois edifícios de andares múltiplos, o primeiro construído em 1992 e o segundo em 1998, ambos na cidade de Belo Horizonte. Não houve, em nenhuma das ocasiões, uma formação específica para o manejo com a estrutura metálica. O arquiteto relatou que o aprendizado ocorreu de forma prática, tendo o mesmo se passado com os outros profissionais envolvidos nos processos.

¹ Sistema organizacional dos softwares de desenho, define grupos hierárquicos dos dados de desenho, que podem ser ligados, desligados ou congelados conforme a conveniência. [Buchard citado por Bauermann,2002].

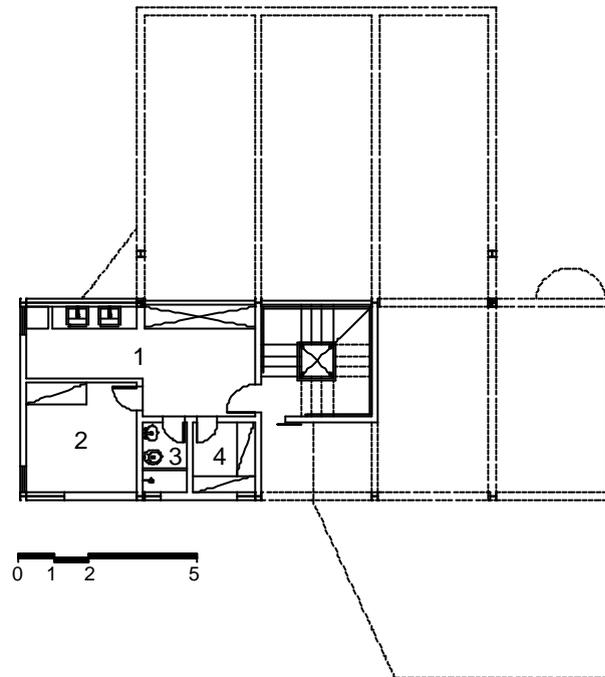
4.2.2 A SOLUÇÃO ARQUITETÔNICA

Projetada para uma família de três pessoas, a Casa Serrana, como é carinhosamente chamada, é uma palafita metálica. Este partido arquitetônico ocorreu naturalmente, em decorrência da inclinação do terreno (superior a 45%) e da necessidade da preservação ambiental, conforme regulamentação do condomínio.

De acordo com os pedidos dos proprietários, a casa deveria ter a área estritamente necessária, que fosse de fácil manutenção diária e em estilo moderno.

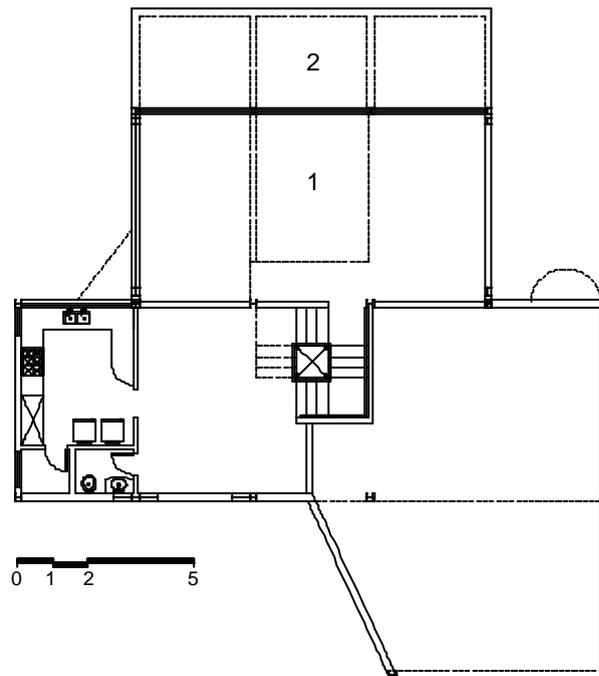
Com aproximadamente 350m² de área construída, o projeto foi desenvolvido a partir de um bloco linear central, com três pavimentos. Locado paralelamente à rua e às curvas de nível, o bloco apóia-se no solo natural através do prolongamento de seus pilares. No pavimento inferior localizam-se a lavanderia, as dependências de empregada e um depósito, o que ocupa metade do pavimento e gera, dessa forma, uma área para futura expansão (figura 4.2). A partir deste pavimento é possível ainda o acesso ao terreno natural. No pavimento intermediário localizam-se a garagem, a copa, a cozinha, a despensa e o lavabo. Este nível se comunica com a via urbana através de uma ponte, proporcionando o acesso de veículos e pedestres à residência (figura 4.4). O pavimento superior é destinado à atividade íntima, possuindo uma suíte, dois quartos e um banheiro social. Organizados de forma linear, os quartos se abrem para os fundos em um terraço, configurado como um pátio íntimo de lazer (figura 4.5). Este terraço faz o coroamento do bloco que se projeta em balanço em direção à mata, em contraponto com a ponte, situada no outro lado do eixo linear. Completamente permeável à vista, o balanço possui dois pavimentos, situados a meio nível em relação aos pavimentos do bloco central. O pavimento de baixo é destinado à área de convívio formada por uma ampla sala contígua à varanda, que se estende em direção às copas das árvores (figura 4.3). O cômodo destinado ao escritório cobre somente parte da sala de estar, definindo alturas diferentes para a mesma (figura 4.4). Todos

esses pavimentos são articulados através de uma escada, que gera o volume vertical mediano do bloco principal.



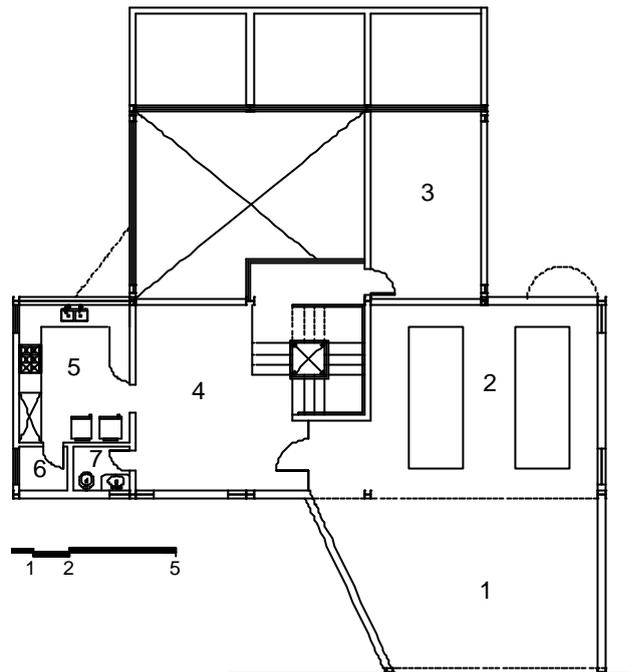
Legenda: (1) Lavanderia (2) Quarto (3) Banheiro (4) Depósito

Figura 4.2 – Projeto arquitetônico: planta do primeiro pavimento
FONTE: Arquivo escritório de arquitetura



Legenda: (1) Sala de estar (2) Varanda

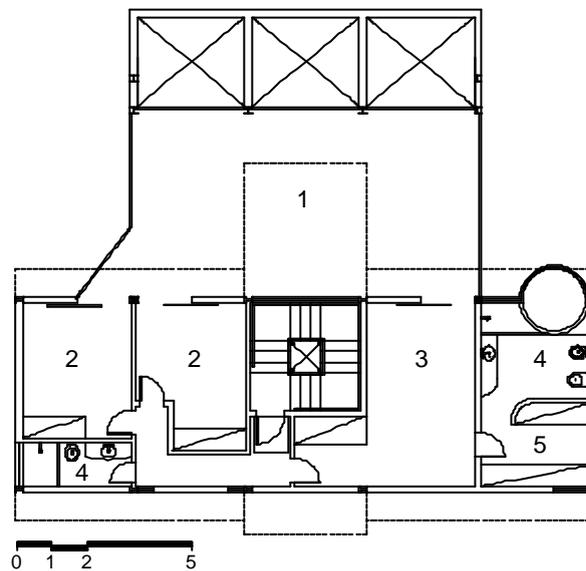
Figura 4.3 – Projeto arquitetônico: planta do segundo pavimento
FONTE: Arquivo escritório de arquitetura



Legenda: (1) Ponte de acesso (2) Garagem (3) Escritório (4) Copa
(5) Cozinha (6) Despensa (7) Lavabo

Figura 4.4 - Projeto arquitetônico: planta do terceiro e quarto pavimento

FONTE: Arquivo escritório de arquitetura



Legenda: (1) Terraço (2) Quarto (3) Suíte (4) Banheiro (5) Closet

Figura 4.5 – Projeto arquitetônico: planta do quinto pavimento

FONTE: Arquivo escritório de arquitetura

As figuras de 4.6 e 4.8 complementam a visão da articulação arquitetônica da casa.

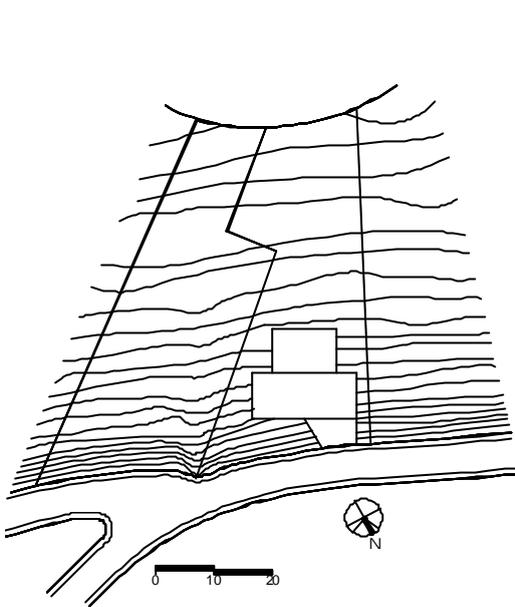


Figura 4.6 – Projeto arquitetônico: implantação esquemática - FONTE: Arquivo escritório de arquitetura

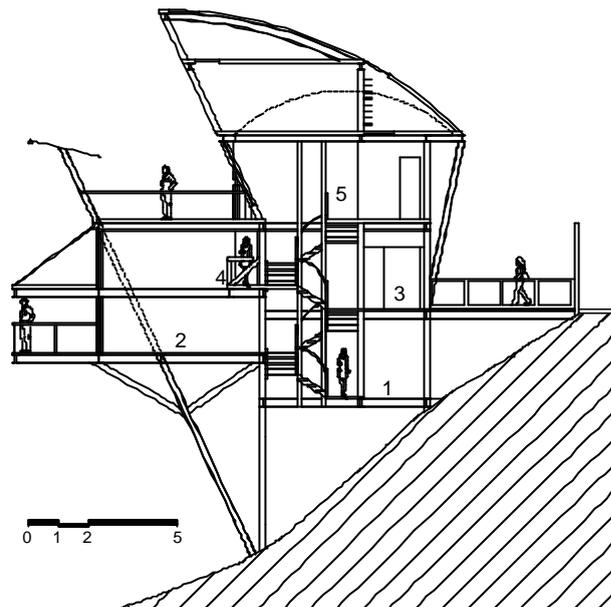


Figura 4.7 – Projeto arquitetônico: corte transversal esquemático FONTE: Arquivo escritório de arquitetura



(a) Vista lateral direita



(b) Vista frontal

Figura 4.8 – Articulação arquitetônica FONTE: Arquivo escritório de arquitetura

4.2.3 O PROCESSO DE PROJETO

Após os contatos iniciais entre os proprietários e o arquiteto para a definição do programa a ser desenvolvido, o arquiteto, pelos motivos já descritos, definiu o partido arquitetônico e o sistema construtivo da residência. Feita uma consulta a um calculista quanto à viabilidade da proposta, o arquiteto apresentou um

estudo preliminar aos proprietários, em forma de técnica mista (maquete eletrônica simples trabalhada por desenhos a mão). Mais do que terem gostado, ou entendido o projeto, o arquiteto acredita que os proprietários acreditaram e confiaram em sua proposta, o que reafirma a relação subjetiva das partes envolvidas. Foi portanto, a idéia original, aquela desenvolvida e executada.

Na fase de anteprojeto foi definido o construtor da obra. Foram feitas tentativas frustradas de se encontrar uma construtora disponível no mercado. Uma conceituada empresa da área de estruturas metálicas, sediada em Minas Gerais, foi consultada para a execução e montagem da estrutura, porém não houve interesse da mesma pela obra, devido ao porte e à não padronização das peças. A empresa mostrou-se disponível para o fornecimento dos perfis e indicou uma outra empresa para os demais serviços de fabricação e de montagem. Essa outra empresa foi contatada, mas o orçamento apresentado mostrou-se muito acima da expectativa de gasto disponível, tanto em termos de valores quanto em termos de cronograma de desembolso. Diante deste panorama, o pai do proprietário, formado em Engenharia Civil e que estava gerenciando o processo, assumiu a direção e a responsabilidade pela execução da obra. Esta decisão foi tomada como um desafio, já que sua experiência vinha, principalmente, da execução de obras de grande porte (pontes), basicamente em concreto.

Nesta fase foram realizadas as reuniões entre o arquiteto e o calculista, sempre com o acompanhamento do construtor. O escritório de cálculo foi definido pelo construtor, por conhecê-lo da realização em conjunto de um trabalho anterior. Trata-se de um escritório de médio porte, contando atualmente com um quadro pessoal de 18 agentes entre funcionários e parceiros. Há 30 anos no mercado, o foco principal do escritório são as indústrias, executando muitos serviços de pré-engenharia. O escritório não possui ainda uma certificação, mas tem isso como um objetivo, acreditando que esta falta possa ser um fator de eliminação em concorrências.

Tanto os cálculos como os desenhos foram desenvolvidos computacionalmente. A simbologia de desenho utilizada pelo calculista, contrariando a regra geral dos cálculos que utiliza o desenho unifilar, é a de se representar os perfis com suas respectivas dimensões e espessuras, em linhas cheias quando são vistos, ou tracejadas quando em projeção. As orientações dos pilares também são definidas e representadas em planta. No caso em questão, houve um consenso entre o calculista e o construtor para a definição dos pilares, levando em consideração as interfaces para amarrações das alvenarias. Já as definições do posicionamento das vigas em relação às lajes foram pensadas previamente com o arquiteto, por ter influência nos forros e nas alturas dos pés-direito. Com relação às cotas, o calculista utiliza medidas de eixo nas plantas de locação e, a partir do momento em que a obra “sai do chão”, além das medidas de eixo, são utilizadas as medidas de face a face.

Para projetos de residências, uma preocupação do calculista é a de detalhar bem o posicionamento do chumbador no bloco da fundação. Prevendo que na maioria das vezes a mão-de-obra de execução não será especializada para a função, este detalhe visa esclarecer a diferença entre posicionar um chumbador e, simplesmente, se deixar uma espera de ferro. É dada uma ênfase no detalhamento da gaiola do bloco, já prevendo a passagem dos chumbadores.

Além da estruturação “caseira” da mão-de-obra, um outro fator que viabilizou financeiramente a obra foi uma oportunidade de mercado para a aquisição dos perfis metálicos. Na ocasião do cálculo, a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), estava encerrando a fabricação de perfis laminados, tendo a USIMINAS arrematado um lote de aproximadamente 30 mil toneladas desses perfis, revendendo-os a um custo relativamente baixo. Então, de posse de uma tabela da USIMINAS com as bitolas dos perfis disponíveis no pátio, o calculista desenvolveu o projeto como um “quebra-cabeça”. Foram utilizados, portanto, quatro bitolas diferentes de perfis I laminados, padrão americano.

Na fase de projeto legal e executivo ainda foram feitas reuniões entre o

arquiteto e os fornecedores ou projetistas de instalações, cabendo ao arquiteto a tarefa de compatibilização dos projetos.

4.2.4 SISTEMAS CONSTRUTIVOS

A partir da definição do partido arquitetônico de uma casa suspensa em palafitas, a escolha do sistema estrutural ocorreu de forma bem natural. A estrutura metálica mostrou-se a mais adequada, principalmente por aliviar do canteiro de obra vários dos processos construtivos (figura 4.9), uma vez que era preocupação do arquiteto preservar sob a casa, o máximo da originalidade do ambiente, não se criando uma sub-natureza, tão comum no panorama da cidade.



**Figura 4.9 – Visualização do sistema estrutural adotado: pórticos e contraventamentos.
FONTE: Arquivo do construtor**

A fundação foi executada em tubulões, blocos e cintamentos de concreto, calculados pelo mesmo escritório de cálculo da estrutura metálica (figura 4.10).

Para o sistema de fechamento foram utilizados panos de alvenaria em tijolo cerâmico furado (amarrados aos pilares através de ferros cabelo), além de esquadrias de alumínio e vidro comum (figura 4.11).

As lajes de piso foram moldadas no local, e a cobertura, inicialmente projetada em telha metálica sanduíche, arqueada e autoportante, por motivos econômicos acabou sendo construída em telha metálica simples (figura 4.12).

Como medida compensatória, foi instalada uma camada de isopor entre a telha metálica e o forro de gesso.



Figura 4.10 –Fundação: tubulões, blocos e cintamentos em concreto.
FONTE: Arquivo do construtor



Figura 4.11 –Paredes e divisórias executadas em alvenaria de tijolos cerâmicos.
FONTE: Arquivo do construtor

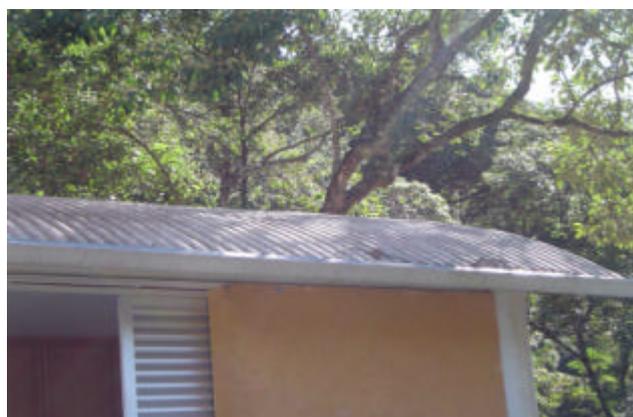


Figura 4.12– Visualização externa da cobertura em telha metálica simples.
FONTE: Arquivo pessoal

4.2.5 A SOLUÇÃO ESTRUTURAL

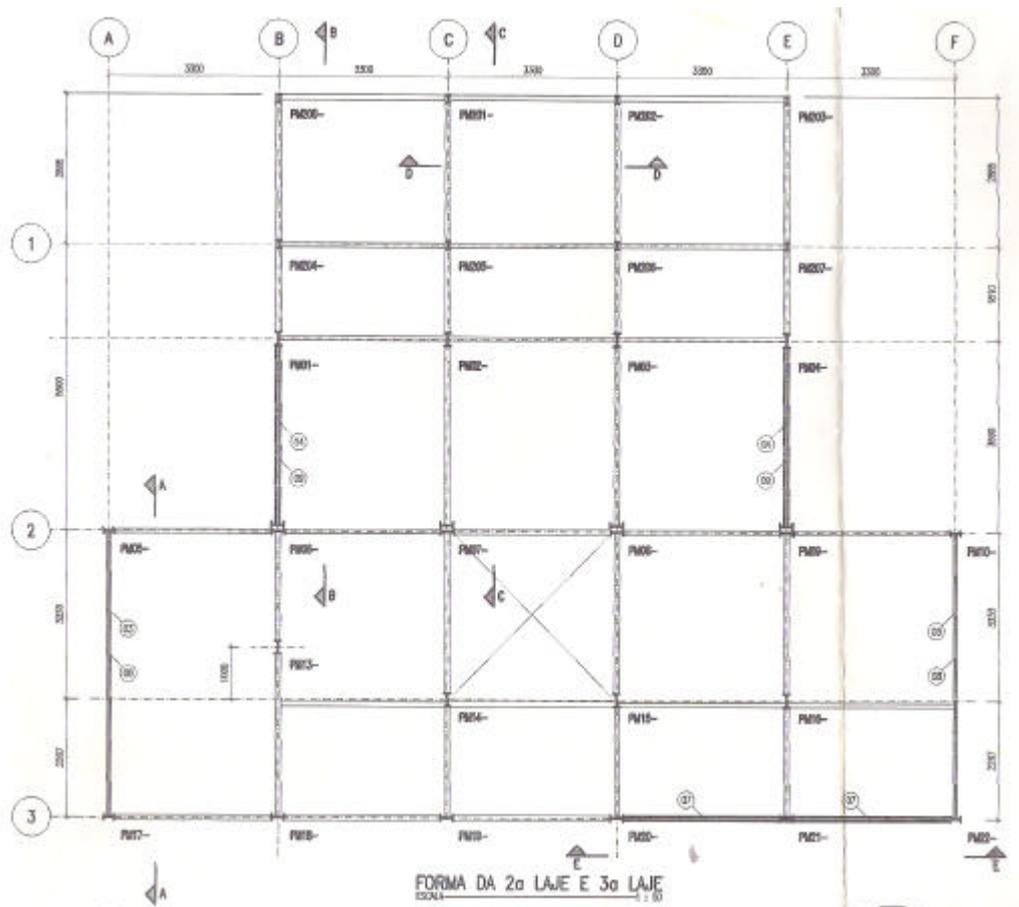
A estrutura da casa foi previamente lançada pelo arquiteto, de forma intuitiva. Como o partido arquitetônico tinha o apelo da estrutura, o cálculo respeitou o lançamento da malha horizontal requerida, ajustando as colunas em função dos apoios, mas preservando o desenho arquitetônico (como a projeção do balanço e os pilares inclinados chegando aos “pés” dos pórticos). Devido ao momento gerado no sentido do balanço, a edificação teve de ser ancorada lateralmente ao terreno natural através da passarela de acesso e da viga de ancoragem, conforme mostrado na figura 4.13.



**Figura 4.13 – Viga de ancoragem descarregando diretamente na fundação.
FONTE: Arquivo pessoal**

As interferências necessárias em relação ao arranjo estrutural prévio, deram-se em termos dos contraventamentos verticais e horizontais. O sistema resultante foi basicamente uma estrutura aporticada, com alguma parte articulada em função da transição. Em virtude da precariedade das condições de montagem, em termos do sítio e dos equipamentos disponíveis, as ligações tiveram de ser todas soldadas.

A figura 4.14 exemplifica a modulação utilizada no arranjo estrutural, e o lançamento dos contraventamentos em planta.



**Figura 4.14 – Arranjo estrutural: detalhe modulação e lançamento dos contraventamentos em planta .
FONTE: Arquivo do construtor**

4.2.6 O PROCESSO CONSTRUTIVO

Pesando aproximadamente 28 toneladas, a montagem da estrutura demorou em torno de 6 meses para ficar pronta. Não houve rigidez quanto a um cronograma de execução, porque a obra não tinha o tempo como compromisso. A preocupação maior era em seguir o fluxo de caixa previsto inicialmente.

