

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

## **ARQUITETURA EM AÇO E O PROCESSO DE PROJETO**

---

**Karen Tostes Borsato**

**Orientador: Prof. Dr. Francisco Borges Filho**

**Co-Orientadora: Prof. Dra. Silvia Aparecida Mikami Gonçalves Pina**

Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Arquitetura e Construção.

**Campinas - SP**

**2009**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -  
UNICAMP

B648a      Borsato, Karen Tostes  
Arquitetura em aço e o processo de projeto / Karen  
Tostes Borsato. --Campinas, SP: [s.n.], 2009.

Orientadores: Francisco Borges Filho, Silvia  
Aparecida Mikami Gonçalves Pina.  
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e  
Urbanismo.

1. Projeto arquitetônico. 2. Estruturas metálicas. 3.  
Aço - Estruturas. 4. Construção metálicas. I. Borges  
Filho, Francisco. II. Pina, Silvia Aparecida Mikami  
Gonçalves. III. Universidade Estadual de Campinas.  
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e  
Urbanismo. IV. Título.

Título em Inglês: Steel architecture and the creative process

Palavras-chave em Inglês: Design Process, Steel structure, Structural steel,  
Steel construction

Área de concentração: Arquitetura e Construção

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Evandro Ziggiatti Monteiro, Marcio Fabrício Minto

Data da defesa: 26/08/2009

Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

**ARQUITETURA EM AÇO E O PROCESSO DE PROJETO**

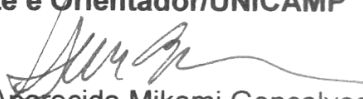
---

**Karen Tostes Borsato**

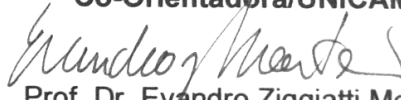
**Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:**



**Prof. Dr. Francisco Borges Filho  
Presidente e Orientador/UNICAMP**



**Prof. Dra. Sílvia Aparecida Mikami Gonçalves Pina  
Co-Orientadora/UNICAMP**



**Prof. Dr. Evandro Ziggiatti Monteiro  
UNICAMP**



**Prof. Dr. Márcio Minto Fabrício  
EESC - USP**

**Campinas, 26 de agosto de 2009**

*“A grande virtude da arquitetura, se ela tivesse que ter uma só, é ser oportuna, no lugar, na cidade.”*

Paulo Mendes da Rocha

## DEDICATÓRIA

---

*Aos meus pais, Marcia e Toni, pelo exemplo e legado de vida, pelo amor e confiança em mim depositados nessa importante etapa de aprendizado. Sem vocês não seria possível.*

## AGRADECIMENTOS

---

*À Karina, ao Alexandre, à Patricia e ao Tiago, agradeço o constante incentivo, amizade incondicional, estímulo e participação ativa nesta dissertação. Obrigada por toda força, paciência e constante presença em todos os momentos!*

*Ao Professor Dr. Francisco Borges Filho e à Professora Dr.<sup>a</sup> Silvia A. Mikami G. Pina, pela orientação e co-orientação precisa, incentivo e confiança em todo o processo de concretização desta dissertação,*

*Ao Professor Dr. João Alberto Venegas Requena e ao Professor Dr. Evandro Ziggiatti Monteiro pelo apoio, críticas e preciosas contribuições apresentadas no Exame de Qualificação,*

*Aos arquitetos e engenheiros que participaram e tornaram possível essa pesquisa, obrigada pelos ensinamentos, disponibilidade, colaborações e amizade,*

*À CAPES pelo apoio e confiança em minha pesquisa,*

*A todos os professores e funcionários da UNICAMP, e todos os amigos que*

As soluções adotadas durante a concepção arquitetônica têm amplas repercussões em todo o processo de projeto e a falta de conhecimento dos princípios determinantes na concepção da estrutura metálica pelo arquiteto é um dos fatores que influencia a pouca utilização deste material. O domínio sobre as especificidades da produção arquitetônica em aço é imprescindível para o correto processo de projeto e garante subsídios para projetistas, que deveriam ser iniciados na formação do arquiteto. Para tanto, o objetivo dessa dissertação é entender como ocorre a integração da arquitetura no processo de projeto e evidenciar quais são os requisitos e peculiaridades da arquitetura em aço. A pesquisa aborda a integração da arquitetura e a concepção do projeto a partir de uma revisão bibliográfica com temas correlatos e um estudo de campo que contribuiu para viabilizar o projeto em aço. A partir dessa revisão, analisou-se arquitetos selecionados de acordo com o envolvimento na produção em aço de modo a demonstrar a metodologia de projeto de cada profissional, possibilitando a posterior análise e comparação de similaridades e divergências. A partir da metodologia dos casos estudados, este trabalho colaborou com o aprimoramento de idéias e descobertas por parte dos profissionais de arquitetura das características e propriedades do aço, permitindo um entendimento da condução do processo de projeto em torno das diretrizes e premissas que garantem a integração das estruturas metálicas na concepção do projeto arquitetônico. Nesse contexto, o produto desta pesquisa envolveu o aumento das inter-relações entre arquitetos e processos de projeto que incluem com sucesso o uso da estrutura metálica.

**Palavras Chave:** Processo de projeto arquitetônico, estruturas metálicas, arquitetura em aço.

## ABSTRACT

---

The used solutions during the architectural conception have wide repercussions in the whole design process and the architect's lack of knowledge regarding the principles for defining the steel structure's design is one of the factors influencing the non-use of this material. The know how of steel production's peculiarities is required for a correct design process and guarantees a support for architects and engineers which should be accomplished in their graduation. Thus, the purpose of this research is to understand how the design process integrates with architecture and also to put in evidence the steel architectures requirements and peculiarities. From this review, previously selected architects were analyzed to show the design process of each of these professionals allowing later analysis and comparison of their similarities and differences. Thus, based on studied cases' methodology this work collaborated with architects' improvement of ideas and discoveries concerning steel's characteristics and properties, allowing the understanding of design's practice in steel construction from a survey around the guidelines that ensure steel structures and architectural projects design integration.

**Keywords:** Design Process, steel structure, constructive systems, steel construction.



|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....</b>                               | <b>01</b> |
| <b>2. OBJETIVOS.....</b>                                                | <b>07</b> |
| <b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>                                    | <b>11</b> |
| <b>3.1 O ferro e o aço na construção.....</b>                           | <b>13</b> |
| <b>3.2 Arquitetura Nacional em aço.....</b>                             | <b>17</b> |
| 3.2.1 Desenvolvimento e expansão do uso do aço.....                     | 17        |
| <b>3.3 Arquitetura Internacional em aço.....</b>                        | <b>23</b> |
| <b>3.4 Arquitetura em aço.....</b>                                      | <b>31</b> |
| 3.4.1 Principais aplicações das estruturas metálicas na atualidade..... | 31        |
| <b>3.5 Racionalização e industrialização da construção.....</b>         | <b>36</b> |
| 3.5.1 Sistemas construtivos industrializados.....                       | 39        |
| 3.5.2 O custo das estruturas metálicas.....                             | 40        |
| 3.5.3 Desenvolvimento dos sistemas construtivos.....                    | 42        |
| <b>3.6 Concepção do projeto.....</b>                                    | <b>44</b> |
| 3.6.1 Conceituação de Projeto.....                                      | 45        |
| 3.6.2 Aspectos e prerrogativas na concepção do projeto.....             | 46        |
| 3.6.3 Coordenação e integração de projetos.....                         | 46        |
| 3.6.4 Sistemas Construtivos: paradigmas e implicações.....              | 47        |