Para a execução da obra, o construtor teve que, primeiramente, montar uma equipe de mão-de-obra. Esta equipe contava com um soldador terceirizado, além de mais três ou quatro pedreiros, estes sem a menor experiência com estrutura metálica e dependiam do acompanhamento do construtor peça a peça.

Em decorrência da grande preocupação com a economia, antes de se formalizar a compra dos perfis, o construtor elaborou um plano de corte para as peças de 12m de comprimento, prevendo as sobras e emendas. Existem elementos, portanto, formados por vários “pedaços” (figura 4.15).



(a) Pilar formado por emenda de peças menores (b) Detalhe das emendas do elemento

Figura 4.15 – Visualização dos elementos em situação de montagem da estrutura
FONTE: Arquivo do construtor

Observa-se, na figura 4.15(a) a inscrição “4000”, referente ao comprimento da peça e, na figura 4.15(b), a inscrição “resto”, identificando uma sobra da barra de 12m, após os cortes efetuados na serralheria.

Como não era permitida a entrada de caminhões trucados dentro do condomínio, as barras de 12m tiveram de ser previamente cortadas na oficina do serralheiro. A descarga das peças na serralheria foi difícil de ser feita, devido à largura estreita das ruas adjacentes. Após este corte prévio, as peças foram encaminhadas à obra onde foi feito o corte final e as uniões. Os equipamentos utilizados em obra para execução desses serviços foram um gerador de solda e um equipamento de corte com oxigênio e gás GLP.

Apesar de o cálculo apresentar os desenhos das peças cortadas uma a uma,

foi necessário ainda que o construtor fizesse um quadro resumo de todas as peças, indicando as que tinham detalhes de corte ou não, e apontando todas as medidas e inclinações dos cortes. Este resumo foi entregue ao soldador para a confecção dos perfis. Nos cortes das vigas, essas medidas necessitaram de correções no local da obra porque, devido à dificuldade de locação da casa decorrente da inclinação do terreno, não houve um rigor absoluto em relação às dimensões utilizadas nos cálculos.

Não foi desenvolvido um projeto específico para a montagem, ficando a cargo do construtor a definição da mesma. Os equipamentos usados na montagem foram andaimes, cordas e um tifor.

Primeiramente foi feita a fundação com tubulões de aproximadamente 5m de profundidade. Nas “cabeças” dos tubulões foram executados os blocos, ligados por um cintamento em concreto. Nos chumbadores (tipo gancho) dos blocos, foram fixadas as placas de base através de porcas, que receberam os pilares por soldagem.

Um complicador do processo de montagem foi o posicionamento dos pilares inclinados. Montada a estrutura vertical, a peça inclinada era posicionada, com o uso do tifor (figura 4.16) e conectada à viga horizontal por pontos de solda. Confirmada a posição de todas as peças, executava-se o cordão de solda. Este procedimento foi utilizado em todo o processo de montagem.



**Figura 4.16 – Posicionamento do pilar inclinado com utilização de tifor.
FONTE: Arquivo do construtor**

Tratando-se de uma obra na qual o fator tempo não era determinante, a montagem acabou levando aproximadamente seis meses para terminar, segundo os cálculos do construtor. O desafio era o de se conseguir fazê-la com os meios precários disponíveis, como a falta de um guindaste.

Depois de montada toda a estrutura, foi verificado pelo construtor que o quadro em balanço apresentava instabilidade horizontal. O calculista foi chamado à obra para verificação e foi então projetado um contraventamento horizontal para absorver este deslocamento (figura 4.17). Essa ocorrência não significava, que a integridade da estrutura seria comprometida, porém corria-se o risco de proporcionar desconforto aos usuários, um dado subjetivo ignorado pelas nuances dos programas de cálculo e que deve ser avaliado pelo projetista.



Figura 4.17 – Contraventamento horizontal acrescido.
FONTE: Arquivo do construtor

Para amarração da alvenaria foram soldados ferros de 1/8" nos pilares. Nas interfaces das vigas metálicas com as alvenarias, foi utilizada uma combinação de uma faixa de isopor, instalada no eixo da alvenaria, e injeção de espuma expansiva nas bordas. A incorporação do isopor em oposição à utilização somente da espuma, deu-se por motivos econômicos. Esta solução de interface passou a ser utilizada após uma conversa informal com um outro engenheiro, de maior conhecimento no assunto. Algumas paredes executadas quando este cuidado ainda não fora tomado apresentaram algumas trincas (figura 4.18).



Figura 4.18 – Trinca possivelmente relacionada à falta de junta de expansão entre a viga metálica e a alvenaria.

FONTE: Arquivo pessoal

Não houve alterações significativas no projeto durante sua execução, exceto algumas relativas a acabamentos ou ajustes de esquadrias. O arquiteto acompanhou a obra regularmente, principalmente na ocasião dos acabamentos, desenvolvendo alguns detalhes como o de execução dos armários.

Como proteção anti-corrosiva para a estrutura que fica toda aparente, foi feita uma pintura comum sobre fundo em zarcão. De acordo com os proprietários, a estrutura aparente da lavanderia apresenta alguma ferrugem, creditada à não aplicação do zarcão por negligência do pintor (figura 4.19). O assunto incêndio não foi levantado durante o processo.



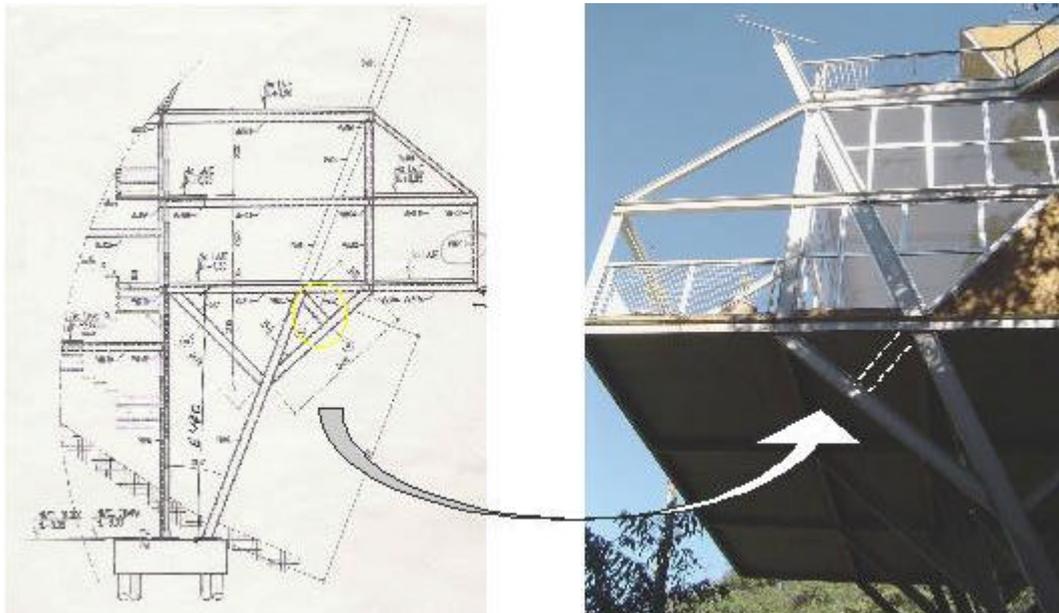
Figura 4.19 – Lavanderia: vigas com processo corrosivo relacionado à ausência de fundo em zarcão.

FONTE: Arquivo pessoal

4.2.7 COMENTÁRIOS

Favoravelmente, a interface entre os profissionais diretamente envolvidos ocorreu desde o princípio do processo, como na definição da compra dos perfis laminados, o que gerou interferências diretas no anteprojeto arquitetônico, desenvolvido a partir das dimensões definidas dos perfis. Isto, embora causando um possível prejuízo da harmonia estética, contribuiu para convenientes acertos do cronograma financeiro e garantiu a viabilidade da obra. Porém, na realidade, uma comparação entre as duas possibilidades, sob estas mesmas variantes, nunca foi efetivada. Também durante o lançamento da estrutura houve uma interação do arquiteto e do calculista principalmente em relação à posição dos contraventamentos (figura 4.20).

Esse trabalho em conjunto foi então responsável pelo pequeno resultado final de mudanças.



(a) Detalhe do projeto estrutural

(b) Detalhe: travamento

Figura 4.20 – Exemplificação da interação entre arquiteto e calculista na definição da estrutura: supressão de elemento requerida pela arquitetura

FONTE: (a) Arquivo do construtor; (b) Arquivo pessoal

No arranjo arquitetônico percebe-se, claramente, uma preocupação com a modulação dos vãos estruturais, buscando-se imprimir um mínimo de padronização a uma obra única e de pequeno porte. A motivação e a escolha

acertada do aço como sistema construtivo da Casa Serrana pode ser ilustrada pela citação de ZANETTINI (2000) “A lógica do concreto é a do cheio enquanto a lógica do aço é a do vazio, pois explora a tridimensionalidade. É uma solução que vence vãos enormes, interage com o verde e com o cenário, e em alguns projetos o próprio andar é a estrutura”.

Entretanto, o fator “construção” desta obra, com a utilização de uma equipe de mão-de-obra inexperiente no que diz respeito à estrutura metálica, exemplifica um dado ainda comum do mercado, que é o de se aprender a tecnologia na prática. Credita-se, neste caso, o desenrolar aparentemente tranqüilo da fabricação e montagem da estrutura, como mérito do empenho do construtor, embasado por bons projetos (arquitetônico e de cálculo estrutural).

O ideal é que a estrutura metálica seja contemplada pelas três modalidades de projetos: o de cálculo, o de fabricação e o de montagem. Porém, o projeto em foco apresenta-se como uma mistura dessas modalidades, o que resultou em um desenvolvimento incompleto de cada uma delas. A consequência disto é que muitas decisões acabaram sendo tomadas durante a fase de execução da obra. Como exemplo pode-se citar a situação da montagem que, segundo as palavras do construtor, “seguiu um raciocínio mais ou menos lógico, fazendo de forma que umas peças iam servindo de apoio para outras”.

Não existindo o projeto de montagem significa que não foi feita nenhuma verificação da ocorrência de estados limites durante a montagem. Logo, hipóteses poderiam ser levantadas, como: o processo de montagem definido na obra não poderia gerar esforços indesejáveis na estrutura?

Não há também no projeto estrutural as representações das conformações e tipos de soldas a serem utilizadas.

Um outro fator que deve ser evitado em obra é a transcrição de dados do projeto, por possibilitar a ocorrência de erros. Sendo assim, a necessidade de se desenvolver um quadro resumo indicando os detalhes de corte de cada peça (dimensões, ângulos, etc.) para a compreensão da equipe, foi um fator

desfavorável.

Observa-se em alguns detalhes do projeto de cálculo a inscrição “tirar medida in loco” (figura 4.21). Ora, em um projeto desenvolvido para um sistema industrializado, onde as peças deverão ser beneficiadas fora do canteiro de obras, uma indicação desta natureza reflete, no mínimo alguma falha do processo. Essa falha pode estar relacionada a uma falta de confiança nos dados anteriormente desenvolvidos, como o levantamento topográfico ou o projeto arquitetônico, ou à ausência de controle de qualidade do próprio projeto de fabricação, ou ainda a uma previsão da falta de rigor dos serviços em obra, como a locação.

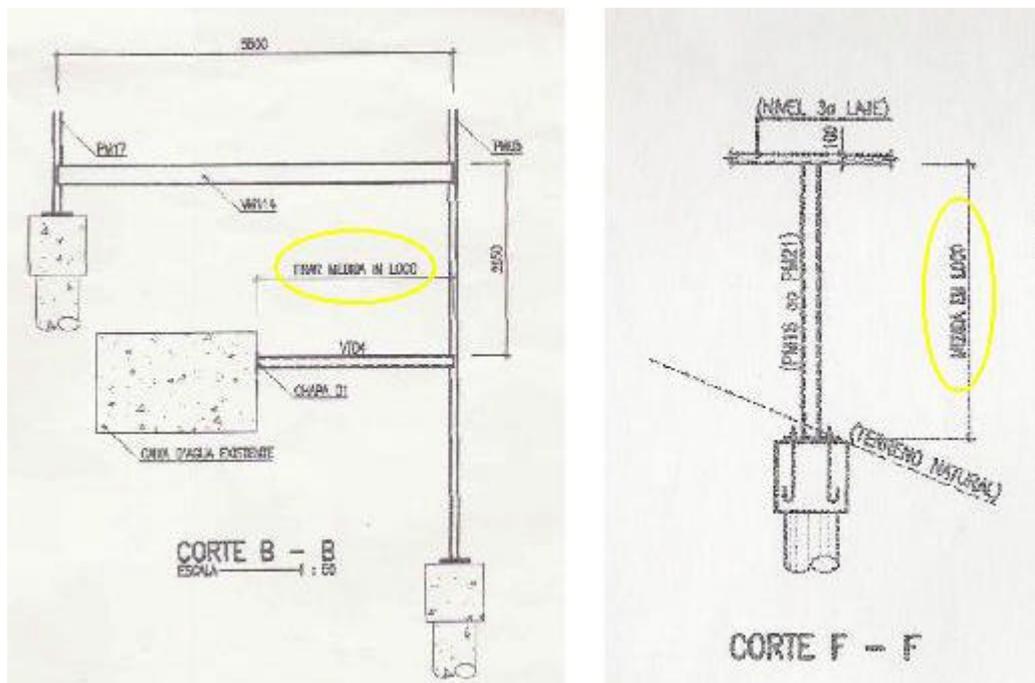


Figura 4.21 – Detalhes projeto estrutural
FONTE: Arquivo do construtor

A possibilidade de se “emendar” as peças metálicas é uma das vantagens da estrutura em aço, porém essa junção deve de ser criteriosa a fim de se manter o alinhamento da peça. Não é possível avaliar o rigor utilizado nos vários elementos, conformados por várias emendas, como mostrado anteriormente. Também não se pode descartar a possibilidade de que, nestas várias junções de um mesmo elemento, tenha-se um acúmulo de desvios, com uma não

coincidência dos centros de gravidade, gerando esforços adicionais nas seções.

Ainda em relação às junções das peças, não foi observado em projeto e nem na execução, o cuidado em se evitar pontos de acúmulo de água ou de poluição, responsáveis por grandes problemas de corrosão. A figura 4.22 evidencia os nós dos contraventamentos vertical e horizontal em X, formados por tubos circulares unidos a uma chapa. O agravante nesta situação é a penetração e o confinamento da água no interior do tubo, possivelmente provocando um processo corrosivo de dentro para fora, sem possibilidade de manutenção.



(a) Contraventamentos



(b) Det. nó contraventamento horizontal



(c) Det. nó contraventamento vertical

Figura 4.22 – Perfis tubulares com a seção aberta permitindo o percolamento de água em seu interior - FONTE: Arquivo pessoal

A infiltração de água, aliás, é a principal patologia desta edificação, ocorrendo em pontos de encontro entre a estrutura e a alvenaria, em diversos ambientes. A água pode entrar por fissuras causadas pela movimentação da estrutura, quando a junta de dilatação é inexistente, ou mesmo quando não é executada corretamente. Na figura 4.23 pode-se verificar o vazio entre a última fiada de tijolos da alvenaria de fechamento e a viga, a fim de ser executada a junta de

dilatação. Porém, um cuidado deste tipo não foi tomado um cuidado deste tipo em relação ao contraventamento em diagonal embutido na alvenaria.



Figura 4.23 – Detalhe execução do fechamento em alvenaria.
FONTE: Arquivo do construtor

As interfaces entre as lajes de concreto e a estrutura também são pontos vulneráveis à entrada da água, principalmente quando a estrutura avança no alinhamento externo da fachada, provocando pontos de acúmulo de umidade (figura 4.24).



Figura 4.24 – Estrutura avançando no alinhamento em relação à linha da alvenaria: ponto de acúmulo de umidade.
FONTE: Arquivo pessoal

A figura 4.25 mostra as vistas internas dos pontos de infiltração na sala de convívio.



Figura 4.25 – Pontos de infiltração na sala de convívio.

FONTE: Arquivo pessoal

O problema maior ocorreu com a laje de piso do terraço descoberto. Reconhecidamente como falha de projeto, não houve um detalhamento da situação de junção viga e laje, da impermeabilização e definição de alturas de trabalho. A laje externa deveria se apoiar nas mesas inferiores das vigas, e a laje interna (pavimento dos quartos), nas mesas superiores. Porém isto não ocorreu, e as duas lajes foram apoiadas nas mesas superiores para garantir o pé direito do ambiente inferior. O desnível entre os ambientes interno e externo não foi suficiente para comportar o caimento necessário e a impermeabilização. Isso fez com que os drenos não tivessem uma vazão adequada, provocando um refluxo para o interior da casa. Foi uma patologia gerada no projeto arquitetônico, mantida no estrutural e confirmada na execução. Duas intervenções já foram feitas no local. Na primeira intervenção foi chamado um professor da área para dar um parecer, e então toda a impermeabilização foi refeita, com colocação de uma manta acrílica e um material vedante por cima. Não tendo surtido efeito, foi feita uma segunda intervenção paliativa, consistindo da instalação de um rufo em todo o perímetro do terraço (figura 4.26). Esta solução minimizou o problema da infiltração ao longo da viga de borda (figura 4.27), porém nas quinas, o problema ainda persiste.



Figura 4.26 – Detalhe viga de borda da laje do terraço.
FONTE: Arquivo pessoal

Em alguns pontos da pesquisa é percebida a falta de um registro mais preciso dos fatos ocorridos. Por exemplo, o nome do material utilizado nas juntas de dilatação (alvenaria/viga metálica) não foi “lembrado”.



Figura 4.27 – Detalhe comprometimento da viga de borda da laje do terraço.
FONTE: Arquivo pessoal

A impressão geral entre os profissionais envolvidos é a de que todo o processo se transcorreu de uma forma muito tranqüila, e que os percalços ocorridos são compreensíveis, dada a inexperiência de algumas partes. Existe também a impressão de que o cronograma financeiro foi respeitado, já que os proprietários realmente desembolsaram os valores que haviam programado.

Porém é muito difícil mensurar, exatamente, o custo final da obra, devido às várias circunstâncias relatadas.

4.3 RESIDÊNCIA 02

A casa em questão situa-se em um bairro residencial de Belo Horizonte, Minas Gerais. Localizado em uma encosta, a principal característica do bairro são os terrenos muito íngremes.

A casa foi projetada pelo proprietário, que é arquiteto, no ano de 2002, tendo a obra transcorrido de meados de 2002 ao final de 2003. Com aproximadamente um ano de uso, a casa já precisou passar por correções para sanar principalmente os problemas com infiltração.

4.3.1 O ESCRITÓRIO DE ARQUITETURA

Com grande especialização na linha de patrimônio, o proprietário divide a carreira de profissional autônomo com a acadêmica (ministra aulas nos cursos de graduação, mestrado e doutorado) e com a de arquiteto do IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional).

O escritório de arquitetura funciona em sua própria residência. Costuma trabalhar sozinho, mas também desenvolve projetos em parceria com outros arquitetos como foi o caso do primeiro projeto em aço de sua concepção. Tratava-se de uma unidade para a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, a ser construída no campus principal, mas que não chegou a ser executada.

Por se tratar de um projeto autoral, as etapas usuais do processo de projetar e apresentar inexistiram. Este ficou restrito a um aprofundamento na etapa de estudos, esgotado em discussões com os outros usuários, e a partir do qual se passou diretamente ao desenvolvimento dos projetos legal e executivo.

4.3.2 A SOLUÇÃO ARQUITETÔNICA

Fazendo um contraponto com a área de patrimônio muito presente para o proprietário, era desejo seu fazer uma edificação de linhas modernas, com materiais que reforçassem essa característica.

Implantada em um terreno de medidas padrão (em torno de 12m de frente por 30m de comprimento), a edificação ocupa toda a largura do lote, tendo sido necessária a criação de fossos de iluminação e ventilação que acabam no piso inferior em jardins internos.

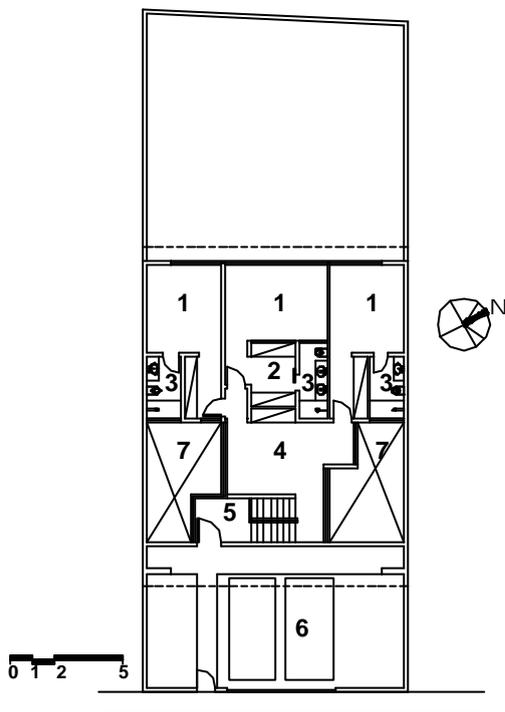
A inclinação do terreno gerou um partido arquitetônico escalonado para a edificação, que por sua vez dá origem a uma setorização bem clara dos ambientes. O nível da rua é configurado como a área de chegada, abrigando a garagem e o hall de entrada. Meio nível abaixo se tem o pavimento íntimo da casa, com a localização das suítes e de uma sala de estar. O pavimento seguinte é definido como área de trabalho, configurado pelo escritório de arquitetura e pelo atelier de pintura da proprietária. Já o pavimento mais inferior é dedicado ao convívio e serviço, possuindo área de serviço e cozinha em estilo americano, conjugada com a ampla sala de estar e jantar. Os fundos do terreno foram aterrados até o nível do primeiro pavimento, resultando em uma área de extensão da sala, da qual é separada por grandes painéis de vidro, reforçando a integração do exterior com interior.

As figuras de 4.28 a 4.31 elucidam a configuração arquitetônica.