|                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>3.7 Processo de projeto.....</b>                                               | <b>51</b>  |
| 3.7.1 Implicações do processo de projeto .....                                    | 54         |
| 3.7.2 Processo de projeto convencional: projeto seqüencial.....                   | 56         |
| 3.7.3 Projeto Simultâneo.....                                                     | 57         |
| 3.7.4 A aplicação da engenharia simultânea na construção.....                     | 57         |
| 3.7.5 Escolha do sistema construtivo.....                                         | 62         |
| <b>3.08 Integração dos processos envolvidos na construção em aço.....</b>         | <b>71</b>  |
| <b>3.09 Projeto arquitetônico.....</b>                                            | <b>73</b>  |
| <b>3.10 Projeto Estrutural.....</b>                                               | <b>79</b>  |
| <b>3.11 Detalhamento do projeto.....</b>                                          | <b>81</b>  |
| <b>3.12 Transporte e montagem das estruturas metálicas.....</b>                   | <b>83</b>  |
| <b>3.13 Exemplos de arquitetura com estruturas metálicas no Brasil.....</b>       | <b>87</b>  |
| <b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>                                                | <b>91</b>  |
| 4.1 Apresentação dos entrevistados.....                                           | 94         |
| 4.2 Apresentação das entrevistas.....                                             | 97         |
| <b>5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>                                           | <b>99</b>  |
| <b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                               | <b>107</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                           | <b>111</b> |
| <b>APÊNDICES.....</b>                                                             | <b>117</b> |
| <b>Apêndice A - Roteiro de Entrevista.....</b>                                    | <b>118</b> |
| <b>Apêndice B - Entrevista Arquiteto Jupira Corbucci.....</b>                     | <b>122</b> |
| <b>Apêndice C - Entrevista Arquiteta Fernanda Gerken - V&amp;M do Brasil.....</b> | <b>128</b> |
| <b>Apêndice D - Entrevista Arquiteta Maristela Bauermann.....</b>                 | <b>135</b> |
| <b>Apêndice E - Entrevista Arquiteto Paulo Mendes da Rocha.....</b>               | <b>139</b> |
| <b>Apêndice F - Entrevista Arquiteto Mario Biselli.....</b>                       | <b>144</b> |
| <b>Apêndice G - Entrevista Engenheiro Flavio Gaiga - Solutec.....</b>             | <b>151</b> |
| <b>Apêndice H - Entrevista Arquiteto Siegbert Zanettini.....</b>                  | <b>156</b> |

## LISTA DE FIGURAS

---

|             |                                                                      |    |
|-------------|----------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 3.1  | Torre Eiffel - Paris (1889).....                                     | 14 |
| Figura 3.2  | Iron Bridge - Inglaterra (1779).....                                 | 15 |
| Figura 3.3  | Fábrica de Chocolates Menier - Noisel-Sur-Marme - França (1872)..... | 16 |
| Figura 3.4  | Home Insurance Building - Chicago (1885).....                        | 17 |
| Figura 3.5  | Estação Ferroviária Bananal - São Paulo (1918).....                  | 17 |
| Figura 3.6  | Viaduto Santa Efigênia - São Paulo).....                             | 18 |
| Figura 3.7  | Estação da Luz - São Paulo (1886) .....                              | 19 |
| Figura 3.8  | Mercado dos Pinhões - Fortaleza (1897).....                          | 19 |
| Figura 3.9  | Teatro José de Alencar - Fortaleza (1910).....                       | 20 |
| Figura 3.10 | Edifício Garagem América - São Paulo (1957).....                     | 22 |
| Figura 3.11 | Vista CSN .....                                                      | 22 |
| Figura 3.12 | Vista Aérea Cosipa.....                                              | 23 |
| Figura 3.13 | Alto-forno na Açominas.....                                          | 23 |
| Figura 3.14 | CST.....                                                             | 23 |
| Figura 3.15 | Centro Empresarial do Aço - 1992.....                                | 23 |
| Figura 3.16 | Pavilhão das Máquinas - Paris (1889)).....                           | 24 |
| Figura 3.17 | Chrysler Building - Nova York (1929).....                            | 25 |
| Figura 3.18 | Sears Tower - Chicago (1974).....                                    | 25 |
| Figura 3.19 | John Hancock Center - Chicago (1950).....                            | 25 |

|             |                                                                                                                |    |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 3.20 | Lever House - Nova York (1951).....                                                                            | 25 |
| Figura 3.21 | Dubai - Emirados Árabes (1990) - antes das grandes construções.....                                            | 26 |
| Figura 3.22 | Dubai - Emirados Árabes (2003).....                                                                            | 26 |
| Figura 3.23 | Dubai possui 30% dos guindastes de construção do mundo.....                                                    | 27 |
| Figura 3.24 | Burj Dubai, edifício mais alto do mundo (em construção) - Dubai.....                                           | 27 |
| Figura 3.25 | Nakheel Harbour and Tower, edifício com 1km de altura - Dubai.....                                             | 28 |
| Figura 3.26 | Comparação das altitudes de importantes construções.....                                                       | 28 |
| Figura 3.27 | Altitudes de importantes construções no mundo.....                                                             | 29 |
| Figura 3.28 | Jin Mão: o mais alto edifício da China, localizado em Xangai .....                                             | 29 |
| Figura 3.29 | Torre de Televisão Central Chinesa - Pequim - China .....                                                      | 30 |
| Figura 3.30 | Estádio Olímpico “Ninho de Pássaro” - Pequim - China.....                                                      | 31 |
| Figura 3.31 | Centro Pompidou - Arquiteto Richard Rogers - Paris (1971-1977).....                                            | 32 |
| Figura 3.32 | Loyds Bank - Arquiteto Richard Rogers - Londres (1977-1984).....                                               | 33 |
| Figura 3.33 | Gráfico - Uso do Aço na Construção Civil no Mundo.....                                                         | 34 |
| Figura 3.34 | Composição entre custos e tipo de estrutura.....                                                               | 42 |
| Figura 3.35 | Diagrama do processo convencional de projeto.....                                                              | 56 |
| Figura 3.36 | Engenharia Seqüencial x Engenharia Simultânea.....                                                             | 57 |
| Figura 3.37 | Gráfico da distribuição do percentual dos custos de uma estrutura de aço.....                                  | 65 |
| Figura 3.38 | Obra e seus objetivos.....                                                                                     | 66 |
| Figura 3.39 | Estrutura metálica do ginásio do clube A Hebraica - São Paulo.....                                             | 72 |
| Figura 3.40 | Diagrama com etapas presentes no projeto arquitetônico, projeto estrutural e projeto econômico financeiro..... | 75 |
| Figura 3.41 | Modelo integrado para projeto em estruturas metálicas.....                                                     | 76 |
| Figura 3.42 | Processos envolvidos nas construções com estruturas de aço.....                                                | 79 |
| Figura 3.43 | Centro cultural Itaú - São Paulo (1992) .....                                                                  | 82 |
| Figura 3.44 | Braço hidráulico de caminhão (munck) .....                                                                     | 85 |
| Figura 3.45 | Grua de Torre.....                                                                                             | 85 |
| Figura 3.46 | Cavalo mecânico e carreta.....                                                                                 | 85 |
| Figura 3.47 | Mastro de montagem.....                                                                                        | 85 |
| Figura 3.48 | Aeroporto Internacional Augusto Severo - Natal - RN (2000).....                                                | 87 |
| Figura 3.49 | Centro de Pesquisas e Tecnologia da Mahle - Jundiaí - SP (2008).....                                           | 88 |
| Figura 3.50 | Ponte Octavio Frias de Oliveira (Ponte Estaiada) - São Paulo (2008).....                                       | 88 |

## LISTA DE QUADROS

---

|                   |                                                                                                                                              |     |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Quadro 3.1</b> | Principais características e benefícios da engenharia simultânea.....                                                                        | 51  |
| <b>Quadro 3.2</b> | Elementos básicos para introdução e objetivos do Projeto Simultâneo.....                                                                     | 52  |
| <b>Quadro 3.3</b> | Vantagens e desvantagens de cada meio de transporte.....                                                                                     | 73  |
| <b>Quadro 3.4</b> | Principais características de uma equipe de montagem de estrutura de aço .....                                                               | 74  |
| <b>Quadro 3.5</b> | Tipos de edificações e seus equipamentos.....                                                                                                | 76  |
| <b>Quadro 4.1</b> | Unidades caso da pesquisa.....                                                                                                               | 80  |
| <b>Quadro 5.1</b> | Dados relevantes para desenvolvimento do processo de projeto, fabricação e montagem, do ponto de vista sistêmico da construção metálica..... | 86  |
| <b>Quadro 5.2</b> | Premissas que garantem a correta utilização das estruturas metálicas desde a fase de concepção do projeto arquitetônico.....                 | 106 |

## LISTA DE ABREVIATÖES

---

**ABCEM** - Associação Brasileira da Construção Metálica  
**ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
**AEC** - Arquitetura, Engenharia e Construção  
**CBCA** - Centro Brasileiro da Construção em Aço  
**COSIPA** - Companhia Siderúrgica Paulista  
**CSN** - Companhia Siderúrgica Nacional  
**ES** - Engenharia Simultânea  
**IAB** - Instituto dos Arquitetos do Brasil  
**IBS** - Instituto Brasileiro de Siderurgia  
**NBR** - Norma Brasileira  
**PS** - Projeto Simultâneo  
**TRRF** - Tempo Requerido de Resistência ao Fogo  
**UNICAMP** - Universidade Estadual de Campinas  
**USIMINAS** - Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais

## PRINCIPAIS NORMAS - ESTRUTURAS METÁLICAS

---

### Normas Nacionais

- NBR 8800** - Projeto e Execução de Estruturas de Aço em Edifícios
- NBR 14323** - Dimensionamento de Estruturas de Aço em Situação de Incêndio - Procedimento
- NBR 14432** - Exigências de Resistência ao Fogo de Elementos Construtivos - Procedimento
- NBR 14762** - Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio
- NBR 5884** - Perfil I Estrutural de Aço Soldado por Arco Elétrico
- NBR 6120** - Cargas para Cálculo de Estruturas de Edificações - Procedimento
- NBR 6123** - Forças Devidas ao Vento em Edificações - Procedimento
- NBR 5419** - Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas
- NBR 8681** - Ações e Segurança nas Estruturas - Procedimento
- NBR 6657** - Perfis de Estruturas de Aço
- NBR 6355** - Perfis Estruturais de Aço Formados a Frio - Padronização
- NBR 6008/6009** - Perfis I e H de Abas Paralelas de Aço Laminados a Quente - Padronização
- IT - CB 08/01** - Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo - Segurança estrutural nas edificações - Resistência ao fogo dos elementos de construção.

### Normas Internacionais

- AISC** - American Institute of Steel Construction
- AWS** - American Welding Society
- SSPC** - Steel Structural Painting Council

# 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

---



Nos últimos anos, a construção civil brasileira vem buscando a racionalização por meio da adoção de sistemas construtivos tecnicamente mais avançados em substituição aos processos tradicionais. Com isso, a estrutura metálica passa a ter um papel importante, aliando eficiência estrutural à limpeza visual, além de apresentar incomparável desempenho de esforços de tração e compressão, atendendo características desejadas pelos arquitetos. Mas o panorama da atual arquitetura do aço no Brasil ainda é cercado por diversos mitos como problemas ligados à corrosão, fragilidade ao incêndio, escassez do material e falta de variedade de perfis industriais (DIAS, 1997). No entanto, a partir da análise dos dados obtidos pela produção da arquitetura do aço no país, pode-se rever paradigmas de projeto e execução a fim de buscar a racionalização do processo construtivo, identificando os focos de desperdício e o estabelecimento de processos patológicos causadores muitas vezes da inviabilidade econômica das alternativas em estrutura metálica.

As soluções adotadas na etapa de concepção do projeto têm amplas repercussões em todo o processo de construção. No entanto, é importante que a definição dos sistemas construtivos seja na fase de concepção do partido arquitetônico (FERREIRA, 1998). Assim, os critérios técnicos de projeto seriam definidos a partir das condicionantes ambientais, da finalidade da edificação, das necessidades, exigências e expectativas dos clientes, das características do ciclo de vida do empreendimento, dos regulamentos e normas técnicas, das ciências das construções, dos pré-requisitos definidos pelas interfaces entre as especialidades de projeto, entre outros. Quando o projeto arquitetônico está bem resolvido, o uso do aço proporciona diversas vantagens. Nesse contexto, observa-se a importância da continuidade das pesquisas em torno do comportamento das estruturas metálicas utilizadas no Brasil, bem como de novos sistemas construtivos que iriam garantir diretrizes para uma integração das estruturas metálicas no processo de concepção do projeto arquitetônico (SOUZA, 2002).

A falta de domínio pelo arquiteto dos princípios determinantes para a concepção da estrutura metálica é um dos fatores que contribuem para sua pouca utilização. Por esta característica, geralmente o projeto arquitetônico com estruturas metálicas ocorre como um processo usual de projeto com outros sistemas construtivos, diferenciando-se apenas no momento do detalhamento da estrutura, desconsiderando as vantagens que o uso do aço permite. (PARREIRAS, 2001). Quando o arquiteto projeta em aço, devem existir estratégias técnicas conscientes: ele deve ter a preocupação com os cálculos reais, estruturas, tensões,

entre outras. Nesse contexto, há muito que fazer para o avanço das tecnologias e para o conhecimento prévio dos arquitetos em relação ao aço e suas premissas de projeto. É dos arquitetos que virá a otimização do uso intensivo e qualitativo do aço na construção, mas para tanto, faz-se necessário ampliar o conhecimento técnico dos profissionais. A defasagem começa na formação, uma vez que o ensino de projetos com estruturas metálicas ainda não está consolidado na grade curricular de todas as faculdades de arquitetura. (PARREIRAS, 2001). Considerando as vantagens que o uso do aço permite, é necessário desenvolver e discutir a inclusão e o aprofundamento do projeto em estruturas metálicas dentro de todas as universidades a fim de garantir uma capacitação progressiva.