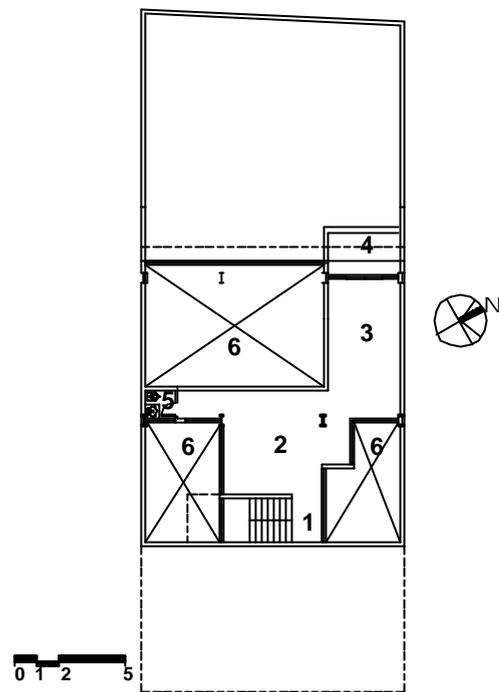
4.3.3 O PROCESSO DE PROJETO

Ao iniciar o processo de projeto da edificação, o proprietário tinha em mente a utilização do sistema construtivo tradicional em concreto. Sendo assim, o projeto arquitetônico foi completamente desenvolvido e então enviado a um escritório de engenharia para a execução do projeto de cálculo para a estrutura de concreto. O cálculo foi totalmente elaborado, inclusive com a definição do tipo de lajes, que seriam nervuradas. Neste momento foi feito um orçamento da

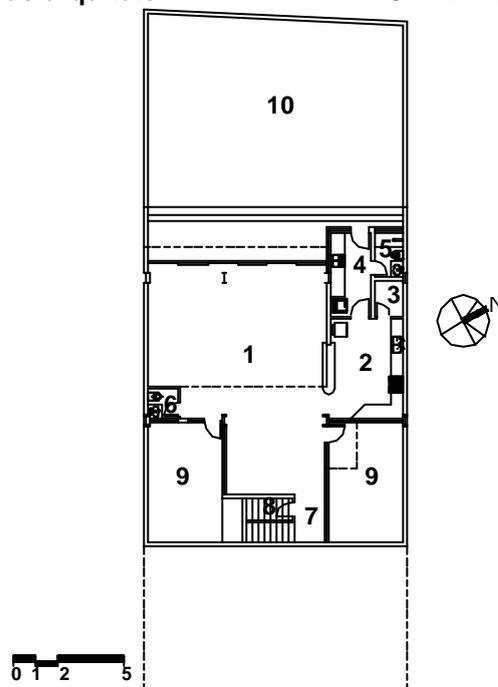
obra, que ficou acima do cronograma financeiro idealizado.



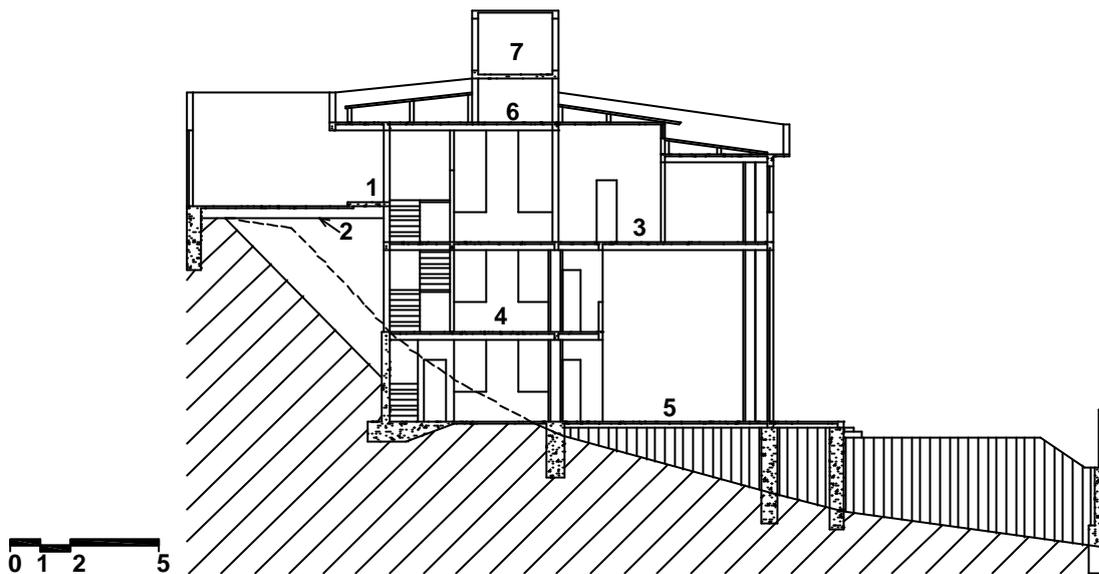
Legenda: (1) Suíte, (2) Closet, (3) Banho, (4) Sala, (5) Hall, (6) Garagem, (7) Vazio
 Figura 4.28 – Planta nível -1,16m.
 FONTE: Arquivo do arquiteto.



Legenda: (1) Circulação, (2) Escritório, (3) Atelier, (4) Varanda, (5) Lavabo, (6) Vazio
 Figura 4.29 – Planta nível -4,40m.
 FONTE: Arquivo do arquiteto.



Legenda: (1) Sala, (2) Cozinha, (3) Despensa, (4) Serviço, (5) Banho, (6) Lavabo, (7) Circulação, (8) Depósito, (9) Jardim Descoberto, (10) Área Externa
 Figura 4.30 – Planta nível -7,64m. - FONTE: Arquivo do arquiteto.



Legenda: (1) N+0,10 – Garagem/Hall, (2) N-0,50 - Jardim, (3) N-1,16 - Suítes, (4) N-4,40 - Escritório, (5) N-7,64 - Convívio, (6) N+2,96 - Boiler, (7) N+4,66 – Cx D'Água

Figura 4.31 – Corte esquemático. - FONTE: Arquivo do arquiteto.

A opção de se usar a estrutura metálica ocorreu ao proprietário de uma forma inusitada. Ele estava um dia no terreno já orientando os trabalhos iniciais de preparo e limpeza da área, quando foi abordado pelo motorista de um caminhão carregado com uma estrutura. Vislumbrando então a possibilidade de utilização da estrutura em aço, o proprietário entrou em contato com a empresa Usiminas na busca de orientações e de bibliografia a respeito, tendo sido lhe indicado nesta oportunidade um fabricante de estruturas.

Na época enquadrada como pequeno porte, e com aproximadamente 7 anos de mercado, a empresa de estruturas já possuía um organograma de serviços, com setores separados de projeto, montagem, financeiro e fábrica. O setor de projetos era subdividido em engenharia, onde se desenvolviam os cálculos e definia a estrutura (representados em base unifilar), e em detalhamento, onde os projetistas desenvolviam o plano de execução e montagem. O produto gerado no detalhamento representa os perfis em escala, com cotas de eixo e identificação das peças. Os serviços podem ser prestados em conjunto ou em partes, conforme o contrato. A composição de custos é elaborada a partir da conversão de todos os trabalhos a serem executados em peso de aço. O processo de certificação é uma meta futura para a empresa, por se acreditar

que seja importante para o mercado, principalmente como forma de se nivelar concorrências.

O fabricante recebeu o projeto arquitetônico da forma como estava, a partir do qual elaborou o orçamento da estrutura calculada, fabricada e montada. Este orçamento ficou em quase a metade do orçamento da obra em concreto, o que levou o proprietário a adotar a opção definitivamente e a contratar a empresa.

O proprietário acredita que o fabricante tenha feito alguns ajustes no projeto arquitetônico para sua adequação ao sistema construtivo em aço, mas ele próprio não possui tais registros.

No decorrer do processo de projeto, o fabricante alega que o proprietário modificou o projeto arquitetônico algumas vezes, gerando um retrabalho no desenvolvimento do cálculo. Por sua vez o proprietário defende que a essência do projeto sempre foi a mesma.

4.3.4 SISTEMAS CONSTRUTIVOS

A alteração do sistema estrutural não refletiu em modificação do sistema de fechamento, que foi mantido em paredes de alvenaria de tijolo cerâmico furado (figura 4.32).

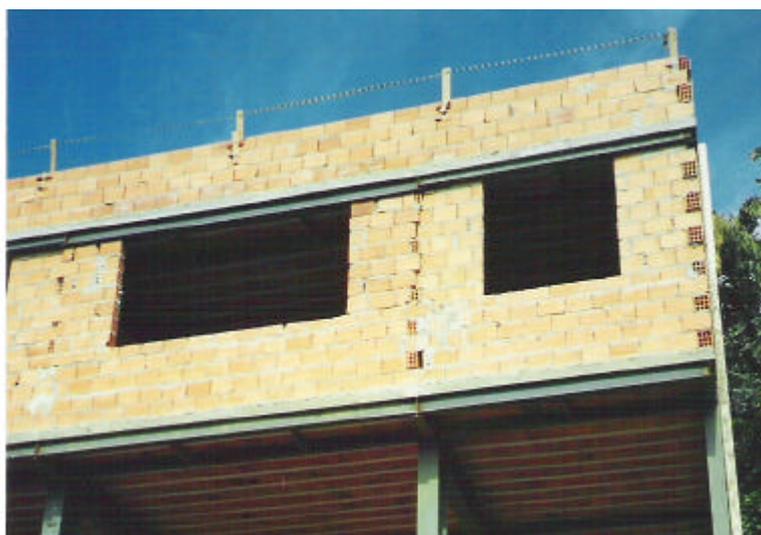


Figura 4.32 – Execução de fechamento em alvenaria.
FONTE: Arquivo do arquiteto.

As lajes, por sua vez, foram executadas no sistema pré-fabricado de vigotas e tijolos cerâmicos (figura 4.33).



Figura 4.33 – Montagem das lajes pré-fabricadas.

FONTE: Arquivo do arquiteto.

A vedação das aberturas foi feita em vidro temperado com caixilharia em alumínio. Existem algumas janelas que, por questão de tamanho, não puderam ser de correr, tendo sido executadas como pivotantes, sem a estrutura em alumínio. Esta falta de estrutura, aliada à ausência de beiral, fez necessário o acréscimo posterior de um toldo como anteparo à entrada de água (figura 4.34).

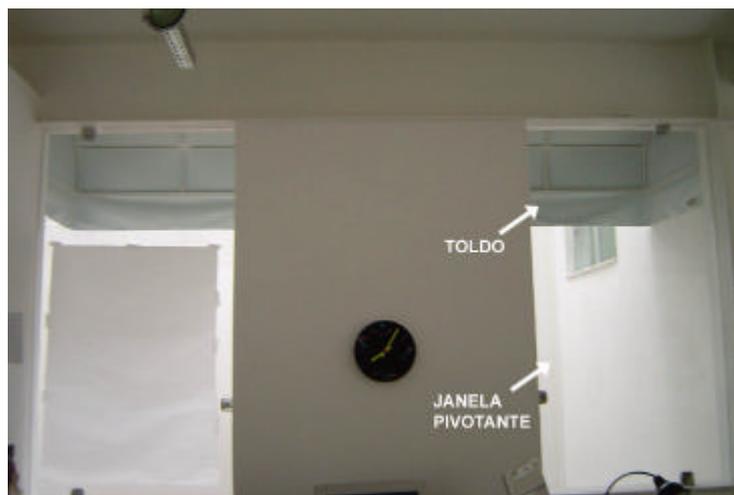


Figura 4.34 – Vista interna janelas protegidas por toldo.

FONTE: Arquivo pessoal.

A cobertura inicialmente foi definida como metálica. Porém, para adequação do custo ao cronograma financeiro, foram usadas telhas de fibrocimento

embutidas na platibanda.

4.3.5 A SOLUÇÃO ESTRUTURAL

O lançamento da estrutura metálica seguiu o mesmo arranjo do projeto desenvolvido para concreto, conformando uma malha principal para locação dos pilares com 4 eixos longitudinais e 4 eixos transversais. Foram definidos eixos secundários de vigamento, com posicionamento diferente em cada nível da estrutura, conforme a necessidade do projeto arquitetônico. As figuras 4.35 a 4.37 exemplificam parte do lançamento estrutural.

O sistema estrutural resultante é formado por pórticos de ligações rígidas em ambas as direções, já que foi opção do proprietário a não utilização de contraventamentos.

Foram usados perfis I laminados de abas paralelas com bitolas variadas. O partido arquitetônico explorou a estrutura aparente, que foi então toda pintada.

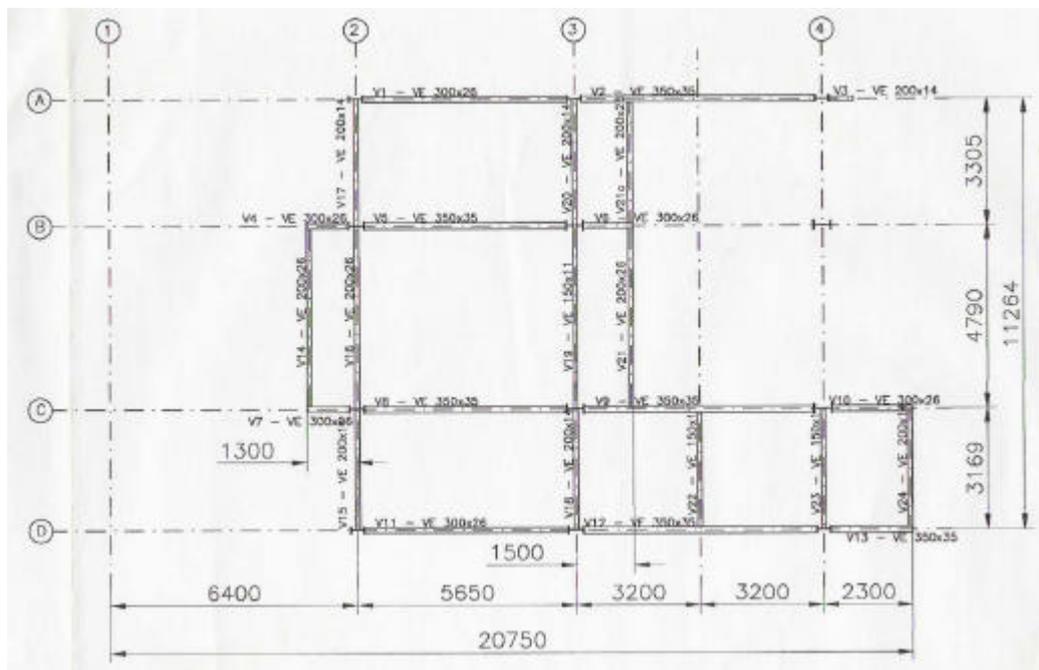


Figura 4.35 – Planta lançamento estrutural N-4,40.
FONTE: Arquivo do arquiteto.

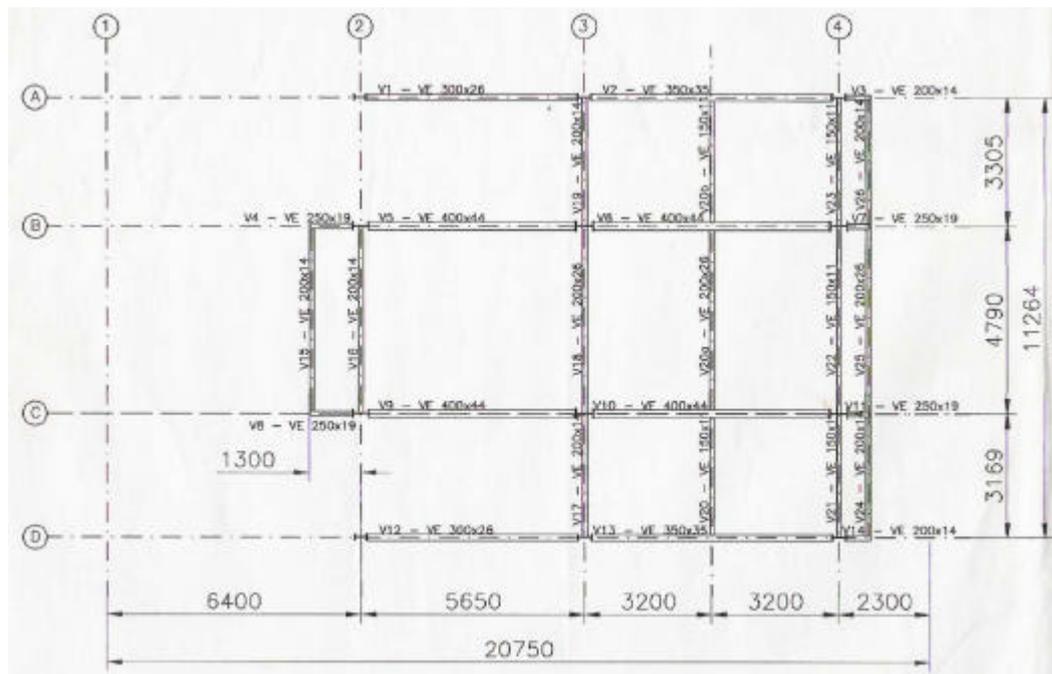


Figura 4.36 – Planta lançamento estrutural N-1,16.
 FONTE: Arquivo do arquiteto.

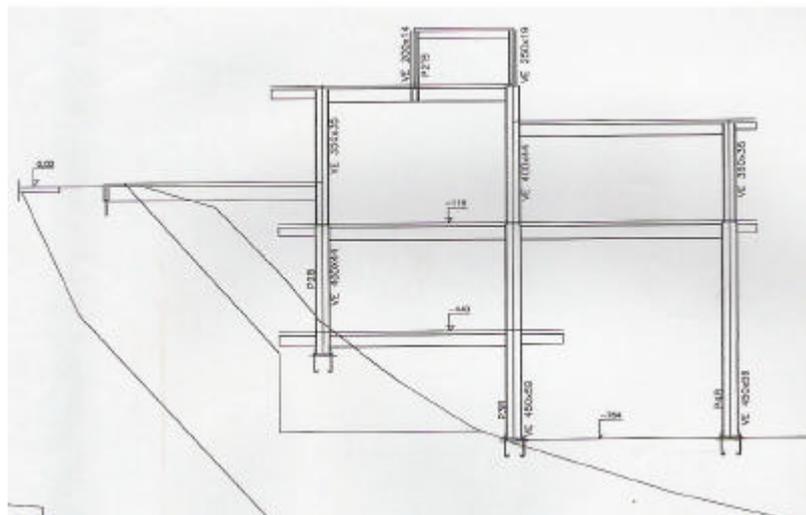


Figura 4.37 – Elevação eixo B do projeto estrutural.
 FONTE: Arquivo do arquiteto.

4.3.6 O PROCESSO CONSTRUTIVO

Enquanto a estrutura era fabricada, iniciaram-se no terreno os trabalhos de terraplenagem e de fundação, sob acompanhamento de uma engenheira de obras. Isto se deu no final do ano de 2002, durante a estação chuvosa, o que comprometeu em muito o desenvolvimento do cronograma. O serviço de

retirada de terra e execução dos platôs demorou mais de 3 meses para ser concluído, pois todo o trabalho teve de ser manual devido à inexistência de condições de trabalho para uma retroescavadeira.

Na divisa dos fundos foi construído um muro de arrimo calculado pela engenheira em blocos cheios com concreto para a contenção do aterro. Após pouco tempo de acomodação do solo, este muro começou a abaular para a casa vizinha, apresentando sérios sinais de comprometimento estrutural. Este fato agravou a relação do proprietário com a engenheira, que já havia cometido um erro no nivelamento da base que receberia os pilares. As bases mais baixas acarretaram em uma emenda nos pilares, serviço este executado ainda com a estrutura em fábrica. Houve então uma cisão do contrato, ficando a cargo do proprietário o acompanhamento da obra.

Construiu-se um segundo muro de arrimo neste local, calculado por um outro engenheiro, e dessa vez executado sobre tubulões. O engenheiro fez também o cálculo do muro de contenção do corte do terreno e fez uma sugestão aos proprietários de se descarregar os pilares metálicos diretamente neste muro (figura 4.38) e não imediatamente à frente como estava previsto. A fabricação da estrutura foi mais uma vez revista e os pilares cortados.



**Figura 4.38 – Pilares metálicos descarregando sobre muro de arrimo.
FONTE: Arquivo do arquiteto.**

Durante a montagem da estrutura percebeu-se que as dimensões do terreno

não correspondiam às de projeto. No desenvolvimento arquitetônico, o proprietário estava certo de que o lote tinha medidas padrão de 12x30m, porém na verdade o lote apresentava 11,9m de largura, resultado da locação dos muros de divisas existentes. Mais ainda, existia uma sapata de um dos muros vizinhos que avançava justamente onde seria necessário o lançamento de um apoio, que teve então de ser deslocado. Este fator afetou a estrutura tanto do ponto de vista altimétrico quanto de largura de vãos. Ambos os vãos laterais tinham originalmente 3,475m de largura, simétricos em relação ao vão central de 4,75m. Um deles foi reduzido para 3,325m como forma de ajuste à diferença de largura encontrada.

O volume de retrabalho gerado para adequação da estrutura a esta nova realidade foi muito grande. Agravou-se ao fato a estrutura já ter sido entregue, sendo necessária a translação do maquinário para a obra, para a execução dos cortes e emendas. O fabricante executou os serviços e terminou a montagem da estrutura, porém deu-se um impasse quanto ao valor inicial de contrato, sob a alegação de que o peso final da estrutura ficou maior que o orçado. A preocupação maior do proprietário era este processo ser encaminhado à Justiça e comprometer definitivamente o andamento da obra, no qual estava embutido um financiamento. A solução encontrada foi uma negociação em meio termo, com o fabricante deixando de entregar a escada que ainda seria executada, que ficou a cargo de um serralheiro conhecido do proprietário.

Para executar o fechamento em alvenaria, o proprietário baseou-se na indicação de NASCIMENTO (200-) que recomenda uma distância de aproximadamente 2cm entre a estrutura e a alvenaria, preenchida com argamassa expansora. Em consulta pessoal, o autor indicou qual argamassa usar, além do local de aquisição.

O cronograma financeiro foi programado para um investimento inicial de recursos próprios, custeando até a etapa de montagem da estrutura, complementado por um financiamento obtido junto à Caixa Econômica Federal. O financiamento seguiu os procedimentos usuais, com a liberação das parcelas

conforme as medições. O problema da chuva constante e alguns atrasos de determinados serviços provocaram, por vezes, uma alteração no cronograma físico, o que gerou alguns entraves nas liberações de determinadas medições. Na parte final da obra o proprietário sentiu a necessidade de contratar um outro engenheiro para condução dos trabalhos, além de mão-de-obra baseada em metas, a fim de se conseguir cumprir o cronograma.

4.3.7 COMENTÁRIOS

Este pode ser considerado um caso clássico de quando a inexperiência é responsável por uma série de equívocos, que não podem gerar outra coisa a não ser retrabalhos e prejuízos. O proprietário buscou meios de suprir essa carência fazendo consultas a bibliografias especializadas, a algum especialista e empresa do ramo, mas faltou principalmente a maturidade em relação ao funcionamento do sistema estrutural industrializado, que necessita de um processo de projeto muito bem feito para poder funcionar.

Como a edificação aproveitaria toda a extensão do terreno, e como os lotes vizinhos já estavam ocupados, era primordial uma conferência das dimensões do terreno, antes da execução do projeto. E a partir do momento em que se definiu utilizar a estrutura metálica, o projeto arquitetônico deveria ter sido todo revisto, buscando uma modulação mais racional para os vãos.