A estrutura metálica é um complexo sistema estrutural de tecnologia limpa, com total controle de qualidade e precisão dimensional milimétrica que evita sobras ou desperdícios. Nesse contexto, o uso de novas tecnologias visando uma produção mais controlada por processos industrializados, deveria fazer do canteiro de obras o local de montagem. Isso implica numa abordagem planejada de todo ciclo produtivo da obra, desde a elaboração de projetos detalhados e compatibilizados (ZANETTINI, 2007). As vantagens da construção em aço são melhores evidenciadas quando esta solução é definida desde a concepção do projeto e do planejamento. Para tanto, os arquitetos devem ter subsídios e conhecimentos para que o projeto arquitetônico seja pensado dentro do conceito do aço, tirando partido da simetria e regularidade que a estrutura permite tornando o processo construtivo mais eficiente e organizado. A partir desse aprimoramento de idéias e descobertas, espera-se que os arquitetos ampliem as inter-relações entre estrutura, forma e material, evidenciando a possibilidade de soluções tais como modulação e racionalização (SOUZA, 2002). Não há estudos sistemáticos que evidenciem de forma clara e ordenada o processo de projeto com aço, assim, a falta de bibliografia específica do tema em questão justifica o produto desta pesquisa, que envolve a divulgação de arquitetos com processos de projeto que incluem com sucesso o uso da estrutura metálica na concepção do projeto, dando subsídios para novos projetistas e para o ensino de projeto com aço. Nesse contexto, o pressuposto é que a análise dos dados fornecidos pelos arquitetos entrevistados permita se estabelecer parâmetros de comparação, contribuindo para a compreensão e o conhecimento do processo de projeto nesta área.

O presente trabalho é situado no âmbito da arquitetura em aço a partir de comentários de trabalhos desenvolvidos por arquitetos e engenheiros acerca das diretrizes

do processo de projeto com estruturas metálicas. Este capítulo introdutório tem como foco a contextualização do tema, seguido pelo Capítulo 02 que justifica seu objetivo. O escopo desta pesquisa seguiu uma metodologia composta pela revisão bibliográfica apresentada no Capítulo 03, que se fundamentou principalmente em trabalhos científicos acerca dos conceitos necessários para o desenvolvimento desta dissertação. O Capítulo 04 aborda a metodologia deste estudo de campo realizado através de entrevistas e questionários, a fim de estabelecer as premissas e diretrizes ao correto uso do aço. A discussão dos resultados e análise das entrevistas é abordada no Capítulo 05, reservando-se o Capítulo 6 para as considerações finais, juntamente com algumas sugestões para pesquisas futuras.

## 2 OBJETIVOS

---

O objetivo geral desta pesquisa é buscar dados, informações e conceitos para engenheiros e arquitetos com o intuito de divulgar o processo de projeto com estruturas metálicas. Fornecendo uma visão geral da produção existente a partir de obras e arquitetos selecionados<sup>1</sup>, espera-se contribuir para o conhecimento e o processo de projeto de arquitetos e engenheiros que utilizam estruturas metálicas.

Sendo o responsável pela concepção da estrutura logo que é criada a forma, o arquiteto deve conhecer as propriedades do material e os requisitos necessários para a utilização do aço. E como as soluções adotadas na etapa de concepção do projeto têm amplas repercussões em todo o processo de construção, é importante que a definição dos sistemas construtivos ocorra na fase de concepção do partido arquitetônico (PARREIRAS, 2001). Dessa maneira, o principal objetivo desta dissertação é de reunir subsídios sobre a concepção de projetos com estruturas metálicas e avaliar como os arquitetos que projetam utilizando a estrutura metálica a aplicam no momento da concepção do projeto e qual o impacto do aço no processo de projeto arquitetônico.

A pesquisa reuniu dados a partir de uma análise comparativa entre arquitetos de importância que exploram a arquitetura em aço, visando revelar aspectos intrínsecos ao correto processo de projeto com aço que dificilmente pode-se encontrar em artigos e pesquisas. No entanto, o objetivo é tornar explícitos aspectos de projeto com aço por meio da análise a que a pesquisa se propõe e permitir que se possa estabelecer comparações baseadas em critérios claros e objetivos, com finalidade de se produzir um material abrangente sobre o processo de projeto com estrutura metálica e disponibilizar estes dados como referência para arquitetos, engenheiros, alunos, professores e instituições de ensino. A partir da metodologia estudada, o objetivo foi elencar premissas que garantem a correta utilização das estruturas metálicas desde a fase de concepção do projeto arquitetônico.

---

<sup>1</sup> A tabela com os arquitetos selecionados é apresentada em Materiais e Métodos no Capítulo 4 (Quadro 4.1)

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

### **3.1 O ferro e o aço na construção**

O ferro esteve presente, a princípio timidamente, e posteriormente com mais intensidade, como material de construção de uso considerável, a ponto de se falar em uma arquitetura do ferro. Há um momento na História em que o ferro passa a ser empregado com tão diversificados fins, dentre eles a construção de edifícios, que é inevitável o registro desse material como um fator essencial para as transformações de toda ordem por que passou a sociedade (SILVA, 1986). Este momento é o século XIX.

A urbanização acentuada nos países em fase de industrialização desempenhava importante papel para a comercialização dos produtos industrializados, e foi um fator decisivo para o surgimento de necessidades, que teriam de ser atendidas por novos edifícios e novos serviços. Silva afirma que com o aparecimento das ferrovias surgiu a necessidade de se construírem numerosas pontes e estações ferroviárias, tendo sido estas as duas primeiras grandes aplicações do ferro nas construções. Esta arquitetura existiu nos países europeus que se desenvolveram com a Revolução Industrial, nos Estados Unidos da América do Norte, e se manifestou praticamente em todo o mundo durante o século XIX. Na realidade, Silva salienta que não se deve atribuir somente às potencialidades plásticas do ferro fundido, nem às possibilidades estruturais do aço, o teor revolucionário do novo material. O que o ferro tinha de mais novo era a sua escala de produção, que era industrial, e que se contrapunha a todo um processo de execução das construções até então.

Seguem algumas obras notáveis de estrutura metálica: a ponte Coalbrookdale conhecida como Iron Bridge (Inglaterra), em ferro fundido, vão de 30 m, construída em 1779; Britannia Bridge (Inglaterra), viga caixão, com dois vãos centrais de 140 m, construída em 1850; Brooklin Bridge (New York), a primeira das grandes pontes pênséis, 486 m de vão livre, construída em 1883; ponte ferroviária Firth of Forth (Escócia), viga Gerber com 521 m de vão livre, construída em 1890; Torre Eiffel (Paris), 312 m de altura, construída em 1889; Empire State Building (New York), 380 m de altura, construído em 1933; Golden Gate Bridge (San Francisco), ponte pênsil com 1280 m de vão livre, construída em 1937; Verrazano - Narrows Bridge (New York), ponte pênsil com 1298 m de vão livre, construída em 1964 e World Trade Center (New York), 410 m de altura, 110 andares, construído em 1972.

Carlos Freire<sup>2</sup> observa que por essa época, alguns dos mais ousados arquitetos de renome começaram a prestar atenção ao ferro; a Biblioteca de Ste. Geneviève de Paris, feita por Labrouste (1843-1850), e a Bolsa de Carvão de Londres, feita por Bunning (1846-1849), são os primeiros edifícios cujo caráter estético é determinado pelo ferro. Pevsner (1996) observa que o triunfo da arquitetura em ferro chegou também na França, na exposição de 1889, centrado na conquista de novos materiais por novos arquitetos. A Torre Eiffel, por sua altura e localização, tornava-se imediatamente um dos principais componentes da cena arquitetônica de Paris. Foi um símbolo criado para a exposição de 1889 e apesar da grande polêmica que causou, abriu caminho para outras obras.

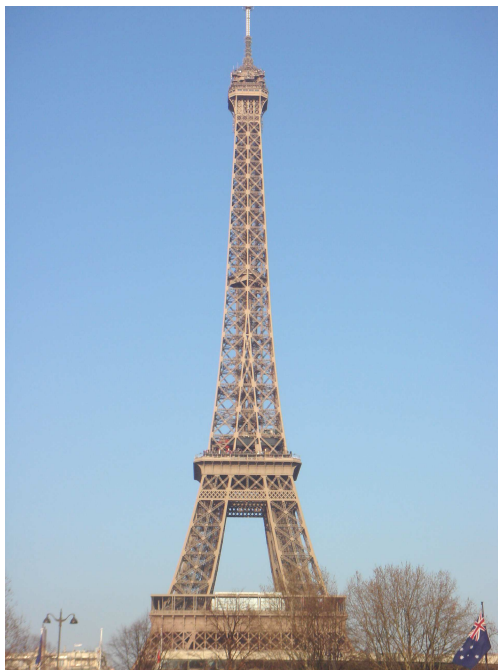


Figura 3.1 - Torre Eiffel, Paris (1889)  
[Fonte: Arquivo pessoal, (2008)]

---

<sup>2</sup> Artigo elaborado por Carlos Freire: “Histórico da estrutura metálica”  
Disponível em: <<http://www.metalica.com.br>> Acesso: 11/09/07



A primeira obra de importância foi a ponte já citada anteriormente com 30 metros de vão sobre o rio Severn em Coalbrookdale (Iron Bridge) de 1779, na Inglaterra, onde o ferro ainda segue um padrão construtivo tomado das construções de madeira, ao qual substituíra.



Figura 3.2 - Iron Bridge – Inglaterra (1779)  
[Fonte: CBCA (2008)]

Segundo o manual da CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço), a partir do conhecimento e evolução das técnicas de fabricação do aço, também na construção de pontes, as características de resistência e leveza, e a possibilidade de confeccionar cabos e barras, foram preponderantes no aumento dos vãos livres. Em relação aos edifícios de múltiplos pavimentos, pode-se considerar a Fábrica de Chocolates Menier, construída em 1872, em Noisel-Sur-Name, na França, como o primeiro edifício de múltiplos pavimentos com estrutura metálica, antecipando elementos estruturais das construções metálicas, como balanços laterais e contraventamentos em diagonais, que não tiveram sucessores imediatos.

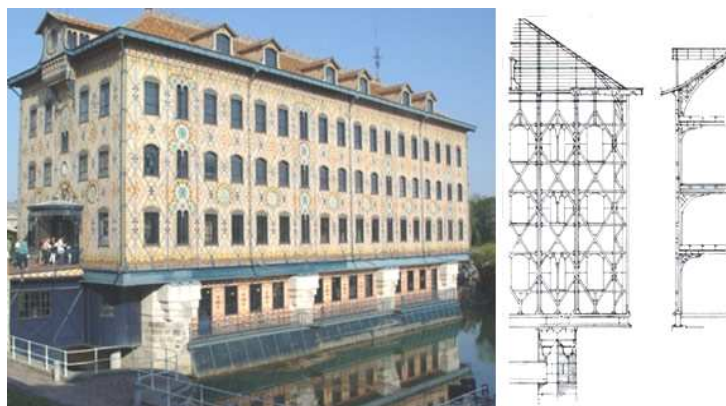


Figura 3.3 - Fabrica de Chocolates Menier - em Noisel-Sur-Marme - França (1872)  
[Fonte: CBCA (2008)]

Com a expansão das cidades e a necessidade cada vez maior de construções comerciais em terrenos cada vez mais valorizados, impôs-se a construção de edifícios de múltiplos pavimentos. Desde essa época já era valorizado o princípio de que as plantas dos pisos deveriam ser as mais abertas possíveis nos empreendimentos comerciais, garantindo a possibilidade de mudança de layout e futuras expansões. Exatamente as características que a estrutura de aço permite e que beneficiou grandemente a expansão da construção de prédios de múltiplos pavimentos em aço:

- § Plantas livres
- § Maximização dos espaços
- § Velocidade de construção

O grande incêndio de Chicago, em 1871, trouxe a necessidade de reconstrução rápida da área atingida da cidade, abrindo grandes espaços para a construção. A nascente tecnologia de construção em estruturas de aço permitiu, com sua velocidade e precisão, que isto pudesse ser feito. E neste contexto, nasce a escola de Chicago (1880-1910) e a utilização sistemática de edifícios de múltiplos pavimentos, onde se destaca o arquiteto William Le Baron Jenney. Em 1885, ele apresenta o Home Insurance Building em Chicago, precursor das modernas estruturas de aço, onde as cargas das paredes laterais e de fechamentos são transferidas para os vigamentos e daí para os pilares, utilizando a alvenaria apenas como fechamento dos vãos. (CBCA, 2008)



Figura 3.4 - Home Insurance Building - Chicago (1885)  
[Fonte: CBCA (2008)]

## 3.2 Arquitetura Nacional em aço

Segundo Silva (1986), a primeira edificação que se tem notícia do uso de painéis metálicos no Brasil é a Estação Ferroviária de Bananal em São Paulo, construída entre 1880 e 1888.

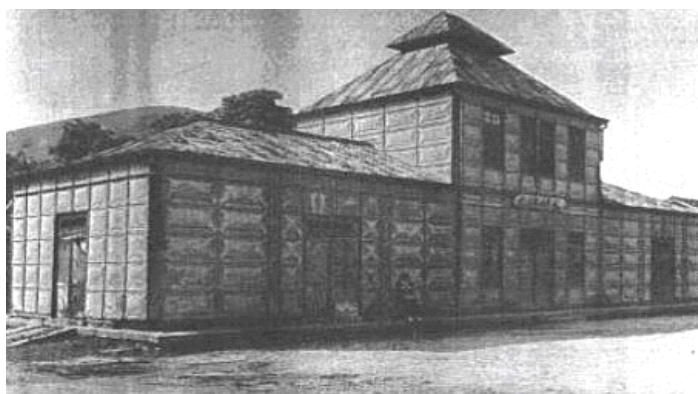


Figura 3.5 - Estação Ferroviária Bananal, São Paulo (1918).  
[Fonte: VON KRÜGER (2000)]

### 3.2.1 Desenvolvimento e expansão do uso do aço

Quando as terras brasileiras foram descobertas, as práticas mercantilistas imperavam na Europa. Os portugueses chegaram ao Brasil com a esperança da extração de

metais como ouro, prata e bronze. No entanto, nenhum tipo de metal, nem mesmo ferro, foi encontrado em um primeiro momento. Os poucos ferreiros que vieram para o Brasil utilizavam o ferro originário da Europa para produzir os instrumentos usados na lavoura. (DIAS, 1993) Contudo, as mesmas práticas mercantilistas que impulsionaram a descoberta de metais em nossas terras fizeram com que a construção de uma indústria siderúrgica brasileira fosse reprimida. A colônia deveria ser explorada ao máximo e comercializar apenas ouro e produtos agrícolas. Portugal chegou a proibir a construção de novas fundições e ordenou a destruição das existentes.

A década de 30 registrou um grande aumento na produção siderúrgica nacional, principalmente incentivada pelo crescimento da Belgo-Mineira que, em 1937, inaugurava a usina de Monlevade, com capacidade inicial de 50 mil toneladas anuais de aço. Ainda em 1937, são constituídas a companhia siderúrgica de Barra Mansa e a Companhia Metalúrgica de Barbará. Apesar disso, o Brasil continuava muito dependente de aços importados.