Deveria ter havido, também, uma etapa formal de compatibilização de projetos, conduzida pelo proprietário, e incluindo os projetos complementares. A falta desta etapa foi sentida durante toda a obra e, especialmente, quando ficaram reduzidas as opções para se esconder as tubulações, já que o orçamento não contemplava um forro de gesso. A solução dada para a tubulação dos banheiros laterais foi passá-las entre os muros de divisas e as paredes, enquanto a tubulação do banheiro central ficou mesmo aparente (figura 4.39).



**Figura 4.39 – Interferência tubulação hidráulica:
tubo de queda do banheiro central aparente.
FONTE: Arquivo do arquiteto.**

Também em uma compatibilização de projetos, uma análise mais detalhada, permitiria ao proprietário argumentar com o fabricante sobre a conveniência de uniformização das bitolas das vigas (figura 4.40). Assim como se tornou obsoleto o pensamento “forma e função”, o cálculo estrutural poderia ter mantido a unidade estética, mesmo que alguma parte da estrutura ficasse superdimensionada. Esta atitude, apesar de incrementar peso em locais onde não seria necessário, não representa, necessariamente, um aumento do custo final, pois uma diminuição da variação de bitolas poderia sim otimizar a fabricação e diminuir as perdas.

Pela figura 4.40b é possível, inclusive, observar-se um ponto crítico na execução das esquadrias, gerado pela diferença de altura das vigas.

É comum os escritórios de projeto desenvolverem suas próprias normalizações de representação de projetos. Dessa forma, o projeto de cálculo apresentado traz algumas particularidades, como a separação da identificação das vigas nas plantas e dos pilares nos cortes. Considerando-se que a mesma empresa é a responsável tanto pelo cálculo quanto pela fabricação e pela montagem, essa linguagem de projeto fica muito restrita, não existindo, por exemplo, a representação do quadro resumo das peças e nem detalhes de execução,

como os de cortes.



(a) Viga contínua fachada posterior: laje de forro dos quartos (b) Encontro de vigas: laje de forro área de serviço

Figura 4.40 – Diferença entre bitolas de vigas.

FONTE: Arquivo pessoal.

Existe uma divergência entre o fabricante e o proprietário no que diz respeito à área da casa. Para o proprietário esse valor fica em torno de 370m^2 , correspondente à metragem utilizada no orçamento, enquanto o fabricante alega que executou aproximadamente 790m^2 de estrutura. Uma explicação para essa diferença pode vir da forma como cada profissional vê a edificação. Para a arquitetura o que conta é a área que compõe o coeficiente de aproveitamento. Desse modo, várias áreas não são computadas no cálculo arquitetônico, como os vazios internos dos jardins, o vazio do mezanino, a caixa d'água e o boiler, assim como a projeção da escada. Já o fabricante vê a estrutura conformando uma caixa, uma ocupação de mesmo perímetro em todos os pavimentos, portanto incluindo as áreas que a arquitetura desconta. O impasse foi instaurado quando o fabricante reclamou o recebimento desta diferença. O proprietário relata que até poderia ser cobrado um valor pelos retrabalhos ocorridos durante a obra, mas que não aceitava cobrir um erro de cálculo, já que o fabricante teve acesso ao projeto arquitetônico e que poderia ter feito essa conferência antes de ser fechado o valor do contrato. O fabricante, por sua vez, assume que errou mas que foi correto em executar toda a obra, entregando uma metragem maior do que a contratada. Como já foi dito, esse impasse resultou na incorporação do valor da escada sem sua execução, mas mesmo assim ambas as partes acreditam que foram lesadas.

Mais uma vez é importante ressaltar a importância de um projeto bem feito, não só o arquitetônico, mas também o de cálculo.

As chuvas e o atraso na execução dos trabalhos de terraplenagem comprometeram a entrega da estrutura, programada para 20 dias, bem como os serviços de solda no campo. A figura 4.41 ilustra as condições de acesso ao terreno, quando do desembarque de parte da estrutura.



**Figura 4.41 – Desembarque manual da estrutura pela rampa de acesso.
FONTE: Arquivo do arquiteto.**

O período chuvoso permaneceu até o final do ano, acelerando o surgimento dos problemas de infiltração na edificação. Então, depois de aproximadamente um ano de ocupação, a casa já estava passando por procedimentos para sanar as patologias surgidas.

Similarmente ao estudo de caso anterior, é bem provável que a água estivesse infiltrando por algumas fissuras (figura 4.42), mas principalmente pela interface laje – estrutura devido à ausência de pingadeiras (figura 4.43).

Feita uma nova consulta ao especialista, este indicou como reparo para as pequenas fissuras o preenchimento com mastique (figura 4.44), e para as fissuras maiores foi recomendado além do mastique o uso de tarussel para o enchimento do vão.



Figura 4.42 – Fissura entre viga e alvenaria, e recomposição de pintura.
FONTE: Arquivo pessoal.



(a) Vista interna



(b) Vista externa

Figura 4.43 – Interface laje estrutura: principal meio de infiltração.
FONTE: Arquivo pessoal.



Figura 4.44 – Recuperação de fissura com mastique.
FONTE: Arquivo pessoal.

O proprietário acredita que as infiltrações tenham ocorrido devido à ausência do material expansor em determinados pontos e que esses problemas poderiam ter sido evitados se houvesse um controle mais rigoroso durante a obra. Porém, a existência de tantas fissuras em um período tão curto de tempo pode não estar associada somente à movimentação da estrutura. Como a casa foi assentada sobre um grande platô conformado por um aterro, a acomodação do terreno pode ter agravado o problema e provocado nos pontos mais críticos, um desligamento nas interfaces entre a estrutura, os fechamentos e as lajes. A figura 4.45 mostra trincas nos pisos em dois pontos diferentes da casa, ocorrências típicas da acomodação das fundações da edificação.



**Figura 4.45 –Cerâmicas de piso trincadas.
FONTE: Arquivo pessoal.**

O processo de financiamento pela Caixa Econômica Federal seguiu o padrão utilizado para as obras em sistema convencional, não tendo sido exigida a apresentação de nenhum detalhe específico ou dos Termos de Responsabilidade, diferentemente das instruções da cartilha: “Edificações Habitacionais Convencionais Estruturadas em Aço: requisitos e critérios mínimos para financiamento pela Caixa”.

Mesmo com todos os problemas e prejuízos, os proprietários não acham que a obra “deu errado” e estão satisfeitos com a ambientação da casa, sua arquitetura e conforto. Para a proprietária, porém, a marca deixada pelo processo gerou um sentimento de arrependimento quanto à escolha da estrutura metálica, principalmente pelos problemas de infiltração de água que acredita serem irremediáveis se não for feito, desde o princípio, o investimento

nos materiais específicos. Acredita também que a mão-de-obra não está qualificada para a tecnologia, já que nem os vários engenheiros que passaram pela obra tinham trabalhado com estrutura metálica, e que mesmo em um sistema industrializado os imprevistos acontecem.

4.4 RESIDÊNCIA 03

Situado em um condomínio na cidade de Lagoa Santa, região metropolitana de Belo Horizonte, este estudo de caso refere-se a uma ampliação de uma residência de lazer.

Exemplifica-se com este caso a utilização adequada da estrutura metálica para obras de reforma, por sua rápida capacidade de resposta às transformações necessárias, como sustentação ou escoramento de estruturas existentes. Quando a edificação original é de construção tradicional, como neste caso, esta interface de sistemas pode gerar alguns conflitos.

4.4.1 O ESCRITÓRIO DE ARQUITETURA

Com 18 anos de profissão, a arquiteta desta obra sempre trabalhou como profissional autônomo, em projetos particulares ou prestando serviços a algumas empresas. A maioria dos trabalhos desenvolvidos são residências unifamiliares, tendo executado também muita arquitetura de interiores para edifícios e lojas comerciais.

Para clientes de obras particulares, o desenvolvimento do trabalho passa por uma primeira etapa de estudo preliminar básico, representado por um estudo de setorização. O objetivo é elucidar como seria o espaço sob técnicas de construção diferentes para a definição do sistema construtivo, além de estudar a organização dos ambientes e a insolação, bem como para buscar um maior conhecimento dos anseios dos clientes. Às vezes é necessário desenvolver um

segundo estudo preliminar mais detalhado, para então se passar ao anteprojeto. Aprovado o anteprojeto desenvolve-se o projeto legal e o executivo. O projeto de detalhamento é sempre desenvolvido após aprovação do projeto arquitetônico nos órgãos competentes e tem contrato a parte.

O trabalho de definição dos estudos e anteprojetos quase sempre é realizado somente pela arquiteta. Existe já estabelecida uma rede de profissionais aos quais se faz uma parceria sempre que necessário, como topógrafos, desenhistas ou mesmo uma construtora. Em projetos de menor porte, a arquiteta desenvolve manualmente o projeto até a fase de projeto executivo e então terceiriza a execução dos desenhos computadorizados. Em projetos maiores o desenvolvimento manual vai até a fase de aprovação do anteprojeto pelo cliente, quando então as demais fases já passam a ser desenvolvidas por parceiros. Os desenhos de apresentação também são desenvolvidos, na maioria das vezes, manualmente pela arquiteta, ou então podem também ser terceirizados a profissionais de computação gráfica.

Este é o segundo contato da arquiteta com projetos de estrutura metálica. No primeiro projeto ela foi contratada por uma construtora para o desenvolvimento arquitetônico de uma indústria, a fim de entrarem em uma concorrência. A arquiteta então não teve contato algum com os proprietários da obra. A estrutura metálica deveria ser utilizada em toda a fábrica, com exceção dos escritórios, pois os clientes acreditavam que o sistema era caro e pouco confortável para essa aplicação. Curiosamente a indústria em questão era para uma empresa de galvanização de telhas.

Para a arquiteta, a estrutura metálica vem ao encontro de suas características de projetar, com base em vãos livres e espaços flexíveis. Essa consciência foi tomada após tomar conhecimento da obra do arquiteto Allen Roscoe (ver apêndice), constatando que diferentemente do que pensava anteriormente, a estrutura metálica não precisa ser constituída de peças pesadas, grosseiras, pintadas e conjugadas com alvenaria.

Existe a expectativa de que, com a estrutura metálica, ela como arquiteta possa facilmente administrar uma obra, baseada no processo industrializado de um menor número de variações de elementos e detalhes. Essa afirmação se apóia na experiência obtida com esta residência, onde o projeto de cálculo foi todo apresentado em um único formato A1.

A arquiteta relata ainda que não viu muita dificuldade em utilizar a tecnologia, e que se adaptou bem ao desenho com medidas de eixo, acreditando até que o desenho arquitetônico deva adotar essa metodologia para um maior poder de controle sobre interferências realizadas no projeto.

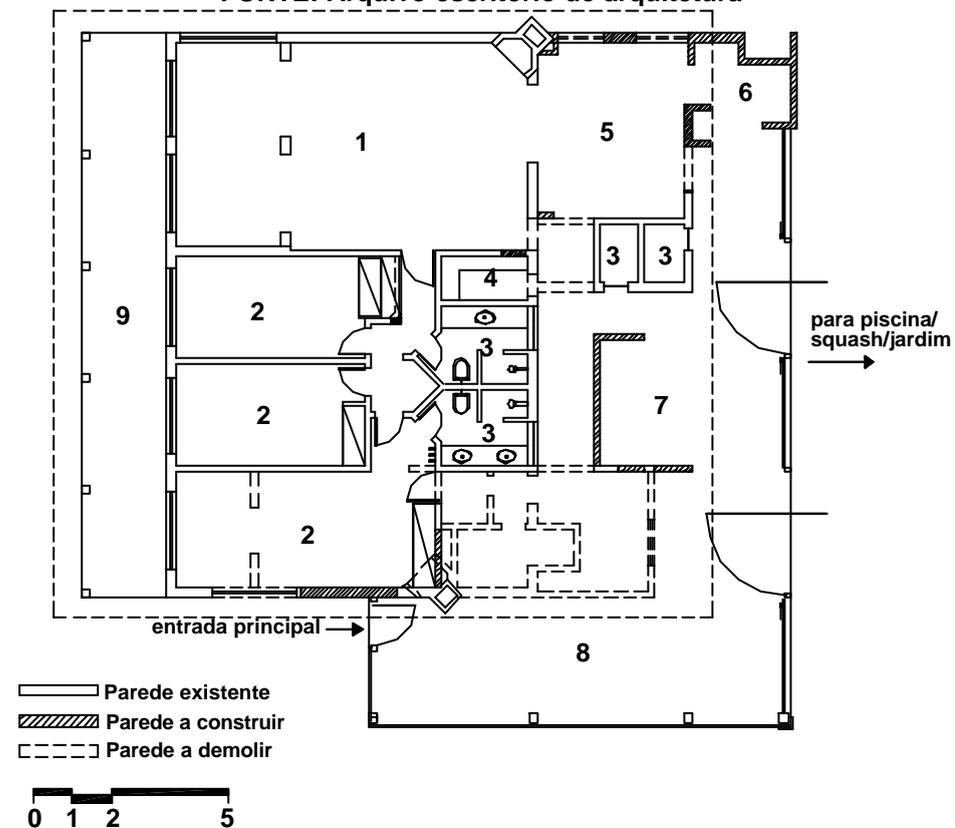
4.4.2 A SOLUÇÃO ARQUITETÔNICA

Utilizada para finais de semana, a casa necessitava de uma reforma na área destinada ao lazer. As recomendações dadas à arquiteta foram que deveria ser uma obra rápida e barata.

O programa de necessidades requeria uma revitalização da funcionalidade da casa. A área de convívio, originalmente localizada na parte da frente da casa, foi transferida para os fundos e funciona como uma extensão dos jardins e da área da piscina, efeito esse reforçado pelas grandes portas e pelo fechamento em pele de vidro. A área de churrasqueira ganhou status de cozinha gourmet, e fica também integrada à sala de convívio. A cozinha foi transferida de local (antigamente se localizava onde hoje fica a despensa). Para se manter o cronograma financeiro e o investimento nos materiais mais dispendiosos, a reforma não contemplou as áreas de banheiros e quartos, sendo a única alteração a ligação do quarto do casal à nova sala. Durante a execução da estrutura o projeto sofreu uma ampliação da cozinha e a inserção do módulo da área de serviço, completando a área do acréscimo de aproximadamente 168m². O programa conta ainda com uma quadra de squash, construída em alvenaria, contígua à piscina. As figuras de 4.46 a 4.48 exemplificam o arranjo arquitetônico adotado.



Figura 4.46– Implantação
 FONTE: Arquivo escritório de arquitetura



Legenda: (1) Sala de jogos (2) Quarto (3) Banheiro (4) Despensa (5) Cozinha (6) Área serviço (7) Churrasqueira (8) Sala estar (9) Varanda

Figura 4.47– Projeto arquitetônico: planta edificação principal
 FONTE: Arquivo escritório de arquitetura

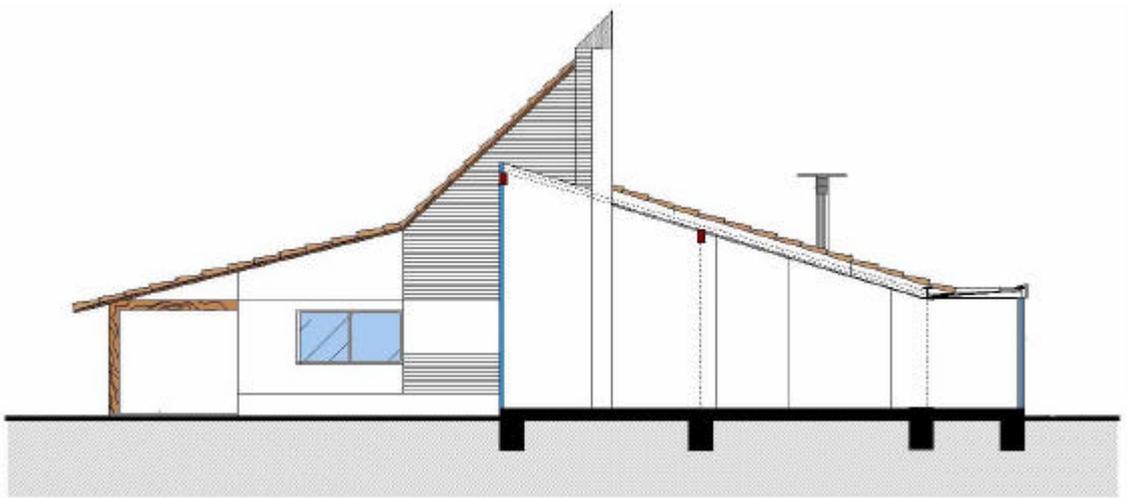


Figura 4.48– Corte esquemático.
FONTE: Arquivo escritório de arquitetura

Apesar de apresentar partido arquitetônico bem diferente do restante da construção, a ampliação não destoia da edificação original já que copia a forma da casa. O fechamento em vidro, que à noite torna-se transparente e de dia reflete o jardim, confere leveza ao conjunto. O resultado final traz características interessantes permitindo fazer-se a leitura clara de que antes existia uma edificação que foi ampliada em uma época distinta (figura 4.49).

Como apelo estético da edificação, foi especificado para a estrutura aparente o uso do aço patinado. Já a estrutura da pele de vidro seria pintada na cor preta acompanhando as esquadrias existentes.



Figura 4.49– Vista frontal da ampliação.
FONTE: Arquivo escritório de arquitetura.

A figura 4.50 mostra o partido arquitetônico da quadra de squash.



Figura 4.50– Vista quadra de squash contígua à piscina.
FONTE: Arquivo pessoal.

4.4.3 O PROCESSO DE PROJETO

Com a apresentação de duas opções diferentes de sistemas construtivos, além de obras análogas, a utilização da estrutura metálica foi definida ainda durante a fase de estudo preliminar, vencendo a resistência inicial do proprietário.

Na fase seguinte, de anteprojeto, as definições arquitetônicas foram desenvolvidas. O anteprojeto foi então enviado ao calculista para lançamento da estrutura e das proporções dos elementos estruturais. Essa resposta era muito importante nesta fase, para elaboração da paginação do painel de vidro da fachada e desenvolvimento do projeto executivo.

O calculista entrou no processo através do engenheiro que acompanharia a execução da construção convencional. Com ascendência espanhola, e formação no país de origem, ele conta que veio para o Brasil há aproximadamente 30 anos, para suprir uma carência na área de projetos em estrutura metálica. A metodologia de projeto adotada inicia-se no lançamento prévio de pilares e vigas para se ver a interferências das tubulações e o acordo entre os profissionais, para daí então se passar ao cálculo. O projeto é

representado em desenhos unifilares, além da lista de material. Se o projeto arquitetônico não vier com as cotas de eixo, esta passa a ser a primeira ação do calculista. Ele trabalha com diversos profissionais que fazem o detalhamento dos desenhos (plantas e elevações). Não é seu costume fazer o projeto de montagem, porque acredita que a mão-de-obra será especializada, subentendendo-se conhecedora do processo.

Durante a obra o projeto de cálculo foi refeito, com alteração ou acréscimo de alguns detalhes, como o encontro das calhas com a viga do telhado. A versão final do projeto foi enviada diretamente ao construtor, sem uma revisão da arquiteta. A arquiteta alega que nessa reformulação do cálculo, o calculista alterou a modulação da malha do vidro, o que foi percebido somente durante a obra. Como consequência foi necessária a aquisição de chapas de vidro em tamanhos diferentes, com reflexos negativos em termos financeiros. Isso levou a arquiteta a pensar que, se realmente o projeto arquitetônico tivesse medidas de eixo, interferências deste tipo seriam mais facilmente identificadas.

Ainda na fase de anteprojeto foi feita uma cotação de preços com construtores de estrutura metálica, tendo sido apresentado para a estrutura montada um orçamento de aproximadamente 16 mil reais. Após o cálculo, com a definição do peso total da estrutura (em torno de 800 quilos), a empresa contatada se desinteressou pelo serviço.

A estrutura foi então contratada de um outro engenheiro também parceiro do engenheiro da obra.

O projeto arquitetônico foi alterado durante a execução da obra, com a ampliação da cozinha e o acréscimo do módulo da área de serviço. Como seriam em alvenaria, as alterações não representaram mudanças efetivas na estrutura, mas sim em sua conexão com a alvenaria, passando a ser engastada ao invés de apoiada como definida anteriormente.

Participaram do processo de projeto os fornecedores do vidro e do piso em concreto. A telha metálica e o forro de gesso foram cotados durante o projeto e

contratados durante a obra.

Foi também no decorrer da obra que a arquiteta desenvolveu o projeto luminotécnico. Era preocupação não colocar luminárias nos perfis, para não se entrar em questões estruturais, e também porque se tinha definido conjugar as descidas de água pluvial no interior dos pilares. Foram usadas então principalmente, luminárias de piso e abajures. Existem somente 2 pontos onde as luminárias são fixadas no forro de gesso que cobre a calha e a viga central. A arquiteta se preocupou em detalhar essa fixação para não correr o risco de, na fixação das luminárias, acontecer uma perfuração da calha. Porém, antes mesmo deste detalhe chegar à obra, as luminárias já tinham sido instaladas.

4.4.4 SISTEMAS CONSTRUTIVOS

Praticamente todos os componentes da ampliação da casa são industrializados, visando a unidade dos sistemas construtivos e a rapidez de execução da obra.

Existia um preconceito em relação à estrutura metálica por parte do proprietário, imaginando que seria necessária a utilização de perfis muito robustos, pintados e ligados à alvenaria. Porém o resultado foi o contrário: a estrutura em pórticos esbeltos prima pela linguagem de vão livre.

Para sustentação da pele de vidro tem-se uma malha de perfis em metalon, sem função estrutural, soldada à estrutura principal. Foi descartada a possibilidade do uso do alumínio para a estrutura do vidro porque os montantes verticais ficariam muito desproporcionais em relação aos horizontais, prejudicando o efeito de uma malha uniforme.

Com exceção da porta/painel em madeira da entrada principal, todo o fechamento da estrutura metálica é feito em pele de vidro. As chapas de vidro com 8mm de espessura foram coladas a uma baguete de alumínio, que por sua vez foi colada à malha de metalon (figura 4.51).



Figura 4.51– Detalhe vista externa pele de vidro.
FONTE: Arquivo pessoal.

Especificado em concreto aparente para tirar partido de uma linguagem mais rústica no interior da edificação, o piso foi contratado instalado de uma empresa especializada, e foi finalizado em 3 dias (figura 4.52).



Figura 4.52– Vista interna: piso industrial em concreto.
FONTE: Arquivo pessoal.

O custo da telha metálica sanduíche para a cobertura da área ampliada foi compensado pela quase inexistência de estrutura para o telhado. A face externa da telha é trapezoidal e tem acabamento em pintura na cor cerâmica, para melhor compor com o telhado cerâmico existente. Internamente a telha é lisa e tem acabamento em pintura branca, dispensando custos adicionais com demais forros (figura 4.53).



Figura 4.53– Vista telha sanduíche.
FONTE: Arquivo pessoal.

A cobertura da quadra de squash fez parte do escopo do construtor da estrutura metálica, tendo sido executado em telha metálica simples sobre terças treliçadas (figura 4.54).



Figura 4.54– Vista interna cobertura quadra squash.
FONTE: Arquivo pessoal.

4.4.5 A SOLUÇÃO ESTRUTURAL

O lançamento da estrutura partiu de uma definição prévia da arquitetura, com a modulação respeitando o item mais oneroso, no caso as chapas de vidro. Como a fachada em pele de vidro é voltada para o oeste, era necessário um

vidro especial, que minimizasse a entrada de calor. O fornecedor iria importar o vidro do Japão, e executaria a pele de vidro dupla com uma camada de hidrogênio interna.

A estrutura principal formada por pórticos esbeltos nas duas direções tem todas as ligações soldadas, exceto a ligação pilar/base que é parafusada. A malha da pele de vidro soldada aos pórticos aumenta a rigidez do conjunto, estabilizando-o horizontalmente (figura 4.55).



**Figura 4.55– Vista parcial da estrutura montada.
FONTE: Arquivo escritório arquitetura.**

Os perfis estruturais (pilares e vigas) têm seção caixão, formada pela união de duplos C enrijecidos, conformados pelo dobramento de chapas a frio. Originalmente quadrados, os pilares foram alterados para seção retangular de 15x12cm.

Com uma alegação de economia, o calculista convenceu a arquiteta e os proprietários de que seria melhor, ao invés de executar a estrutura em aço patinável (como especificado pela arquitetura), fabricar os perfis em aço carbono e envelopá-los com um revestimento em chapa de aço patinável para manter o efeito desejado (figura 4.56). A estrutura foi então executada em aço ASTM A-570 com revestimento em chapa de aço SAC-41.

Estavam sendo previstas no projeto arquitetônico tesouras para a sustentação do telhado, que puderam ser eliminadas devido à utilização da telha metálica

autoportante.



**Figura 4.56– Detalhe acabamento da estrutura em chapa de aço patinável.
FONTE: Arquivo pessoal.**

A figura 4.57 exemplifica o arranjo estrutural da ampliação.

4.4.6 O PROCESSO CONSTRUTIVO

Tendo o processo de projeto sido desenvolvido do final do ano de 2002 ao início de 2003, a obra foi iniciada com as demolições em março do corrente ano. Por se tratar de uma obra de reforma, a parte da ampliação em estrutura metálica teve de acompanhar o cronograma da parcela de serviços da construção tradicional. À medida que o engenheiro de obra procedia às demolições, o engenheiro da estrutura era chamado, ora para efetuar algum escoramento, ora para montar a estrutura. Portanto, a montagem total da estrutura metálica demorou em torno de três meses para ficar pronta, sendo de quinze meses o prazo total da obra.

A estrutura foi fabricada na oficina do construtor, em Belo Horizonte, e enviada à obra em três remessas, de acordo com o andamento da mesma. Por sua vez, a equipe de montagem era deslocada para a obra onde permanecia por 3 ou 4 dias, retornando a Belo Horizonte para então voltar à obra aproximadamente

30 dias depois.

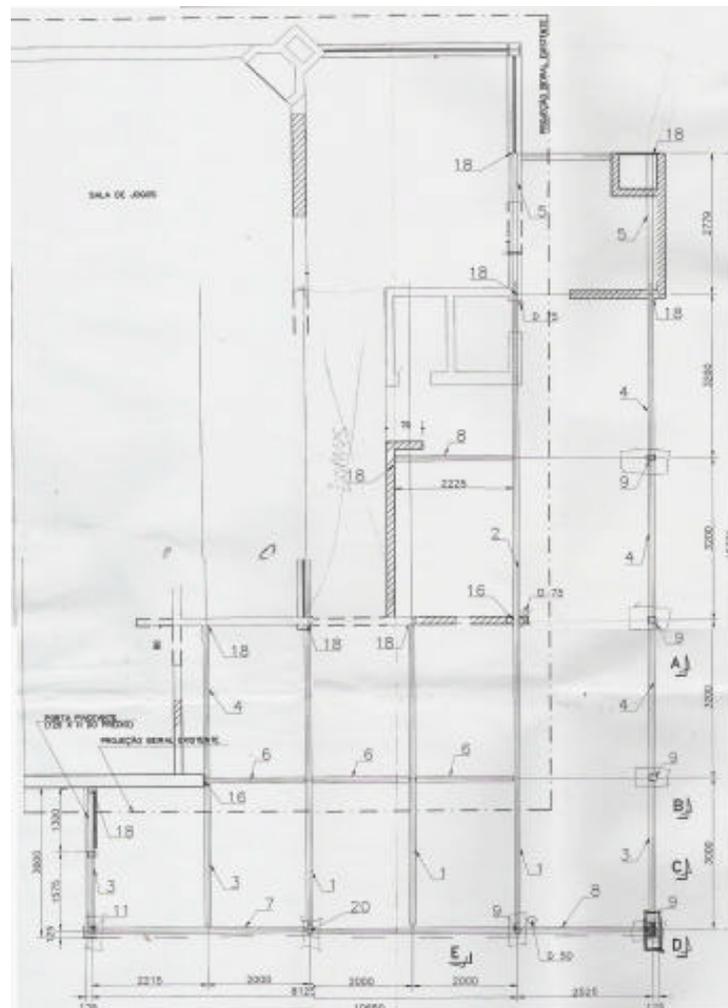


Figura 4.57– Arranjo estrutural.
FONTE: Arquivo escritório de arquitetura.

Como não existia um projeto de montagem, o processo utilizado foi o de se fixar primeiramente todos os pilares e então ir soldando as vigas. Não foi necessário nenhum equipamento especial, tendo sido usado para a montagem apenas roldanas, talhas e cordas.

Um dos fatores que gerou falhas na obra foi a ausência do construtor no canteiro, deixando o andamento na mão de um mestre-de-obras. Então, quando havia a necessidade de alguma adaptação da estrutura, o processo ficava interrompido até a ida do construtor ao local.

A estrutura foi enviada ao canteiro com os pilares nas medidas de projeto e as vigas com sobras, a fim de se tomar as medidas na própria obra. Dessa forma, serviços de fábrica (cortes) foram transferidos para o canteiro de obras.

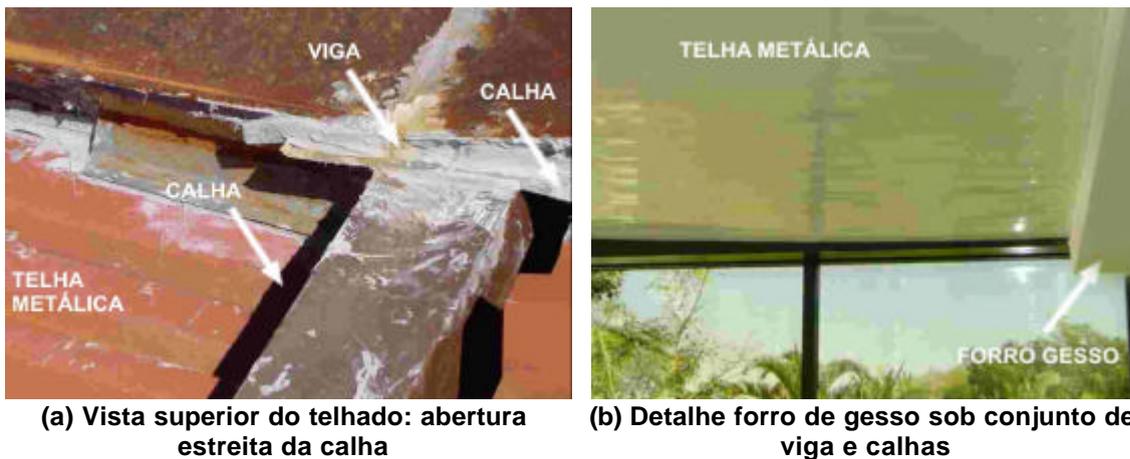
Quando a estrutura começou a ser montada todos os outros serviços (vidro, piso, gesso) estavam contratados e agendados, porém o atraso no cronograma, em virtude da demora nas demolições, gerou uma reação em cadeia no processo. A montagem da estrutura foi atrasada e comprometeu a agenda do fornecedor do vidro, sendo necessário um período de espera para se conseguir uma nova data para sua instalação.

Mesmo estando detalhado em projeto, uma das dificuldades foi se fazer entender aos funcionários que a laje de piso precisava ser recuada para a passagem da pele de vidro (figura 4.58).



Figura 4.58– Detalhe da pele de vidro e do recuo da laje.
FONTE: Arquivo pessoal.

Houve um problema em relação às calhas executadas no encontro das águas do telhado. Além de terem ficado com a abertura estreita dificultando a manutenção de limpeza, as calhas acumulam água, que acabou por aflorar no forro de gesso que cobre o conjunto internamente (figura 4.59).



(a) Vista superior do telhado: abertura estreita da calha

(b) Detalhe forro de gesso sob conjunto de viga e calhas

Figura 4.59– Detalhe encontro das águas do telhado.

FONTE: Arquivo pessoal.

O detalhe da passagem da tubulação pluvial no interior dos pilares não foi executado. Pelo contrário, os pilares foram preenchidos de concreto durante a obra, em uma decisão do construtor, sob alegação de que seria para evitar o barulho de oco. Essa atitude além de representar uma arbitrariedade por alterar um projeto sem consultar os autores, gerou um gasto desnecessário e a necessidade de uma solução paliativa para a tubulação que foi embutida na parede de alvenaria interna.

A chapa em aço patinável para revestimento da estrutura aparente teve suas dobras detalhadas pela arquitetura. O arremate da peça tinha uma dobra angular para cima formando uma pingadeira (figura 4.60). A execução das dobras foi correta mas, durante a instalação das chapas, verificou-se que elas tinham ficado menores e não cobriam a estrutura. A dobra da pingadeira foi então desfeita para ajuste do tamanho (figura 4.61).

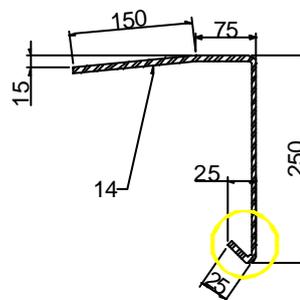


Figura 4.60– Detalhe projeto estrutural para chapa de acabamento.

FONTE: Arquivo escritório arquitetura.

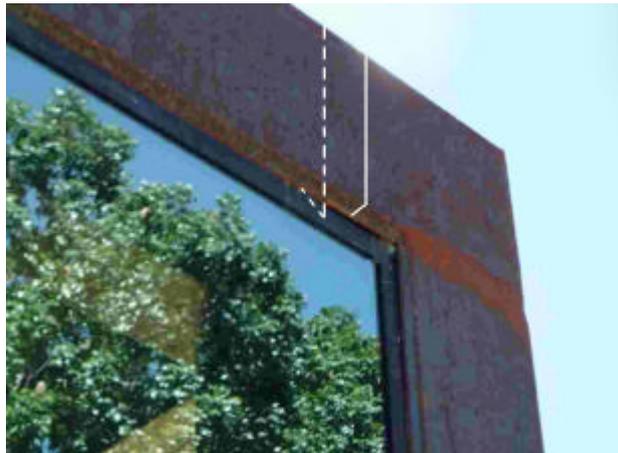


Figura 4.61– Detalhe acabamento: linha tracejada perfil projetado; linha cheia perfil executado.

FONTE: Arquivo pessoal.

4.4.7 COMENTÁRIOS

Em relação ao projeto de montagem é importante destacar dois pontos. O primeiro é o fato de o calculista acreditar que não seja necessária a indicação, em projeto, de todos os procedimentos a serem seguidos, já que a mão-de-obra é especializada. Essa atitude resulta em uma injusta transferência de responsabilidades, pois é o calculista quem tem a formação e a atribuição para estudar e definir em projeto todas as implicações da estrutura e não permitir que surpresas apareçam durante a obra. Há, inclusive, quem defenda que a mão-de-obra executora nem precise ser especializada, já que o projeto de uma obra em aço deve vir pronto, como um manual de quebra-cabeça (COELHO, 2003).

O segundo ponto é o construtor acreditar que, para uma obra deste porte, o projeto de montagem realmente não seja necessário. Só que, para se ter um processo de qualidade, é importante que todas as etapas sejam contempladas. O porte da obra pode até significar um processo mais simplificado, mas nunca um processo “aleijado”.

Desde o princípio, não procedia a alegação de economia do calculista na utilização do aço carbono para a estrutura, envelopada com uma chapa de aço

patinável, em substituição à própria estrutura patinada. Isso porque se resultou em um maior peso de aço utilizado, além de um maior volume de detalhamento, incorrendo-se em erros e retrabalhos, bem como acarretando em gastos maiores que o percentual de diferença dos preços dos aços. A arquiteta acredita que sua inexperiência foi responsável pelo aceite da sugestão, e que realmente seria preferível o custo inicial mais alto.

A modificação do perfil da chapa de acabamento para “caber” na estrutura, gerou atrasos no cronograma além de ficar funcionalmente deficiente, pois a inexistência da pingadeira permite que a água da chuva escorra pelo vidro gerando manchas de ferrugem. Esteticamente também, o número de emendas na chapa comprometeu o efeito desejado, o que não ocorreria se o perfil fosse patinado. Mas, talvez, o principal ponto a ser levantado seja a falta de discussão e, principalmente, de solução sobre o encontro entre os dois tipos de aço, e a possível ocorrência do efeito galvânico.

Mesmo tendo durado 5 vezes mais que o programado, na ocasião desta pesquisa a obra ainda não podia ser considerada finalizada, em decorrência de vários problemas que necessitavam ser corrigidos, sendo o maior impasse a atribuição de responsabilidades e o como fazer. Para resolver esta questão do revestimento em chapa, dever-se-ia executá-la novamente, no perfil e tamanho certos, além de se analisar a interface com o aço carbono.

Para solucionar o problema da calha praticamente inacessível e sem escoamento de água, seria necessário refazer sua montagem, com redução do tamanho da telha que encobre a calha, corrigindo-se a inclinação. Existe ainda uma infiltração no forro de gesso, provavelmente oriunda da ligação da calha com o tubo de queda de água (segundo o construtor feita com estanho). Dessa forma, tanto a ligação quanto o forro deverão ser refeitos.

Há também uma trinca em uma das chapas de vidro (figura 4.62) para a qual existem algumas hipóteses, como a de que tenha sido provocada por uma trombada de um pássaro ou por um fechamento brusco da porta de entrada. O

construtor acredita que o vidro já tenha sido instalado com uma pequena fissura que avançou vagarosamente até a proporção atual, descartando a possibilidade de trabalho da estrutura ou de pancadas. Não se definindo a causa, não se tem o responsável e, conseqüentemente, não se tem a solução do problema. Para a arquiteta o vidro instalado não foi o mesmo especificado, ele parece ter a proteção UV, mas a pele de vidro não apresenta características de sanduíche com colchão de hidrogênio, como o especificado.



Figura 4.62 – Chapa de vidro trincada.
FONTE: Arquivo pessoal.

Na execução da cobertura não se tomou o cuidado de limpar a limalha resultante do corte e furação da telha metálica. Essa limalha sofreu processo corrosivo e aderiu à telha comprometendo sua estética (figura 4.63).



Figura 4.63 – Limalha corroída aderida à superfície da telha metálica.
FONTE: Arquivo pessoal.

Uma outra questão que precisa ser revista antes da entrega da obra é a pérgola do volume da quadra de squash. O projeto tratava de uma viga circular onde se apoiariam as ripas de madeira. A viga seria executada em aço patinável para ter o mesmo acabamento da estrutura da casa. Não foi feito um cálculo para essa viga, e tampouco o construtor esperou o detalhe arquitetônico que estava em execução para poder fabricá-la. O resultado foi que a viga, executada em um perfil C, não suportou o peso das ripas (que por sua vez também estavam superdimensionadas), tendo a estrutura que ser escorada emergencialmente (figura 4.64). A solução paliativa que está sendo estudada, provavelmente será a instalação de tirantes fixados à alvenaria.



Figura 4.64 - Estrutura da pérgola tendo de ser escorada.
FONTE: Arquivo pessoal.

Um outro detalhe desta mesma viga, é que ao invés desta ter sido corretamente curvada por indução eletromagnética, suas abas foram picotadas em cunha, e soldadas fechando este ângulo, tomando uma forma circular multifacetada (figura 4.65).

Tanto a viga da estrutura principal da casa quanto a da pérgola, são engastadas na alvenaria sem nenhum tratamento específico (figura 4.66). Possivelmente surgirão trincas na alvenaria em decorrência da movimentação da estrutura.

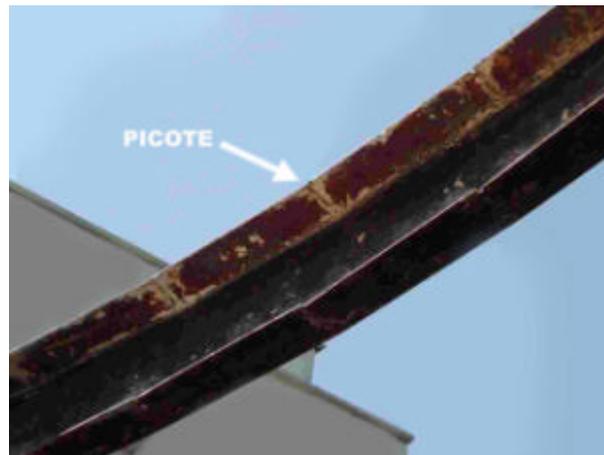


Figura 4.65 – Viga da pérgola em forma circular facetada.
FONTE: Arquivo pessoal.



(a) Viga engastada estrutura da casa



(b) Viga engastada pérgola

Figura 4.66 – Detalhe engaste das vigas na alvenaria.

FONTE: Arquivo pessoal.

Principalmente por ser uma reforma, a integração entre as partes deveria ter sido mais bem ajustada, faltou a figura do gestor do processo. A montagem da estrutura, cheia de entraves por causa das demolições, gerou desgastes na relação profissional, além de uma reação em cadeia, comprometendo o cronograma dos fornecedores. Da forma como foi feita, as impressões da arquiteta e dos proprietários é de que o bom da obra industrializada é a não existência de muitos imprevistos com relação ao volume de material. Os itens diminuem e são fechados em pacotes, negociados já instalados. Não precisa, por exemplo, comprar insumo toda semana.

A construção tradicional da unidade da quadra de squash em paralelo à ampliação da casa em estrutura metálica, forneceu dados comparativos aos

proprietários, favoráveis à industrialização. Sem considerar os ajustes que ainda são necessários, todos os orçamentos da ampliação da casa ficaram dentro do previsto inicialmente (com exceção do vidro que variou devido à alteração da modulação). Já o orçamento da quadra, uma construção simples de vão livre, sofreu um acréscimo em torno de 28%, chegando a valores muito próximos do custo de toda ampliação. O resultado é a conclusão de que a obra industrializada é muito melhor prevista do que a convencional, onde os preços variam muito.

A satisfação dos proprietários inclui a casa ter virado referência no condomínio, com visitas periódicas dos vizinhos para conhecê-la. Este fato registra o encantamento que a tecnologia diferenciada pode despertar.

PRODUÇÃO E OBRAS DE PEQUENO PORTE: A QUESTÃO DOS CENTROS DE SERVIÇOS

5.1 GENERALIDADES

No que diz respeito à produção de edificações residenciais unifamiliares em aço, um dos principais fatores que irá nortear sua viabilidade é a fase de planejamento da execução. Como foi discutido na apresentação do estudo de casos, uma dificuldade atual do mercado para este setor específico, é o enquadramento do pequeno volume de produção dentro do cronograma das indústrias.

Por questões operacionais, o foco dos grandes fabricantes de estrutura são os edifícios industriais ou de andares múltiplos, porque somente dessa forma eles conseguem manter seu completo organograma de serviços (projeto, execução,

transporte e montagem), diluindo o custo de operação nos grandes volumes da produção.

De forma oposta na cadeia dos transformadores de produtos de aço estão os serralheiros, profissionais definidos por MICHAELIS¹ como o “artífice que constrói e repara peças e artefatos de ferro chato perfilado e chapas, tais como portões, grades de proteção, gradis, esquadrias, portas, caixilhos, vitrais etc”, que não se enquadra, portanto, na categoria de fabricante de estruturas.

Neste contexto percebe-se a existência de uma lacuna dentro da cadeia, justamente onde se enquadraria a produção de estruturas para as residências unifamiliares, devido à inviabilidade da sedimentação no mercado dos pequenos fabricantes, decorrente do alto custo da manutenção do maquinário necessário.

Esta lacuna começa a ser preenchida pelos denominados Centros de Serviços, representados pela extrapolação das atividades dos centros distribuidores de perfis e chapas em aço, na busca de uma agregação de valor a seus produtos, mediante a oferta de serviços como cortes e furações dos perfis. Este conceito será expandido no desenvolvimento deste capítulo, porém, inicialmente, como introdução ao assunto, serão elucidados alguns conceitos gerais sobre industrialização e coordenação modular na construção.

5.2 COORDENAÇÃO MODULAR

O grande exemplo do alcance da coordenação modular, como relatam FIRMO (2003) e ROSSO (1976), ocorreu no Japão, a partir da reconstrução da cidade de Tóquio após o grande incêndio de 1657. Na ocasião definiu-se uma medida fundamental denominada *ken*, correspondente a seis pés japoneses (1818mm), que passou a nortear todos os sistemas construtivos, como a distância entre pilares e os padrões de fechamentos, bem como a indústria de mobiliário e

¹ Dicionário *online* disponível em: <http://www2.uol.com.br/michaelis/>, acesso em: ago.2005,

design, possibilitando uma simplificação e barateamento das edificações. Até os dias atuais, as casas japonesas são pensadas espacialmente, a partir das configurações dos arranjos do módulo padrão do tatame de 1x1/2ken (1818x909mm) (FIRMO,2003). Ao resultado desse arranjo dos módulos, ou melhor da Coordenação Modular, dá-se o nome de malha (figura 5.1).