Segundo o CBCA<sup>3</sup>, as primeiras construções metálicas montadas no Brasil foram feitas por encomenda, fabricadas na Inglaterra, França e Bélgica. Às vezes eram apenas elementos decorativos para serem colocados na fachada, outras vezes, era um pacote completo pré-fabricado e montado no local definitivo. O Viaduto Santa Efigênia, por exemplo, no centro de São Paulo, foi fabricado na Bélgica.



Figura 3.6 - Viaduto Santa Efigênia - São Paulo (1913)  
[Fonte: CBCA (2008)]

---

<sup>3</sup> Dados fornecidos pelo CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço)  
“Manual de Introdução ao uso do aço” organizado pelo arquiteto Sidnei Palatnik.

No Brasil foram construídos Mercados centrais, como o Mercado dos Pinhões, em Fortaleza, estações ferroviárias, como a Estação da Luz em São Paulo, construída por ingleses, teatros como o teatro José de Alencar, em Fortaleza.



Figura 3.7 - Estação da Luz - São Paulo - 1886  
(Fonte: <<http://www.urbanistas.com.br>>)



Figura 3.8 - Mercado dos Pinhões - Fortaleza (1897)  
(Fonte: <[http://www.fotoativa.blogger.com.br/mercado\\_pinhoes\\_tilia.jpg](http://www.fotoativa.blogger.com.br/mercado_pinhoes_tilia.jpg)>)

A partir de então, vê-se o aparecimento de diversos sistemas construtivos, alguns inclusive utilizando chapas estampadas na forma de painéis como fechamento lateral e telhas de aço galvanizado na cobertura, mas sempre seguindo os preceitos estabelecidos e válidos até hoje para as construções industrializadas. Muitas vezes trazendo inovações tecnológicas, extremamente engenhosas ainda hoje, estas construções pioneiras de aço abriram o caminho para a chegada da arquitetura moderna, mudando paradigmas e libertando a imaginação dos arquitetos e dos construtores (CBCA, 2008).





Figura 3.9 - Teatro José de Alencar – Fortaleza (1910)  
[Fonte: CBCA (2008)]

Em 1946, constituiu-se a CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) com o objetivo de construir-se uma grande usina moderna e integrada. “O país importava praticamente todo o aço de que necessitava, tanto que as instalações industriais da própria CSN foram construídas com estruturas fornecidas por empresas estrangeiras” (DIAS, 1993). O ano de 1950, quando a usina já funcionava com todas as suas linhas, pode ser tomado como marco de um novo ciclo de crescimento da siderurgia brasileira. A produção nacional de aço bruto alcançava 788 mil toneladas e tinha início uma fase de crescimento continuado da produção de aço no País. Dez anos depois, a produção triplicava e passados mais dez anos, em 1970, eram entregues ao mercado 5,5 milhões de toneladas. A entrada em operação da COSIPA (Companhia Siderúrgica Paulista) nos anos 60 e da USIMINAS (Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais) favoreceu uma notável expansão da oferta de produtos laminados planos no mercado. Dias (1993) afirma que com a ampliação e a modernização das nossas usinas, processou-se um efeito multiplicador que permitiu alcançar elevados índices de produtividade e de qualidade e o Brasil passa da tradicional condição de importador para a de exportador de aço. Segundo Dias, o parque siderúrgico nacional iniciou a década de 90 contando com 43 empresas estatais e privadas. A instalação dessas unidades produtoras se concentrou principalmente no Estado de Minas Gerais e no eixo Rio - São Paulo, devido à proximidade de regiões ricas em matérias-primas empregadas na fabricação do aço, ou de locais com grande potencial de consumo. Hoje, o parque produtor de aço brasileiro, um dos mais modernos do mundo, é constituído de 25 usinas, sendo 11 integradas (produção a partir de minério de ferro) e 14 semi-integradas (produção a partir da reciclagem de sucata). A divulgação e o uso das estruturas metálicas são recentes no Brasil. Segundo Castro e Michalka (2004), o uso do aço foi se diversificando e aos poucos a

aplicação na construção civil foi aceita, assim, a estrutura metálica se consolidou como um sistema construtivo em vários países do mundo.

Nos países mais industrializados, a absorção dos conceitos para o uso do sistema foi mais facilitada, pois as características deste estão intrinsecamente ligadas à industrialização do processo de construção. Nos primeiros anos da década de 90, era visível o esgotamento do modelo com forte presença do Estado na economia. Em 1991, começou o processo de privatização das siderúrgicas. E hoje, o setor é formado pela Acesita, Aços Villares, Belgo - Arcelor Brasil, CSN (Companhia Siderúrgica Nacional), CST - Arcelor Brasil, Grupo Gerdau, Siderúrgica Barra Mansa, Usiminas / Cosipa, V&M do Brasil e Villares Metals. São 25 usinas comandadas por 11 empresas. De acordo com dados do IBS<sup>4</sup> (2008), a previsão de investimentos no setor de 2005 a 2010 é de US\$ 12,5 bilhões, com projeção de alcançar a capacidade instalada de 49,7 milhões de toneladas no final desses cinco anos. Esse novo ciclo de investimentos está voltado para o aumento da capacidade de produção, a fim de atender ao crescimento da demanda interna que deve ser de mais de um milhão de toneladas por ano no período de 2005 e 2010.

Dentro do panorama atual, o uso do aço na construção civil é mais intenso em certos países e menos em outros. Segundo dados da CBCA (Centro Brasileiro da Construção Metálica), na Inglaterra o uso do aço ultrapassa 65% das construções, no Japão mais de 55% das construções o utilizam, e nos EUA, seu uso fica próximo a 50%. Em função da industrialização cada vez maior da construção civil, o aço tem se apresentado como o material mais versátil e adequado a este processo.

Arquitetos de vanguarda criam obras marcantes por todo o mundo, utilizando o aço. Podemos citar, entre outros: Norman Foster, Renzo Piano, Richard Rogers, Frank Gehry, Santiago Calatrava, Nicholas Grimshaw. Apesar da grande qualidade dos trabalhos destes arquitetos, eles não representam a realidade do mercado acessível à maioria dos profissionais. Projetos especiais têm normalmente orçamentos especiais, mas é importante conhecê-los e perceber até onde é possível explorar as estruturas de aço.

---

<sup>4</sup> IBS (Instituto Brasileiro de Siderurgia), "História do aço".

Disponível em: <<http://www.ibs.org.br/biblioteca.asp>> Acesso: 05/05/2007

De acordo com CBCA, quando surge a necessidade de padronização, modulação e repetição, estas prerrogativas estão mais ligadas a questões orçamentárias do que a características restritivas do aço, que pelo contrário, é um material extremamente versátil. Por isso, o que se percebe, principalmente no Brasil, é o crescimento do uso do aço em projetos de pequeno, médio e grande porte, coerentes com as necessidades programáticas e disponibilidades financeiras.