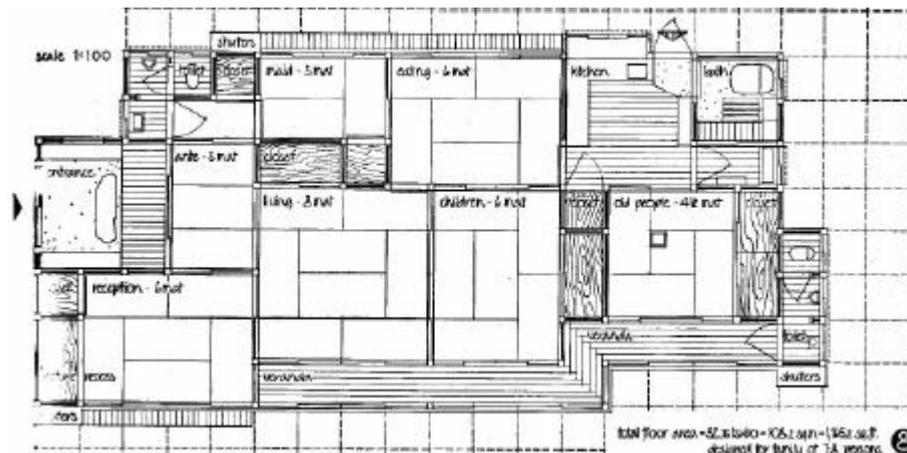
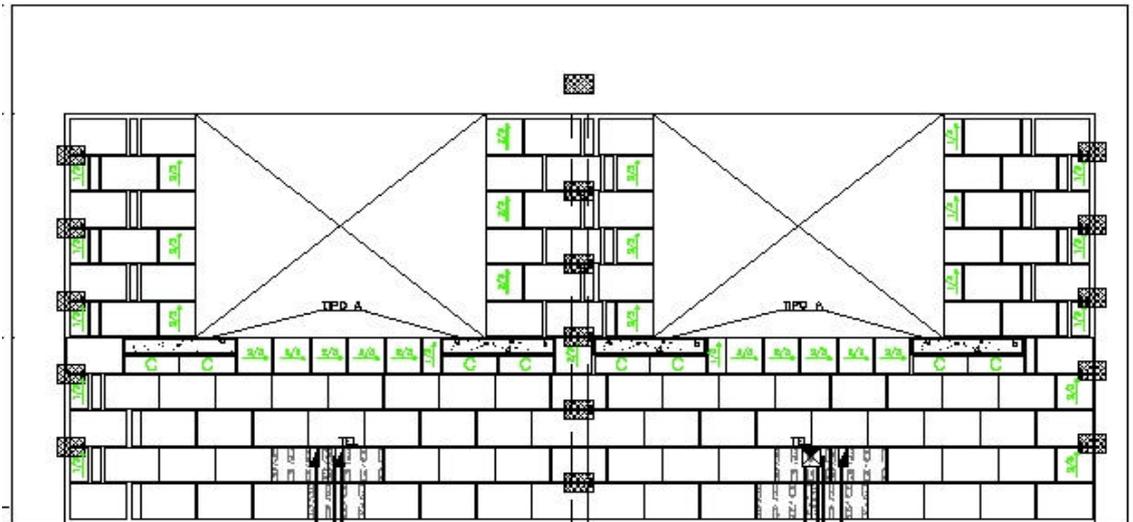


Figura 5.1– Exemplo de residência japonesa especializada conforme arranjo do módulo de tatame.

FONTE: ENGEL, 1991 apud FIRMO, 2003

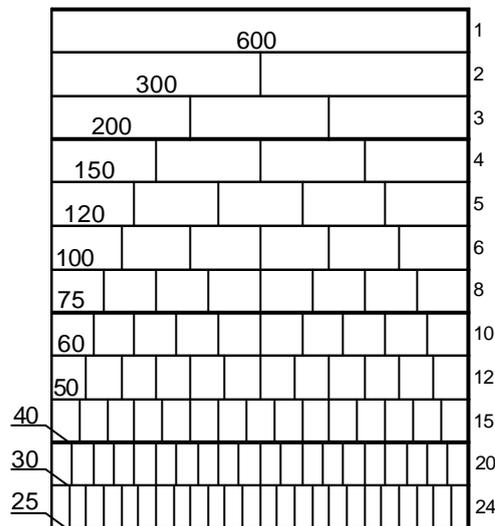
FIRMO (2003) reforça ainda a importância da coordenação modular para a eficiência da produção, identificando as mais diversas padronagens existentes na natureza como, por exemplo, a malha hexagonal da colméia das abelhas.

Dentro deste conceito, a coordenação modular torna-se importante para qualquer projeto que envolva o processo industrial. O padrão organizacional japonês de medidas, capaz de promover uma sinergia entre pessoas- produtos-habitacões-cidade, como destaca ENGEL (1991) apud FIRMO (2003), representa um fenômeno mundial ímpar. Mas isto não significa que as demais nações não tenham padrões modulares a serem seguidos no desenvolvimento dos processos. O pensamento sistêmico no projetar, considerando as proporções e formas dos materiais que serão empregados na edificação, será responsável pela gestão da racionalização dos produtos. A figura 5.2 mostra um projeto racionalizado para execução de uma pano de alvenaria, gerado em cima de uma malha cujo módulo é o tijolo cerâmico.



**Figura 5.2- Vista da elevação do projeto racionalizado de alvenaria.
FONTE: SILVA,2003**

Em relação à modulação para o sistema construtivo em aço, é preferível que ela seja concebida a partir da dimensão fundamental de 600mm (figura 5.3). Este valor, além de ser divisor do tamanho padrão das barras de aço de 12m, é um módulo que contém o número exato de vezes os números primos 2, 3 e 5, conferindo dessa forma aos divisores, a isenção da fração de milímetro (SONTAG,1976 apud SANTOS,1996 apud MANCINI, 2003).



**Figura 5.3- Subdivisões do módulo de 600mm.
FONTE: MANCINI,2003**

5.3 RESIDÊNCIAS EM AÇO: INDUSTRIAL OU ARTESANAL?

Assim como os outros conceitos, a definição da industrialização da construção possui algumas variantes de acordo com alguns autores, tendo-se encontrado em BLACHÈRE (1977) sua melhor interpretação: “a essência da industrialização está em produzir um objeto sem mão-de-obra artesanal, com máquinas utilizadas por funcionários simplesmente especializados, não qualificados, ou melhor, por máquinas automáticas²”, em outras palavras, a industrialização reside na tecnologia. O autor fundamenta sua conceituação “derrubando” definições simplistas de industrialização, tais como:

- que industrialização seja sinônimo de trabalho em fábrica: a aplicação de uma tecnologia não pode ser considerada industrial ou não dependendo do local onde ela é exercida;
- que a industrialização seja consequência da produção em série: a produção em série é uma condição necessária à industrialização, principalmente quando se deseja amortizar o custo da tecnologia, entretanto não representa uma condição suficiente, visto que se um artesão executar um conjunto de produtos idênticos, ele estará produzindo em série;
- de que a racionalização seja premissa, ou seja, indispensável à industrialização: como já foi discutido, a racionalização implica na organização dos processos, dessa forma é possível se ter uma produção artesanal extremamente racional, com o máximo de equacionamento das matérias-primas e otimização do tempo, e ao mesmo tempo se encontrar produções industriais muito mal organizadas, acarretando em prejuízos e desperdícios;
- que a industrialização deva produzir objetos diferentes daqueles produzidos pelos métodos artesanais: uma casa em alvenaria,

² Tradução da autora.

executada manualmente tijolo a tijolo, tem a mesma função de uma casa modular, é na forma da produção que reside a diferença; e por último,

- que a industrialização implique necessariamente na utilização de novos materiais: neste caso basta citar como exemplo a execução de azulejos que utiliza materiais tão antigos como a argila.

Para BRUNA (1976) a história da industrialização permeia a da mecanização dos meios de produção, sendo identificáveis três grandes fases distintas:

- a primeira fase remota aos primórdios do que hoje identificamos como industrialização. Relaciona-se às máquinas reguláveis (comandadas e ajustadas por um operário), que executavam as mesmas ações artesanais, porém através de outra força motriz que não a muscular³ ;
- na segunda fase as máquinas passam a ser mecanizadas, produzindo ciclos repetitivos, limitando a atividade dos operários a somente algumas ações físicas. Trata-se da fase da produção em massa do século XIX, com a divisão do trabalho intelectual de organização, do trabalho físico da fábrica;
- a terceira fase inicia-se nos anos 50, e é reconhecida como a Segunda Revolução Industrial. O controle das máquinas continua a ser humano, mas a automatização substitui a operação manual por mecanismos programáveis. Em algumas cadeias produtivas esta fase já se adianta e os controles das máquinas já são operados por automatismos, um advento da era robótica.

Assim como foi discutido em relação aos paradigmas de projeto, a partir dos conceitos citados anteriormente é facilmente identificável a correlação direta do termo industrialização para a produção de bens. Assim, sua transposição à construção civil exige um certo exercício. CIMINO (1987) destaca algumas diferenças básicas entre a indústria em geral e a construção, identificando

³ Neste contexto refere-se à força muscular humana, excetuando-se os casos das máquinas alimentadas por tração animal.

primeiramente os objetivos da indústria em geral, que seriam: (a) a extração da matéria-prima (por exemplo, minério de ferro); (b) a transformação da matéria-prima (ex. siderurgia de transformação do minério de ferro em perfis e chapas de aço); e (c) a utilização da matéria-prima transformada, ou seja, a obtenção de um produto que será consumido (ex. utilização das chapas de aço na indústria automobilística). Já a construção apresenta algumas características próprias, como:

- não é uma produção completamente em série, haja vista as diferenças até mesmo entre edificações de padrão similar (entre casas, ou hotéis, ou hospitais, etc.);
- cada obra é desenvolvida em um local diferente, com tipos de atividades e problemas específicos;
- existe uma grande rotatividade de mão-de-obra;
- a necessidade de trabalhar-se com previsões de custo de obra, com rigoroso controle de gastos no decorrer do processo, pois em virtude do grau de incerteza das atividades o valor final só será definido com o término da obra.

Portanto, a busca da industrialização no mercado da construção objetivando sistemas eficientes, econômicos e produtivos, aliados à qualidade, tem-se dado através da racionalização pela pré-fabricação (CIMINO, 1987), entendida então, como uma fase da industrialização.

A partir deste enfoque, complementado com a definição da Associação Italiana de Pré-Fabricação apud BRUNA (1976): “fabricação industrial, fora do canteiro, de partes das construções capazes de serem utilizadas mediante posteriores ações de montagem”, é possível entender-se a pré-fabricação como a modificação de um produto para um fim específico e único. Mas que, ainda assim, permanece sendo matéria-prima, uma vez que este produto ainda necessitará ser modificado para que possa ser utilizado. Este conceito é a premissa da atividade dos Centros de Serviços em relação ao beneficiamento da estrutura metálica, como será exposto a seguir.

Dentro deste contexto, a execução de estruturas metálicas representa um processo ora industrial (quando os elementos são manipulados mecanicamente para cortes ou furações), ora artesanal (em relação à montagem manual nos canteiros de obra). Portanto, relativamente à questão inicial, se os grandes fabricantes de estrutura não incorporarão as pequenas demandas das residências unifamiliares em suas cadeias produtivas, os Centros de Serviços são o melhor caminho para a racionalização por pré-fabricação da construção, evitando dessa forma que o material seja tratado artesanalmente no próprio canteiro de obras.

5.4 CENTROS DE SERVIÇOS

Para entendimento e análise dos Centros de Serviços (CS) foi realizada uma pesquisa de campo junto a duas empresas do setor, uma localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais (Empresa A), e outra na cidade de São Paulo (Empresa B). Por compactuarem na maioria dos conceitos e objetivos gerais, a apresentação da atividade será feita de forma contínua, sendo ressaltadas e identificadas características específicas de cada empresa quando da sua relevância.

5.4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE

O termo CS no mercado nacional, sempre foi usado para o corte de bobinas, e foi transferido à indústria da construção tendo como objetivo o fornecimento da matéria-prima semi-elaborada, ou seja, o perfil ou chapa de aço previamente cortado e ou furado, constituindo em uma pré-fabricação da estrutura final. De acordo com a Empresa B (que possui aproximadamente 30 anos de mercado, originalmente dedicada especificamente ao fornecimento de chapas planas semi-elaboradas), o conceito do CS foi “abraçado” na década de 70, através da identificação dos custos embutidos em uma produção própria por parte dos construtores, em oposição à aquisição da matéria-prima semi-elaborada. Dentre esses custos destacam-se:

- risco de perda por erro ou incompetência: ao se adquirir a matéria-prima semi-elaborada, paga-se somente o material que será utilizado (e alguma sobra), sendo responsabilidade do fornecedor a absorção de qualquer tipo de prejuízo que por ventura tenha ocorrido durante seu beneficiamento;
- equipamento deficiente ou inadequado: a manutenção de equipamentos, ou sua modernização torna-se uma carga muito onerosa em situações em que a demanda de serviços for esporádica;
- encargos sociais e administrativos: maiores custos com o incremento no quadro pessoal da mão-de-obra especializada e a ociosidade da mesma em períodos de estagnação da produção;
- estocagem: além do custo direto do material em estoque, tem-se o custo da área do estoque;
- deterioração: prejuízos pela inutilização do material.

Estes conceitos, porém, foram mal vistos pelo mercado, que se sentiu ofendido. Somente na década de 90 é que eles foram valorizados e relançados no mercado sob a ótica da terceirização.

Geralmente estes CS não atendem exclusivamente à construção civil, mas também ao setor mecânico e de caldeiraria, entre outros.

Em relação à certificação ISO9000, ambas as empresas relatam sua importância tanto para o mercado quanto para a organização interna da empresa. A Empresa B já possui a certificação e ressalta que além da organização do processo e do controle rígido de perdas, a contribuição mais importante da ISO para o setor é a garantia da rastreabilidade do produto, a certificação de que o material que está sendo entregue (principalmente em termos de composição de aço), é justamente o que foi especificado.

Ambas as empresas (em relação aos perfis), partiram da atividade de distribuição do material, com a missão de manter uma estocagem mínima (aproximadamente 250 toneladas, no caso da Empresa A, e um mínimo em

torno de 600 toneladas, para a Empresa B), além de abranger todas as bitolas disponíveis no mercado, para dessa forma não se apresentarem apenas como um atravessador da usina. Sendo assim, o objetivo é suprir o cliente, de imediato, com a quantidade necessária de material, não existindo uma quantidade mínima ou máxima de limite para venda. Um ponto crítico nesta atividade é a própria concorrência da usina com seus distribuidores nos empreendimentos maiores, a partir do momento em que essa garante uma entrega mínima de 12 toneladas. Portanto, mais do que nunca, justifica-se a ampliação do mercado dos distribuidores oferecendo uma agregação de valor à sua matéria-prima. Neste caso os concorrentes passam a ser as empresas do mesmo ramo e aquelas especializadas que oferecem somente um ou outro dos serviços executados no CS, que por sua vez também variam de acordo com o enfoque da empresa. A Empresa A além do corte (mecânico e térmico a gás e a plasma) e furação das peças, executa serviços de dobramento, alguns serviços de solda e de pré-montagem, bem como a produção de perfis soldados. Já a Empresa B concentra-se no oxicorte (corte a gás) e na furação, bem como na usinagem de peças para máquinas.

5.4.2 PROCESSO DE PRODUÇÃO

De uma forma geral, o fluxo de ações no processo de produção se desenvolve de acordo com a figura 5.4, no qual todo o contato do cliente com a indústria é realizado por intermédio do departamento comercial, que com o apoio dos demais setores, elabora o orçamento do pedido. Após apresentação do orçamento ao cliente, se este não for aceito, efetua-se uma retroalimentação do processo, identificando-se os pontos que poderiam ser revistos para garantir a viabilidade da proposta. Esta revisão se faz possível, muitas vezes, a partir de um re-estudo do sistema estrutural, visando-se uma redução do peso de aço sem prejuízos à estrutura, ou ainda pela sugestão da alteração do tipo de aço especificado por outro de maior resistência mecânica. Aprovado o orçamento, o departamento comercial elabora uma ordem de serviço a ser aprovada pelo cliente, enquanto o departamento técnico analisa o projeto

apresentado e o nível de detalhes necessários à produção. Autorizado o serviço, passa-se à etapa de produção, após o desenvolvimento, pelo departamento técnico, dos desenhos a serem usados nas máquinas de corte (fotocopiadora ou CNC).

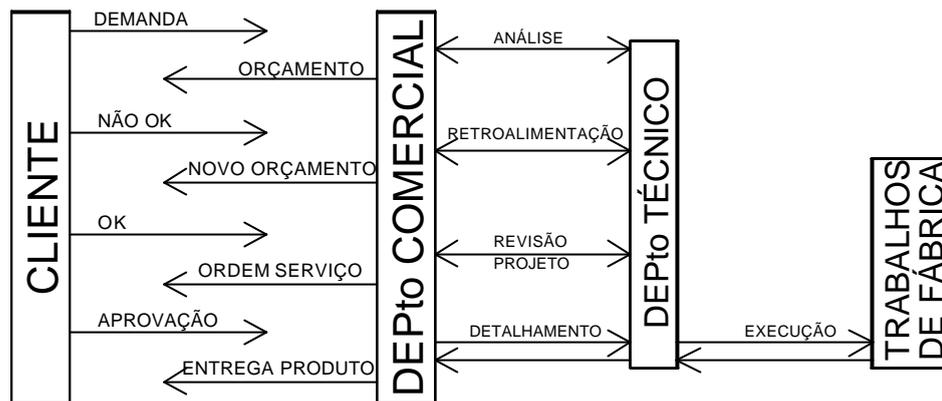


Figura 5.4– Fluxo básico do processo de produção.

5.4.2.1 TRABALHOS DE FÁBRICA

Dentre as atividades destacadas por RAAD JÚNIOR (1999) para fabricação das estruturas metálicas, serão apresentadas a seguir aquelas que melhor se enquadram, genericamente, no conceito dos CS:

Suprimento

Responsável pelo gerenciamento do estoque, dos contatos e da logística de fornecimento. Engloba não somente a matéria-prima como também todos os insumos do processo de produção como os arames de solda e os gases utilizados no maquinário.

Manuseio

Quanto menor a movimentação do material no processo, menor será a dissipação de energia, conseqüentemente reduz-se o custo do processo. Geralmente são usadas, nessa movimentação, as pontes rolantes (que têm a vantagem de deixar livre o piso da fábrica), além de carrinhos, empilhadeiras, etc.

Traçagem

Apesar da automação da produção, alguma parcela de material, principalmente em se tratando de pequena quantidade, ainda é processado em corte manual, por ser mais econômico. Dessa forma, esses materiais precisam antes passar pelo setor de traçagem, que é a transferência das informações obtidas nos gabaritos e desenhos desenvolvidos pelo departamento técnico, diretamente para a superfície do material (perfis ou chapas). Os traços são obtidos por riscadores de giz ou pedra sabão, e utilizando-se ferramentas de apoio como compassos, trenas e esquadros (DIAS, 1997).

Corte

Divide-se basicamente em corte mecânico, geralmente utilizado para perfis, e corte térmico, direcionado para as chapas planas.

- Corte mecânico: compreendem as tesouras, guilhotinas e serras, sendo esta última a mais utilizada nos CS para manipulação dos perfis (figura 5.5).

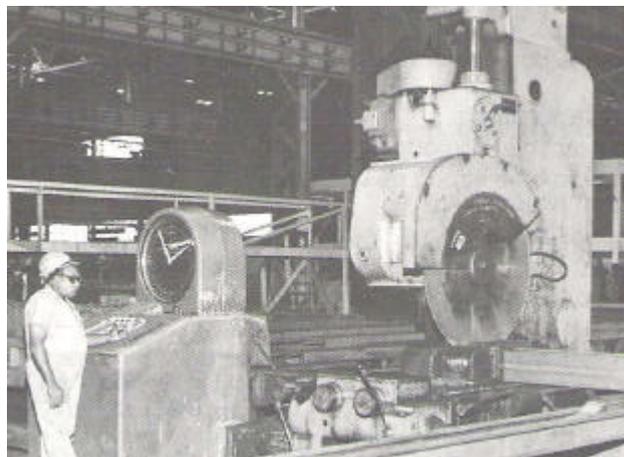


Figura 5.5– Corte a serra.
FONTE: BELLEI, 1994

- Corte térmico:
 - oxicorte (ou corte a chama ou a gás): é o processo de seccionamento de metais pela ação de um jato de oxigênio, sobre uma área previamente aquecida por uma chama oxicomustível. Os equipamentos utilizados são: o maçarico manual (utilizado

para cortes unitários e de pequena importância devido à falta de controle de qualidade do corte); a tartaruga (equipamento portátil capaz de executar cortes retos ou circulares, com comando manual); as fotocopiadoras (através de um leitor óptico a máquina transforma as linhas do desenho em escala real, nos cortes da chapa, sendo capaz de produzir formas complexas, e de acoplar um ou mais bicos de corte); e as máquinas de Comandos Numéricos Computadorizados, ou CNC (o comando para a máquina é transmitido diretamente por meio digital, através de desenhos de CAD e de softwares específicos que permitem a maximização de aproveitamento das chapas. É indicado para cortes seriados ou de grandes dimensões). A figura 5.6 ilustra as máquinas citadas anteriormente.



(a) Maçarico manual



(b) Tartaruga



(c) Fotocopiadora

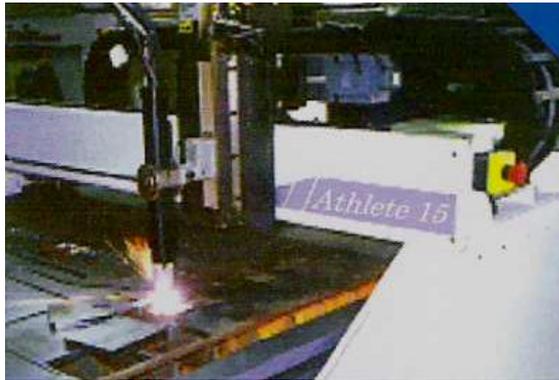


(d) CNC

Figura 5.6 – Variedades de cortes térmicos a chama.

FONTE: Divulgação

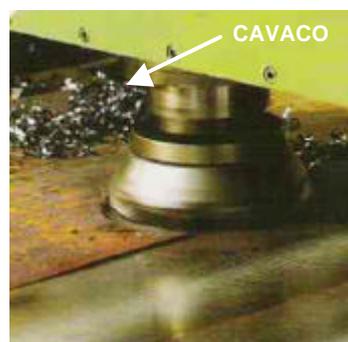
- corte a plasma: diferentemente do oxicorte, no corte a plasma o metal atinge seu ponto de fusão, produzindo-se o corte quando o material fundido é removido pelo jato de plasma. O processo pode ser manual ou mecanizado dependendo da espessura e do nível da produção (RAAD JR, 1999).



**Figura 5.7 – Corte a plasma mecanizado.
FONTE: Divulgação Empresa A.**

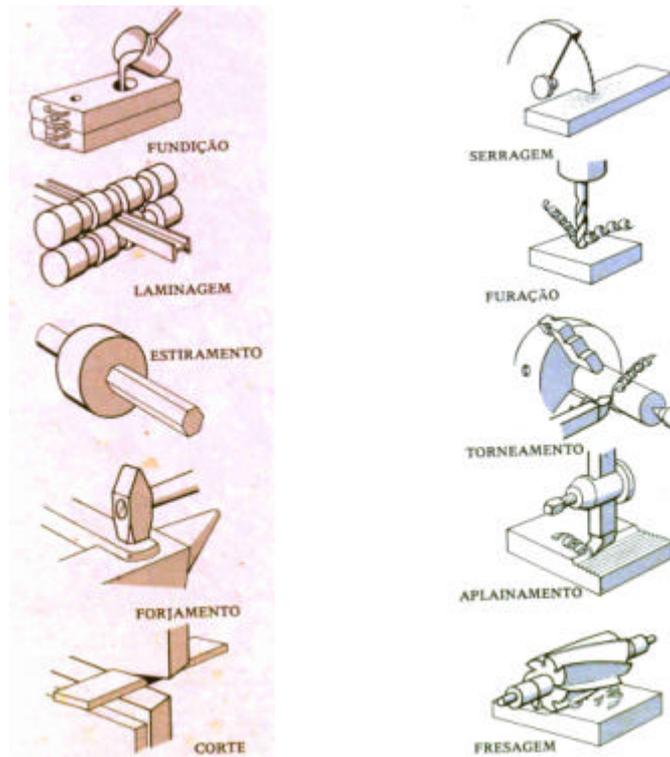
Usinagem

Para as empresas consultadas, o conceito de usinagem se aplica especificamente ao desbaste das peças mecânicas a fim de conferir-lhes dimensões e acabamento superficial adequados (figura 5.8). A literatura porém, considera como usinagem toda a operação que produza “cavacos” (figura 5.9), tais como: serramento, torneamento, furação, retificação, polimento, afiação, limagem, lapidação, etc.



**Figura 5.8 – Conceito único de usinagem
entendido pelas empresas.
FONTE: Divulgação Empresa B.**

⁴ O cavaco é o material resultante, a rebarba, da operação de usinagem.



(a) Operações sem formação de cavaco (proc. metalúrgicos)

(b) Operações com formação de cavaco (usinagem)

Figura 5.9 – Exemplos de operações consideradas usinagem na literatura.

FONTE: Disponível em:<

http://www.em.pucrs.br/~edir/Oficina/Geo_corte/UsinageGeometriaCorte.htm> Acesso em: jun.2005.

Dessa forma, a maioria das atividades realizadas para preparação dos elementos que constituirão a estrutura são realizados na usinagem, geralmente utilizando-se serras para o corte mecânico, furadeiras de coluna (figura 5.10), ou máquinas CNC multifuncionais (figura 5.11).

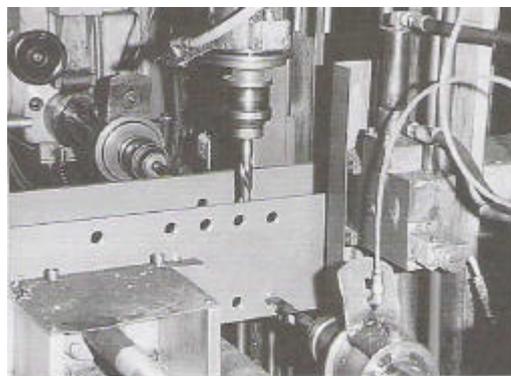
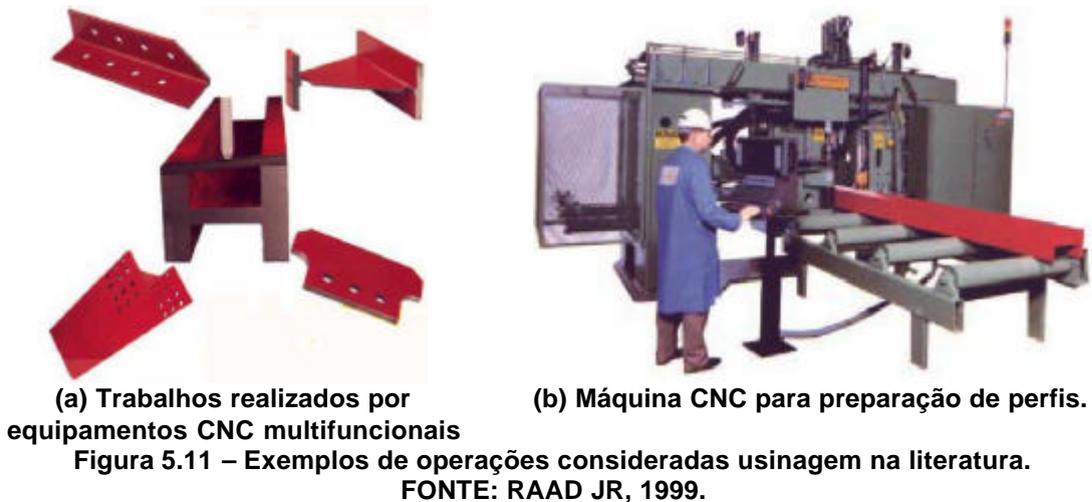


Figura 5.10 – Furadeira de coluna.

FONTE: DIAS,1997.



Pré-montagem e soldagem

A pré-montagem executada nos CS, geralmente limita-se à união de algumas chapas de ligação aos elementos principais, como a união das placas base nos pilares por meio de solda do tipo MIG, na qual um arco elétrico é estabelecido entre o eletrodo consumível (arame) e a peça a ser soldada.

Inspeção

Toda a inspeção de controle durante o processo é feita de forma visual. Utiliza-se o recurso da pesagem também como uma forma de verificação dimensional dos elementos.

Transporte

Fazem parte do escopo de serviço os custos referentes ao transporte do material.

Como mencionado anteriormente, todas estas atividades são parte integrante daquelas comuns aos fabricantes de estruturas metálicas. Sendo assim, os CS se diferem destes por se concentrarem na etapa de beneficiamento da estrutura, excluindo de seu escopo as fases precedentes de concepção e projeto, e a posterior de montagem, em relação ao processo de fabricação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 ASPECTOS GERAIS

A problemática do processo de projeto começa na não valorização do mesmo por parte do mercado. Esta não valorização perpassa por questões técnicas, visto que muitas vezes os projetos são modificados à revelia, sem o consentimento dos autores, e também por questões financeiras, neste caso gerando uma reação em cadeia de negligências e/ou de transferências de responsabilidades, em uma busca de se ajustar os custos do projeto ao valor contratado, e não o contrário. O resultado são projetos incompletos e muitas vezes com erros, sendo responsáveis, segundo diversos autores, pela grande maioria dos problemas patológicos das edificações.

Na análise dos estudos de casos, no que diz respeito à estrutura metálica, percebeu-se que uma outra fonte de deficiências de projeto, vem principalmente da falta de preparo técnico por parte dos profissionais. Estes profissionais buscam preencher, na prática, a lacuna deixada pela formação acadêmica. Este tipo de aprendizado, porém, nos moldes primitivos da atividade de projeto, não tem outro formato que não o da tentativa e erro. Dessa forma, o resultado é o uso errôneo da tecnologia e dos materiais, de forma tradicionalista, acarretando, como no caso das alvenarias, no aparecimento de trincas e infiltrações. Este fato contribui para a formação negativa da imagem da construção metálica, inibindo o avanço do mercado.

Em relação aos consumidores, foi percebido que, diferentemente da construção em concreto, para o uso do aço eles precisam ser “convencidos”, sendo os principais argumentos de defesa a necessidade estrutural (caso em que a estrutura poderia ser revestida) ou o apelo arquitetônico (neste caso a estrutura geralmente faz parte da linguagem arquitetônica da edificação).

As especialidades de projeto para uma residência unifamiliar, na maioria dos casos resumem-se à arquitetura, ao cálculo estrutural, à hidráulica e à elétrica, o que de certa forma simplifica o processo em comparação com a modalidade de andares múltiplos. Entretanto, mesmo sendo simplificado, não foi identificada uma melhor organização nesses processos.

Devido ao porte do empreendimento, e geralmente pela falta de limitação do fator tempo, a tendência de organização do processo é o modelo projeto-execução ou “design-build” (KOSKELA, 2000). Porém, há espaço para a inclusão de conceitos do Projeto Simultâneo, como, entre outros:

- (a) desenvolvimento em paralelo das especialidades de projeto;
- (b) participação de equipe multidisciplinar desde o início do processo, permitindo um autocontrole do mesmo;
- (c) inclusão, na equipe multidisciplinar, de um responsável pela atividade

de produção, no caso o construtor, de forma a facilitar o planejamento da produção;

- (d) presença do coordenador do processo durante o ciclo de projeto e o ciclo de produção;
- (e) utilização das ferramentas de informática, de forma precisa e responsável, a fim de garantir a confiabilidade na troca de informações entre os profissionais.

A partir do momento em que os profissionais já possuam uma organização do processo pessoal de trabalho, caso em que as certificações e os controles de qualidade muito contribuem, torna-se mais fácil a transposição da organização ao processo como um todo.

A construção metálica insere ainda no processo a figura do fabricante da estrutura, podendo o mesmo efetuar sua montagem (como nos Casos 02 e 03), ou somente fornecê-la (como no caso dos Centros de Serviços). O fornecimento da estrutura, além de configurar uma atividade do processo produtivo, geralmente está relacionado a uma empresa, que faz a ponte com o mercado através de seu departamento comercial e não do departamento técnico. Portanto, por estarem mais direcionados a fatores mercadológicos e de estratégias competitivas, torna-se mais complicada a inserção dos fabricantes de estrutura ao longo do processo de projeto¹, para conferir maior robustez ao projeto da produção.

Dentro deste contexto, se os fabricantes de estrutura restringem-se somente ao seu fornecimento, deixando para os demais profissionais as soluções complementares (principalmente o construtor em se tratando da produção), mais do que nunca é necessário que cada profissional seja um especialista em sua área, mas que tenha domínio sobre a construção civil como um todo,

¹ São as indústrias siderúrgicas que têm criado departamentos de suporte aos profissionais, além de serem responsáveis pelo desenvolvimento de manuais e livros relativos ao tema, visando um incremento do uso do aço na construção civil.

contribuindo para o autocontrole do processo.

A consolidação dos Centros de Serviços como fornecedores da matéria-prima semi-elaborada, muito tem a contribuir com o mercado de residências unifamiliares em aço, devido à incompatibilidade do volume da demanda com as empresas fornecedoras de grande porte. De forma complementar a esta atividade, poderão surgir no mercado empresas especializadas somente em montagens de estruturas metálicas, ou os construtores deverão incluir soldadores e outros profissionais qualificados em seu quadro pessoal.

A partir dos assuntos analisados, e com o conhecimento adquirido, pode-se dizer que, em termos técnicos, respeitada a tecnologia no que diz respeito à forma correta de execução, a utilização da estrutura metálica para residências unifamiliares é perfeitamente adequada, principalmente se exploradas as qualidades físicas do material. Também em relação ao fator custo, a exceção do Caso 02 no qual não se teve um fiel padrão de comparação inicial, verificou-se uma paridade de valores das obras metálicas frente ao mercado construtivo em geral, para os demais casos. Adicionalmente, foram também identificadas algumas vantagens nos orçamentos das obras em aço, como a pequena variabilidade das previsões dos custos até o final da obra, característica esta, de acordo com a prática, muito distante das obras em concreto. Dessa forma, pode-se concluir então que os principais fatores para a limitação do setor em relação às questões técnicas dizem respeito ao despreparo do profissional, diferente da inexistência da metodologia de execução, estando esta nacionalizada. Alia-se a isso as barreiras culturais frente à incorporação das novas tecnologias como no uso específico da estrutura metálica, culturalmente associada às edificações industriais, na produção de unidades residenciais.

6.2 SUGESTÕES PARA NOVOS TRABALHOS

Como afirmado no Capítulo 1, o principal objetivo desta pesquisa é a análise do campo de execução de residências unifamiliares em termos dos processos de

projeto e de produção, a partir de questionamentos que apóiam e justificam o seu desenvolvimento e inserção na linha de pesquisa Arquitetura e Ambiente Construído em Estruturas Metálicas, do Programa de Pós Graduação em Construção Metálica da UFOP.

Desse modo, o presente trabalho constitui-se em uma contribuição ao assunto e, obviamente, não esgota o assunto, mas possibilita um avanço e a abertura de novas e desafiadoras perspectivas de desenvolvimento de estudos que podem, inclusive, extrapolar os limites específicos da área de construção metálica.

Com esse espírito, relacionam-se, a seguir, algumas propostas de prosseguimento dos estudos:

- Avaliação do conforto ambiental das residências unifamiliares de médio/alto padrão, estruturadas em aço, com variações de fechamentos;
- Avaliação do nível de conhecimento por parte dos construtores dos elementos em aço e sua interferência na eficiência do processo;
- Aprofundamento da avaliação pós-ocupação com geração de dados para aferir medição e retroalimentar o mercado;
- Estudo para proposição de diretrizes específicas para a produção de residências unifamiliares em aço com perfis laminados;
- Estudo sobre a concepção ideal dos centros de serviços, inclusive em termos de engenharia de produção.
- Estudo de metodologia para comparação de custos entre residências executadas em estrutura metálica e as demais estruturas.
- Metodologia de aplicação de cursos de detalhamento de projetos junto às instituições de ensino e seu reflexo no processo de projeto e produção das obras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, Augusto; CALMON, J. L..Industrialização da construção civil: o uso de ferramentas cad 3d para elaboração de projetos para produção. Foz de Iguaçu, PR. 2002. p. 2147-2147. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. **Artigo Técnico**. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/>>. Acesso em: jun. 2005.

ALVES, Ana Claudia N. **A implantação de sistemas de gestão da qualidade na indústria da construção civil segundo os critérios da ISO9001:2000**: adaptações em relação à ISO9001:1994. 2001. 139f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2001.

ANDERY, Paulo R. P. Análise do impacto da implantação da ISO9001 em

empresas de projeto: um estudo de caso. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2003, São Carlos. **Anais eletrônicos...**

BARROS, Lia Affonso F. **Avaliação de projeto padrão de creche em conjuntos habitacionais de interesse social: o aspecto da implantação.** 2002. 215f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

BARROS Mércia M. B.; SABBATINI, Fernando H. Diretrizes para o processo de projeto para a implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios. São Paulo, EPUSP, 2003. **Boletim Técnico...** Disponível em: <<http://publicacoes.pcc.usp.br/lista.htm>> Acesso em: jun. 2005.

BASTOS, Marilda A. R. **AVALIAÇÃO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS SEMI E /OU INDUSTRIALIZADOS DE EDIFÍCIOS DE ANDARES MÚLTIPLOS ATRAVÉS DA PERSPECTIVA DE SEUS USUÁRIOS.** 2004. 458f. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2004.

BAUERMANN, Maristela. **Uma investigação sobre o processo de projeto em edifícios de andares múltiplos em aço.** 2002. 254f. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2002.

BELLEI, Ildony H. **Edifícios industriais em aço: projeto e cálculo.** São Paulo: Pini, 1994. 489p.

BLACHÈRE, Gerard. **Tecnologías de la construcción industrializada.** Barcelona: Gustavo Gili, 1977. 168p.

BOCCHILE, Cláudia. Quando vale a pena usar o aço. **Téchne**, n. 66, p.29-33, set. 2002.

BRAUN, Lara; PENTEADO, Silvia. **Arquitetura e construção de grandes obras.** São Paulo: R9 Editora Ltda, 2004. 176p.

BRUAND, Yves. **Arquitetura contemporânea no Brasil.** São Paulo: Editora

- Perspectiva S.A., 1991. 398p.
- BRUNA, Paulo. J. V. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento**. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1976. 312p.
- CARNEIRO, D.; VALPASSOS M. Habitação lastreada. **Construção Mercado**, São Paulo, p. 20-22. 2003. Entrevista concedida a Rosa Symanski.
- CARVALHO, Kelly. Dinheiro para poucos. **Construção Mercado**, São Paulo, n.23, p.30-35, jun. 2003.
- CASTRO, Eduardo Mariano Cavalcante de. **Patologia dos edifícios em estrutura metálica**.1999. 202f. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999.
- CEPEDA, Javier T. Steel construction in single family houses of Andalusia: house in Los Yesos (Granada) and house in Las Fuentezuelas (Jaén). **Journal of Constructional Steel Research**, n. 212, p. 181-182, 1998.
- CHING, Francis D. K. **Visual dictionary of architecture**. Tradução Júlio Fischer. São Paulo: Martins Fontes, 1999. p.64, 140-147.
- CIMINO, Remo. **Planejar para construir**. São Paulo: Pini, 1987. 232p.
- COELHO, Roberto de Araújo. **Interface entre perfis estruturais laminados e sistemas complementares**: Coletânea do uso do aço: volume I. Belo Horizonte: Gerdau Açominas, 2004. 63p.
- COELHO, Roberto de Araújo. **Sistema construtivo integrado em estrutura metálica**. 2003. 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.
- DIAS, Luís Andrade M. **Estruturas de aço**: conceitos, técnicas e linguagem. São Paulo: Zigurate Editora, 1997. 159p.
- FABRICIO, Márcio Minto. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. 329f. Tese (Doutorado em engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

- FERRAZ, Rodrigo Marcondes. A humanidade da arquitetura. **aU arquitetura e urbanismo**, n.134, p. 66-69, maio, 2005.
- FIRMO, Célio da S. **Estruturas tubulares enrijecidas por superfícies de dupla curvatura (hiperbólicas)**. 2003. 194f. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2003.
- FONTENELLE, Eduardo C.; MELHADO Sílvio B. As Melhores Práticas na Gestão do Processo de Projeto em Empresas de Incorporação e Construção. São Paulo, EPUSP, 2002. **Boletim Técnico...** Disponível em: <<http://publicacoes.pcc.usp.br/lista.htm> > Acesso em: jun. 2005.
- FRANCO, Luiz Sérgio. **Racionalização construtiva, inovação tecnológica e pesquisas**. In: Curso de formação em mutirão EPUSP, São Paulo, 1996.
- GOMBRICH, E. H. **The story of art**. Tradução Álvaro Cabral. São Paulo: LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1999. 16.ed. 688p.
- HART, F.; HENN, W.; SONTAG, H. **El Atlas de la construcción metálica: casas de pisos**. Barcelona: Gustavo Gili, 1976. 371p.
- _____. **Multi-storey buildings in steel**. London: W. Clowes & Sons, 1978. 359p.
- HENRIQUES, G.; ESTEVES, L. **Novos processos de construção em arquitetura**. In: Arqtextos 060, 2005. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/>> Acesso em: jun. 2005.
- INTERNATIONAL IRON AND STEEL INSTITUTE. **Inovations in Steel Residential Construction around the World**. Brussels: International Iron and Steel Institute, 1996. 37p.
- KOSKELA, Lauri. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. 296f. Thesis (Doctor of Technology) – Technical Research Centre of Finland – VTT. Helsinki, 2000. Disponível em: <http://www.leanconstruction.org/pdf/P408.pdf> Acesso em: abr. 2005.
- KRÜGER, P. G. VON. **Análise de painéis de vedação nas edificações em**

- estrutura metálica.** 2000. 160f. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2000.
- LEMOS, Carlos A. C. **História da casa brasileira.** São Paulo: Contexto, 1989. 83p.
- LOPES, José Antônio Esquerdo. **Produtividade da mão-de-Obra em projetos de estrutura metálica.** 2001. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- MANCINI, Luciana Cotta. **Pré-Dimensionamento de Estruturas Metálicas em Fase de Concepção Arquitetônica.** 2003. 240f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- MELHADO Sílvia B.; AGOPYAN, Vahan. O Conceito de Projeto na Construção de Edifícios: Diretrizes para sua Elaboração e Controle. São Paulo, EPUSP, 1995. **Boletim Técnico...** Disponível em: <<http://publicacoes.pcc.usp.br/lista.htm>> Acesso em: jun. 2005.
- MELHADO, Sílvia B. Panorama e perspectivas na gestão do processo de projeto. In: I WorkShop Mineiro Gestão de Projetos na Construção de Edifícios, Belo Horizonte, set. 2004. **Anais...** 1 CD-ROM
- _____. **Qualidade do projeto na construção de edifícios** : aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. 1994. 294 p. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1994.
- NASCIMENTO, Otávio L. **Alvenarias:** Manual de construção em aço. Belo Horizonte: ABCEM, 200-. 52p.
- NAKAMURA, Juliana. Bruno Padovano arquitetura em rede. **aU arquitetura e urbanismo**, São Paulo, p. 36-41, abr. 2005.
- PALHARES, Sérgio Ricardo. **Variantes de modificação em habitação popular: do espaço planejado ao espaço vivido.** 2001. 197f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Arquitetura e Urbanismo,

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

RAAD JR., Antoine Aziz. **Diretrizes para fabricação e montagem das estruturas metálicas**. 1999. 216f. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999.

REBELLO, Yopanan et al. O rigor da desordem. **aU arquitetura e urbanismo**, n.134, p. 70-73, maio, 2005.

REYES, Paulo Belo. **A representação do espaço nas novas mídias digitais**. Santa Cruz do Sul, RS. 2003. 7p. SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 16., 2003, Santa Cruz do Sul.

REZENDE, Marco Antônio P.. **Inovação tecnológica nas edificações e a introdução da estrutura metálica em Minas Gerais**. 2002. 226f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

ROSSO, Teodoro. **Teoria e prática da coordenação modular**. São Paulo: Editora da USP, 1976. 224p.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos**: formulação e aplicação de uma metodologia. 1989. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

SALES, Urânia Costa. **Mapeamento dos problemas gerados na associação entre sistemas de vedação e estrutura metálica e caracterização acústica e vibratória de painéis de vedação**. 2001. 249f. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2001.

SALES, Urânia Costa. **Sistemas de Fechamento para Estrutura Metálica**, Notas de aula, Ouro Preto, 2003.

SAYEGH, Simone. Revolução industrial. **Téchne**, São Paulo, n.69, p.44-48, dez. 2002.

- SILVA, M. G. e SILVA, V. G. **Painéis de Vedação**: Manual de construção em aço. ABCEM, 200-. 59p.
- SILVA, Margarete M. A. **Diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação**. 2003. 167f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- SOUZA FILHO, J. Aureliano de; GOUVINHAS, Reidson P..Processo projetual na arquitetura: novos paradigmas através da engenharia simultânea . Natal, RN. 2003. 14p. I SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE ENSINO EM PROJETO DE ARQUITETURA, PROJETAR 2003, 1., 2003, Natal. **Anais...** Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/>> Acesso em: jun. 2005.
- SLATTERY, Ken. Steel in residential construction, an international movement. **Journal of Constructional Steel Research**, n. 421, p. 31, 1998.
- THE STEEL CONSTRUCTION INSTITUTE. **Building Design using Cold Formed Steel Sections: Light Steel Framing in Residential Construction**. Ascot: The Steel Construction Institute, n. SCI P301, 2001. 98p.
- _____. **Case Studies on Light Steel Framing (second series)**. Ascot: The Steel Construction Institute, n. SCI P176, 2000.
- _____. **Case Studies on Light Steel Framing**. Ascot: The Steel Construction Institute, n. SCI P328, 2003.
- TZORTZOPOULOS, Patrícia et al. A protocol for managing the design process in the building industry in Brazil. Londres, UK. 1999. p. 393-403. In: Profitable partnering in construction procurement, 1º, Chiang Mai, Tailândia, 1999. **Artigo técnico...** Disponível em <<http://www.infohab.org.br/>> Acesso em: jun. 2005.
- TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. 1999. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

VALPASSOS, M. V.; CARNEIRO, D. D.. Habitação lastreada. **Construção Mercado**, São Paulo, n.26, p. 20-22, set. 2003. Entrevista concedida a Rosa Symanski.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. 2. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 1994. 170 p.