Um aspecto importante que deve ser evidenciado no uso da estrutura metálica é libertar os vãos do esforço de suportar as cargas. Os vãos puderam não só crescer, mas também ser vedados com outros materiais, como o vidro industrializado, permitindo a entrada da luz, e alterando substancialmente os espaços arquitetônicos construídos. Desta primeira fase se destacam:



Figura 3.10 - Edifício Garagem América  
São Paulo (1957)  
[Fonte: CBCA (2008)]



Figura 3.11 - Escritório Central da CSN  
Volta Redonda (1962)  
(Fonte: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/138/artigo102488-2.asp>)

Depois destes, diversos outros edifícios foram construídos em estrutura de aço e muitas outras fábricas de estruturas metálicas foram fundadas. De acordo com a CBCA, na década de 1960 entram em operação a Usiminas e a Cosipa, produtoras de aços planos. Em 2000, a Açominas, fabricante de perfis laminados, também inicia suas operações. A Gerdau é a atual controladora da Gerdau Açominas, e a CST, que até o final do século XX era a maior exportadora de aço semi-acabado, inaugura seu laminador e também começa a abastecer o mercado de chapas de aço.





Figura 3.12 - Vista Aérea Cosipa  
[Fonte: CBCA (2008)]



Figura 3.13 - Alto-forno na Açominas  
[Fonte: CBCA (2008)]



Figura 3.14 - CST  
[Fonte: CBCA (2008)]



Figura 3.15 - Centro Empresarial do Aço (1992)  
[Fonte: CBCA (2008)]

### 3.3 Arquitetura Internacional em aço

Em várias cidades do mundo, as exposições internacionais com grandes pavilhões de estrutura metálica, povoam o imaginário popular com as novas formas e possibilidades de construção. Os grandes espaços públicos logo se beneficiam das possibilidades de grandes vãos livres proporcionados pelas estruturas metálicas, como os mercados públicos.

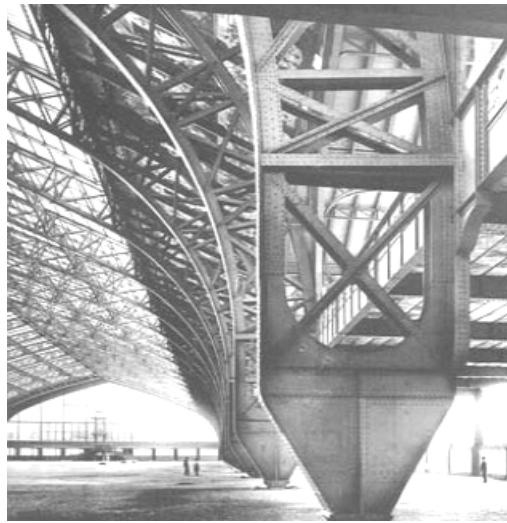


Figura 3.16 - Pavilhão das Máquinas - Paris (1889)  
[Fonte: CBCA (2008)]

O manual da CBCA (op.cit.) ressalta que a construção de prédios de múltiplos pavimentos, limitada até então a 4 ou 5 pavimentos, só se tornou viável com a introdução de outros inventos e tecnologias, como o elevador, inventado em 1853 por Elisha G. Otis. A evolução da altura dos edifícios é exemplificada nas edificações abaixo:

- § Woolworth Tower, de 1913, com 55 pavimentos, menos de 200 m de altura.
- § Chrysler Building, de 1929, com 75 andares e 320 m de altura.
- § Empire State Building, inaugurado em 1931, com 102 andares e 380 m de altura.
- § O World Trade Center, ou Twin Towers, são concluídas em 1973, com 110 andares e 417 m de altura.
- § Sears Tower, de 1974, passa ao posto de edifício de aço mais alto do mundo, com 109 andares e 445 m.



Figura 3.17 - Chrysler Building - Nova York  
(1929)  
(Fonte:  
<[http://www.visitingdc.com/images/chrysler-  
building-address.jpg](http://www.visitingdc.com/images/chrysler-building-address.jpg)>)



Figura 3.18 - Sears Tower - Chicago (1974)  
[Fonte: CBCA (2008)]

A partir dessa época muitos arquitetos projetam utilizando esses elementos em obras como o John Hancock Center, Alcoa Building de 1950 em Pittsburg, dos arquitetos Harrison e Abramowitz, e a Lever House de 1951 em Nova York, do escritório SOM (Skidmore, Owings & Merrill). Esse tipo de linguagem se difundiu por todo o mundo, uniformizando e padronizando os projetos e reduzindo as linguagens e características regionais, numa forte dissociação entre a obra e sua localização (CBCA, 2008).



Figura 3.19 - John Hancock Center - 1950  
[Fonte: CBCA (2008)]



Figura 3.20 - Lever House - 1951  
[Fonte: CBCA (2008)]

Atualmente, o grande destaque da arquitetura em aço com alta tecnologia está em Dubai, nos Emirados Árabes. A paisagem de Dubai de quatro décadas atrás se resumia ao deserto e poços de petróleo, e hoje, a magnitude das obras de engenharia e arquitetura transformou o lugar. É a maior cidade dos Emirados Árabes Unidos, e segundo Landais<sup>5</sup> (2006) possui 30% dos guindastes de construção do mundo e é considerada um ícone mundial por ser uma cidade jovem com uma arquitetura de alta tecnologia.



Figura 3.21 - Dubai - Emirados Árabes - 1990 - antes das grandes construções  
(Fonte: Disponível em: <<http://www.dubai-architecture.info/DUB-GAL1.htm>>)



Figura 3.22 - A mesma paisagem de Dubai em 2003  
(Fonte: Disponível em: <<http://www.dubai-architecture.info/DUB-GAL1.htm>>)

---

<sup>5</sup> Burj cranes of Dubai, artigo de Emmanuelle Landais, publicado em 2006.  
Disponível em: <<http://archive.gulfnews.com/articles/06/05/13/10039528.html>>





Figura 3.23 - Dubai possui 30% dos guindastes de construção do mundo  
(Fonte: Disponível em: <<http://dubai.isnuts.googlepages.com/dubaiconstruc2222222.JPG>>)

As obras nunca cessam e está em construção em Dubai, o Burj Dubai, ou Torre de Dubai, atualmente o edifício mais alto do mundo. Irá atingir 800 metros de altura e tem previsão de término da obra em 2009; desenhado por Skidmore, Owings, Merrill, que também desenharam as Sears Tower em Chicago e a Freedom Tower em Nova Iorque, entre outros famosos edifícios. O Burj Dubai vai superar o atual edifício mais alto do mundo, o Taipei 101 em Taiwan, com 509 metros. Dessa forma, o Oriente Médio volta a ter a honra de abrigar a estrutura mais alta construída pelo ser humano, título que perdeu em 1889, com a construção da Torre Eiffel, em Paris. Até então, o recorde pertencia à Pirâmide de Gizé, no Egito.