ZANETTINI, Siegbert. O aço tem vez. **Construção São Paulo**, São Paulo, p. 24-26. 2000. Entrevista concedida a Paulo Kiss.

_____. Mestre e aluno de suas obras. **Construção Metálica**, São Paulo, p. 8-11, set/out. 2003. Entrevista concedida a Renata Bernardis.

Apêndice **A**

A POESIA DO ESPAÇO: AS CASAS AUTORAIS DE ALLEN ROSCOE

Os projetos apresentados neste anexo, como anteriormente mencionado, não foram enfocados nos estudos de casos por representarem uma forma muito peculiar de projetar e produzir uma edificação, não se enquadrando para um referencial de padrão. São apresentados, portanto, em caráter ilustrativo, por representarem papel de destaque na produção de residências em aço no mercado mineiro.

Formado há aproximadamente 30 anos, o arquiteto trabalhou muito tempo na área industrial e trouxe deste ambiente muito da base de sua arquitetura. Ele acredita que não se deva fazer apologia a nenhum material específico, já que

cada um (aço, concreto ou madeira) será mais bem empregado dependendo de cada situação. Ele acredita ainda que para a definição do sistema construtivo, não só as condições da obra devam ser consideradas mas, também, o pensamento de todos os profissionais envolvidos. Por exemplo, se o cliente anseia em ter uma casa convencional, toda compartimentada, também com uma cobertura convencional, é preferível que o projeto seja desenvolvido para a construção tradicional. O arquiteto conta que costuma recusar muitos projetos por identificar uma falta de coerência entre seu pensamento e o pensamento dos clientes ou construtores, prevendo um desgaste no relacionamento e conseqüentemente uma falta de qualidade no processo e no produto (em suas palavras “pro cliente ficar feliz e eu também”).

O arquiteto trabalha de forma “livre”, não possui escritório e desenvolve os desenhos de projeto até as informações mínimas a serem passadas ao seu calculista. A partir de então acompanha todo o detalhamento da estrutura juntamente com o calculista, definindo as seções, as espessuras de chapas, alturas das vigas, tudo que representar interferência direta na arquitetura. Essas definições não são tomadas anteriormente como forma de se evitar a perda de trabalho, já que o calculista poderá apresentar melhores soluções.

Acostumado a trabalhar com o aço¹, o arquiteto foi o executor das duas obras autorais apresentadas a seguir, o que não ocorre para as casas projetadas para os clientes.

A.1 A CASA GALPÃO

Primeira obra residencial em aço do arquiteto, a Casa Galpão foi projetada em 1989, mesmo ano em que se iniciou a obra, que só terminou em 1992. A estrutura da casa, no entanto, foi montada no local em um único dia, das 8h às 23h, gerando incômodos aos vizinhos, que acionaram a polícia para que

¹ O arquiteto dedica-se também ao desenvolvimento das esculturas em metal dos artistas plásticos Amílcar de Castro e Franz Weissmann (ambos in memoriam).

interrompessem a obra. O arquiteto conta que, ao chegarem ao local, os policiais se envolveram no processo e auxiliaram com a iluminação para o término da montagem. Por carregar referências diretas com a arquitetura industrial, desde o interior até o exterior (figura A.1), durante a construção houve uma outra tentativa de embargo da obra por parte da vizinhança, desta vez sob a alegação de que o padrão da edificação não condizia com o perfil do bairro.



(a)– Vista fundos/lateral

(b)– Vista lateral/frontal

Figura A.1– Vistas externas da edificação.

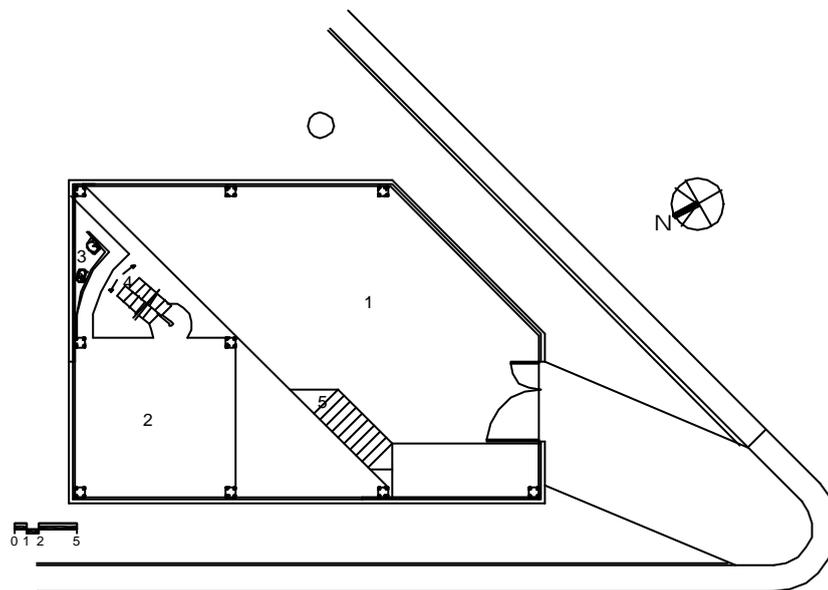
FONTE: Arquivo pessoal.

Incrustada na vertente da Serra do Curral, o volume prismático acompanha o forte caimento do terreno, possuindo a organização interna definida a partir do conceito de planta livre, e de interatividade dos ambientes. Dessa forma, o arranjo arquitetônico se desenvolve em três níveis: o pavimento térreo, formado por um vão corrido que abriga a garagem, sala e lavabo; o mezanino onde se localiza o dormitório integrado ao banho; e o subsolo onde está a cozinha e a oficina dos carros militares da coleção. As figuras A.2 e A.3 mostram uma visão geral do arranjo arquitetônico.

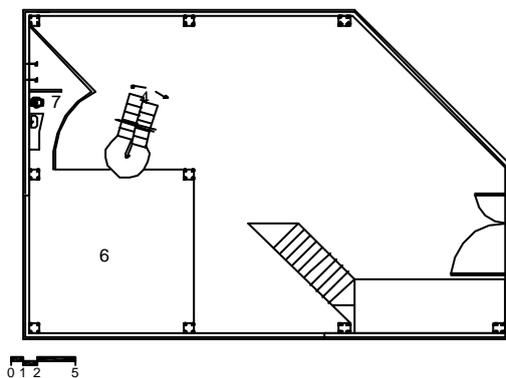
No desenvolvimento do projeto foi considerada a dificuldade de acesso ao canteiro de obras dos caminhões pesadamente carregados, devido à declividade da via. Dessa forma, tanto os arrimos quanto o piso da garagem foram executados com pedras oriundas do próprio terreno. Já a estrutura, formada por pilares e vigas em treliças espaciais, foram pré-fabricadas e aparafusadas no local, conformando pórticos. Os pilares, 10 ao todo, possuem

alturas diferentes, de acordo com a topografia do terreno, e descarregam diretamente na fundação executada em tubulões.

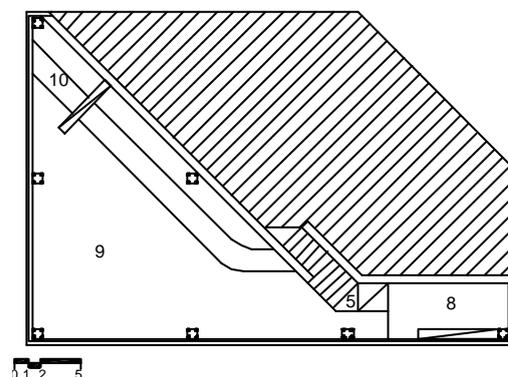
Como o material utilizado era oriundo de sucata, tanto os tubos quanto as chapas das treliças possuíam bitolas ou espessuras variadas. Dessa forma, foi necessário ao cálculo um maior cuidado na separação e indicação da posição dos elementos na montagem da estrutura. Na figura A.4 é possível verificar a diferença de bitolas entre os tubos das vigas longitudinal e transversal, sendo mais robusta aquela mais solicitada.



(a) – Planta térreo.



(b) – Planta mezanino.

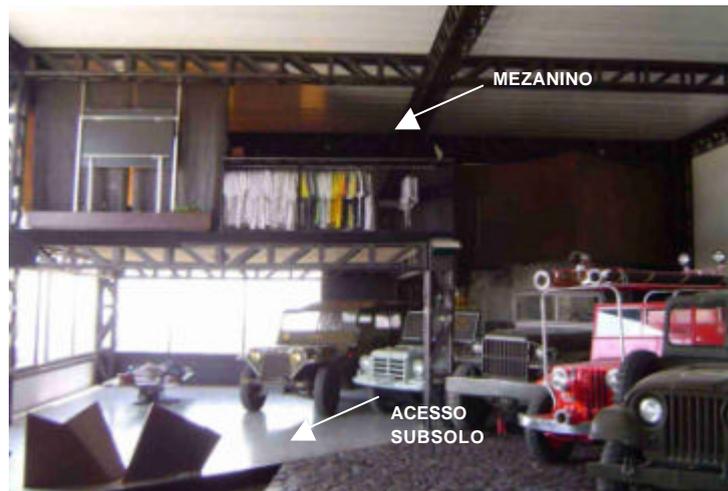


(c) – Planta subsolo.

LEGENDA: (1) Garagem (2) Estar (3) Lavabo (4) Escada Santos Dumont móvel (5) Acesso subsolo (6) Dormitório (7) Banho (8) Oficina (9) Cozinha (10) Adega/Despensa

Figura A.2- Plantas projeto arquitetônico.

FONTE: Arquivo pessoal.



(a)– Vista geral a partir do pavimento térreo



(b) – Escada para o subsolo



(c)– Vista geral da cozinha no subsolo

Figura A.3 – Arranjo arquitetônico.
FONTE: Arquivo pessoal.



Figura A.4– Diferenças de bitolas dos tubos das vigas transversal e longitudinal.
FONTE: Arquivo pessoal.

Durante a montagem da estrutura os pórticos receberam um contraventamento, que foi retirado tão logo foi executado o fechamento em alvenaria (figura A.5).

Originalmente esse fechamento seria executado em PVC mas, por motivos econômicos, acabou sendo executado em alvenaria.



Figura A.5– Chapa de ligação da viga com os contraventamentos retirados.
FONTE: Arquivo pessoal.

Foram instaladas algumas terças horizontais coincidentes de forma alternada (uma sim e outra não), com as peças horizontais dos pilares, dividindo dessa forma o pano da alvenaria. Os fechamentos externos são, portanto, constituídos (do interior para o exterior), por alvenaria, um colchão de ar e um revestimento em telha metálica zincada pintada e parafusada nas terças (figura A.6). Assim como em uma cobertura, a água de chuva que escorre pela telha do revestimento é recolhida por uma calha que circunda toda a edificação (figura A.7).

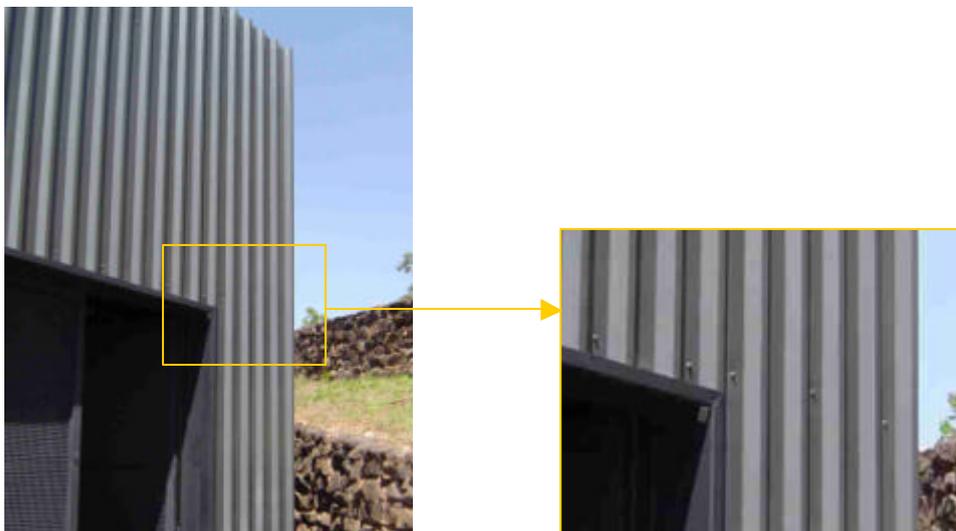


Figura A.6– Vista externa da edificação mostrando o revestimento em telha metálica.
FONTE: Arquivo pessoal.



**Figura A.7– Detalhe da calha de captação da água que percola pelo fechamento vertical.
FONTE: Arquivo pessoal.**

A cobertura é executada na mesma telha metálica do revestimento externo e, durante a ocupação, foi acrescida internamente uma telha metálica sanduíche para melhorar o conforto interno e dar acabamento ao forro, como visto na figura A.4. A laje de piso é executada em concreto e descarrega diretamente na estrutura, resguardando a ligação com a parede de fechamento (figura A.8). Nota-se ainda, nesta figura, os fossos que são criados internamente aos pilares, responsáveis pela ventilação do subsolo.



**Figura A.8– Detalhe da laje de piso desconectada do fechamento vertical.
FONTE: Arquivo pessoal.**

Internamente os únicos ambientes delimitados são os banheiros, que possuem divisórias também de material oriundo de reutilização. O banheiro da suíte é fechado na face externa por chapas de aço patinável e na interna por chapas de aço zincado (figura A.9).



(a) Vista externa do volume do banheiro da suíte



(b) Vista interna do banheiro da suíte

Figura A.9– Detalhe banheiro suíte.

FONTE: Arquivo pessoal.

Já o lavabo possui a divisória formada por um painel de matrizes metálicas de gravuras de diversos artistas (figura A.10). Neste caso, como as matrizes são feitas em chapas de alumínio muito finas, o arquiteto aplicou várias chapas em camadas.

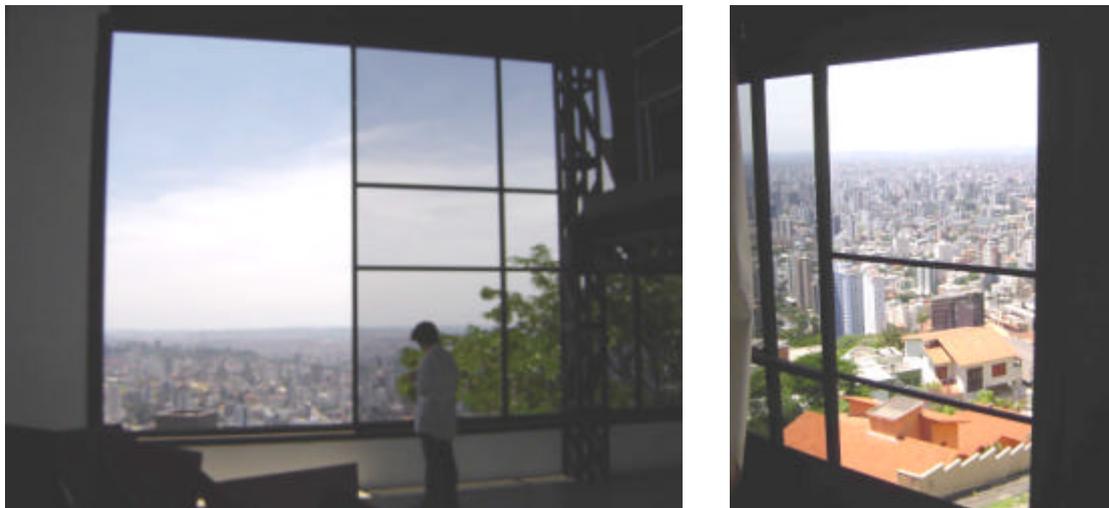


Figura A.10– Vista externa do volume do lavabo.

FONTE: Arquivo pessoal.

A casa possui duas grandes janelas executadas em vidro liso comum de 4mm colado a estruturas de metalon, que correm sobre trilhos soldados à estrutura principal. No nível do mezanino, ao se abrir o vão da janela, surgem algumas barras horizontais que formam o guarda-corpo. Fechada a janela, essas barras

se recolhem para o colchão de ar do fechamento vertical externo (figura A.11).



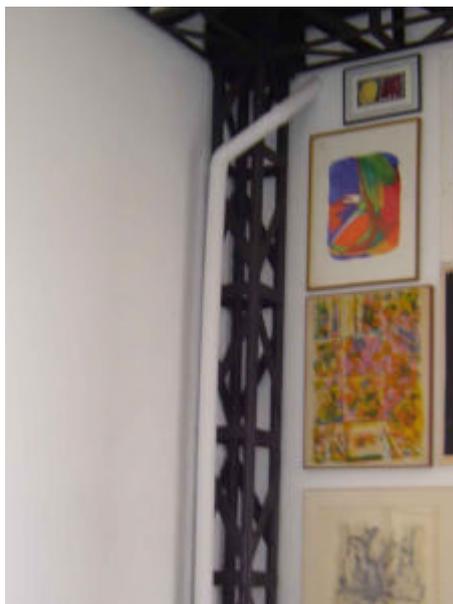
(a) Janela pé-direito duplo da fachada lateral direita

(b) Janela mezanino: barras de guarda-corpo

Figura A.11 – Vistas alternadas das 2 janelas da edificação.

FONTE: Arquivo pessoal.

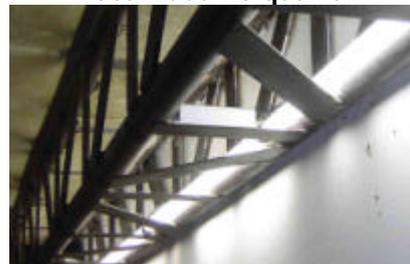
Não foram desenvolvidos os projetos complementares de elétrica e hidráulica, tendo a compatibilização das atividades sido desenvolvida durante a obra, de forma prática. A figura A.12 exemplifica a simbiose entre essas atividades, por vezes ocorrendo uma apropriação da estrutura, extrapolando, dessa forma, sua função estrita de sustentação.



(a) Tubo de queda d'água



(b) Torneiras para conexão da banheira localizada no quarto



(c) Lâmpadas incorporadas à estrutura para iluminação da cozinha

Figura A.12 – Ex. de compatibilização entre as atividades complementares e a estrutura.

FONTE: Arquivo pessoal.

Se anteriormente, por duas vezes, os vizinhos quiseram impedir a obra, hoje ela é referência no bairro e se mimetiza com o ambiente, tendo sido objeto de publicação em diversas revistas do setor arquitetônico.

A.2 A CASA DE VIDRO

Seguindo a mesma conceituação, e também o mesmo processo de projeto da Casa Galpão, esta residência projetada em 1999 é uma das duas unidades geminadas construídas em um condomínio na região metropolitana de Belo Horizonte. A segunda unidade deixou de ser residência e hoje abriga o acervo artístico de seu antigo proprietário. Apesar de possuir apenas uma de suas faces envidraçada, esta tem uma presença tão marcante, arrebatando os usuários em direção ao exterior, fazendo parecer com que o ambiente tivesse “frente e costas”, que a casa merece o título de Casa de Vidro (figura A.13).



(a) Fachada frontal



(b) Fachada posterior

Figura A.13 – Vistas das faces opaca (costas) e envidraçada (frente)

FONTE: Arquivo pessoal.

O arranjo arquitetônico desenvolve-se em quatro níveis: no nível de acesso tem-se uma ampla sala em L com um lavabo ao final da mesma; no nível superior, acessado por uma escada, localiza-se a área íntima; no nível inferior, acessado por uma rampa, estão a cozinha, a despensa, o lavabo e o estar; com o atelier da proprietária ocupando o subsolo. A figura A.14 ilustra a divisão espacial da arquitetura.



(a) Vista interna a partir da rampa.



(b) Vista rampa a partir do nível inferior.



(c) Vista externa subsolo.

Figura A.14– Arranjo espacial da edificação.

FONTE: Arquivo pessoal.

Toda executada em perfis dobrados de chapas de aço patinável, a estrutura apresenta-se “in natura”, ou seja, sem qualquer tipo de acabamento. O desenvolvimento do cálculo foi acompanhado de perto pelo arquiteto, de forma a garantir a unidade visual da estrutura. Dessa forma, todos os pilares possuem as mesmas dimensões de seção quadrada, assim como as vigas possuem a mesma altura (figura A.15). Desse modo, as necessidades de

variação de inércia são supridas pela variação das espessuras das chapas, aliadas a alguns reforços internos.



Figura A.15– Vista da unidade padrão da estrutura.

FONTE: Arquivo pessoal.

A estrutura aporricada recebeu fechamentos horizontais em lajes maciças de concreto moldadas no local, solidarizadas às vigas por cantoneiras fixadas nas mesmas (figura A.16). Por sua vez os fechamentos verticais externos foram executados em alvenaria (nos moldes da Casa Galpão) e na pele de vidro formada por vidros especiais, colados com silicone a uma estrutura secundária em metalon fixada à estrutura principal (figura A.17). A característica especial desse vidro importado da Ásia (que na época teve melhor custo que os vidros nacionais), está em garantir a luminosidade do ambiente sem modificar as tonalidades de cores, matéria-prima do trabalho dos proprietários das duas unidades residenciais.



Figura A.16– Detalha da interface laje de concreto e vigas.

FONTE: Arquivo pessoal.



Figura A.17– Detalhe estrutura da pele de vidro em metalon.
FONTE: Arquivo pessoal.

Em relação aos sistemas de fechamento internos, o arquiteto utilizou painéis metálicos para a cozinha e no restante das divisórias, inclusive nas dos banheiros, chapas de madeira recomposta (MDF) coladas com silicone a estruturas de metalon. Na cozinha, e em parte da sala principal, esses painéis deslizam sobre trilhos criando a possibilidade de integração ou isolamento dos ambientes (figura A.18).



(a) Painéis em MDF deslizantes para fechamento da sala



(b) Painéis metálicos pivotantes/deslizantes para fechamento da cozinha

Figura A.18– Painéis móveis.
FONTE: Arquivo pessoal.

À exceção das portas de entrada e da garagem, todas as aberturas da casa localizam-se na pele de vidro e possuem o mesmo sistema de abertura em

“camarão” desenvolvido pelo arquiteto (figura A.19).



(a) Vista interna abertura das portas



(b) Vista externa abertura das janelas

Figura A.19– Detalhe abertura dos vãos.

FONTE: Arquivo pessoal.

Assim como na Casa Galpão, a cobertura da casa é feita por um “sanduíche” de telhas, sendo que neste caso a telha inferior foi instalada sob a estrutura criando a uniformidade e grandiosidade do forro contínuo (figura A.20).



Figura A.20– Vista forro contínuo.

FONTE: Arquivo pessoal.