Figura 3.24 - Burj Dubai, edifício mais alto do mundo, terá 800 metros de altura (em construção) - Dubai  
(Fonte: Disponível em: <<http://hawtaction.com/Burj%20Dubai%20-20mid%20construction.jpg>>)



Figura 3.25 - Nakheel Harbour and Tower, edifício com 1 km de altura será concluído até 2020 - Dubai  
 (Fonte: Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Mundo/0,,MUL786617-5602,00.html>>)

Contudo, foi anunciada a construção de um prédio que pode alcançar um quilômetro de altura, superando a Burj Dubai: o projeto Nakheel Harbour and Tower, que deve ser concluído em 2020. A partir da figura abaixo pode-se comparar a altura desses arranha-céus e outras importantes obras, como Swiss Re Building, Torre Eiffel, Empire State e Taipei 101:



Figura 3.26 - Comparação das altitudes de importantes construções no mundo  
 (Fonte: <[http://kuusanmaki.com/blog/wp-content/uploads/2007/03/AI\\_Burj.jpg](http://kuusanmaki.com/blog/wp-content/uploads/2007/03/AI_Burj.jpg)>)

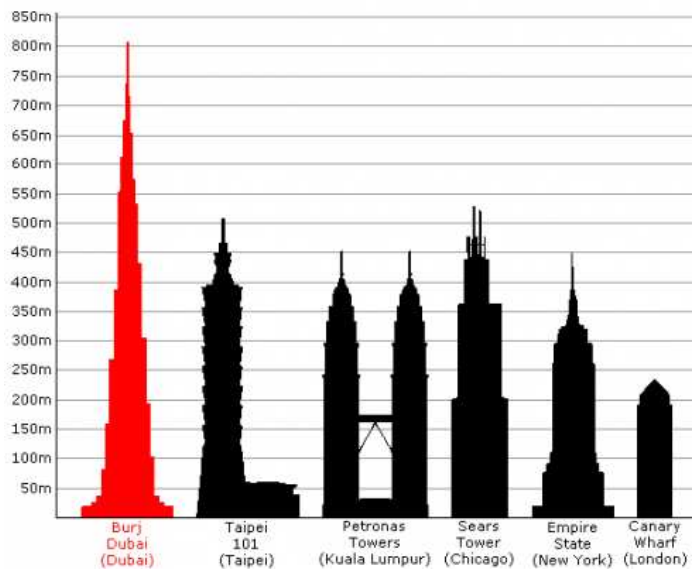


Figura 3.27 - Altitudes de importantes construções no mundo  
(Fonte: Disponível em: <<http://www.sightsofdubai.com/images/projected-height-of-burj-dubai.png>>)

A Ásia se destaca com imponentes edifícios. Nos últimos cinco anos a China se transformou no grande mercado da arquitetura contemporânea, em escala e velocidade. Entre os edifícios emblemáticos pode-se citar com 421m de altura, o mais alto edifício da China: o Jin Mão. Localizado em Xangai, é atualmente o terceiro maior edifício do mundo, composto por uma torre de 88 andares apoiada num embasamento de seis pavimentos. O projeto foi desenvolvido pelo escritório norte-americano SOM, de Chicago, que em 1993 venceu concorrência internacional.



Figura 3.28 - Jin Mão: o mais alto edifício da China, localizado em Xangai  
(Fonte: Disponível em: <<http://www.code-d.com/china/shanghai.php>>)

Outra importante construção em destaque é a Torre de Televisão Central Chinesa em Pequim. Desenhado por Rem Koolhaas e Ole Scheeren, o edifício da estação de Televisão da China (China Central Television Headquarters) possui 600.000 metros quadrados de área construída em aço estrutural. As duas torres têm uma inclinação de 10 graus e no topo são interligadas por um edifício com 11 pavimentos totalmente em balanço. As fachadas do edifício retratam a geometria irregular proporcionada pela estrutura metálica. Através da grelha de formas diagonais que proporcionam a estabilidade do sistema construtivo, vê-se a distribuição de forças da estrutura sob diferentes condições de carga.



Figura 3.29 - Torre de Televisão Central Chinesa - Pequim - China (em construção)  
(Fonte: Disponível em: <[http://theurbanearth.files.wordpress.com/2008/08/nuchin12.jpg](http://theurbaneearth.files.wordpress.com/2008/08/nuchin12.jpg)>)

Também na China, outra obra em evidencia é o Estádio Nacional de Pequim, também conhecido como Estádio Nacional ou “Ninho de Pássaro”, foi inaugurado em março de 2008 como parte da Olympic Green em Pequim, sendo palco das cerimônias de abertura e encerramento dos Jogos Olímpicos de 2008. O apelido Ninho de Pássaro vem pelas estruturas expostas de aço, que se cruzam e se entrelaçam, semelhante a um ninho.



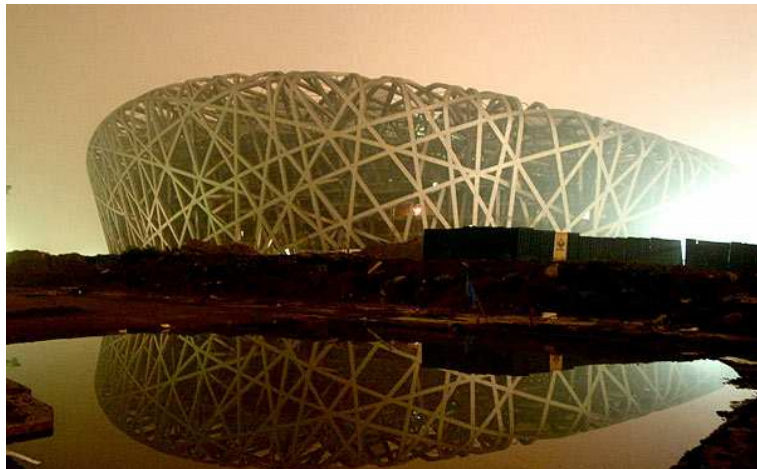


Figura 3.30 – Estádio Olímpico “Ninho de Pássaro” - Pequim - China  
(Disponível em: <<http://www.chewing.com.br/blog/wp-content/uploads/2008/08/ninho-de-passaro.jpg>>)

### **3.4 Arquitetura em Aço**

#### **3.4.1 Principais aplicações das estruturas de aço na atualidade**

- pontes ferroviárias e rodoviárias;
- edifícios industriais, comerciais e residenciais;
- galpões, hangares, garagens e estações;
- coberturas de grandes
- torres de transmissão e sub-estações, torres para antenas;
- chaminés industriais;
- plataformas off-shore;
- construção naval;
- construções hidro-mecânicas;
- guindastes e pontes-rolantes;
- instalações para exploração e tratamento de minério;
- parques de diversões, etc.

Em todo o mundo, e principalmente nos países desenvolvidos, existem tendências arquitetônicas que revelam alto grau de inventividade estética, diferenciando a arquitetura contemporânea, produzida nos dias atuais, da arquitetura do passado, antes da década de setenta. Nessa produção arquitetônica podemos destacar diversas correntes que se

manifestam a partir da utilização de alta tecnologia construtiva com o emprego do aço. Os materiais construtivos, e principalmente, as estruturas, se tornam o forte traço característico da obra nesta corrente arquitetônica que surge com mais força nas décadas de setenta e oitenta. Para arquitetos como Richard Rogers, Norman Foster, Jean Nouvel, Renzo Piano, que participam da continuidade da tradição teórica do movimento moderno, no que diz respeito às questões tecno-construtivas, as novas tecnologias são o ponto de partida da nova arquitetura.

Projetos que marcaram as décadas de setenta e oitenta, como o Centro Pompidou (1971-1977), em Paris, e o Loyds Bank (1977-1984), em Londres, colocavam em evidência um excesso de tecnologia como possibilidade de expressividade estética. Edifícios-máquina onde os mecanismos estruturais e funcionais (estruturas, circulação vertical, dutos hidráulicos, elétricos e de ar condicionado, etc.) passaram a compor a imagem do edifício numa performance que destaca o uso do aço e celebra a arquitetura como evento high-tech. Nesta linha, estes e muitos outros arquitetos, como Ove Arup, Santiago Calatrava e Nicholas Grimshaw continuam, até os dias atuais, se fazendo valer de uma arquitetura baseada no uso do aço e de suas possibilidades de invenção tecnológica, reforçando a idéia de racionalidade moderna, reafirmando que o novo depende, intrínseca e quase exclusivamente, da utilização da alta tecnologia (IBS<sup>6</sup>).

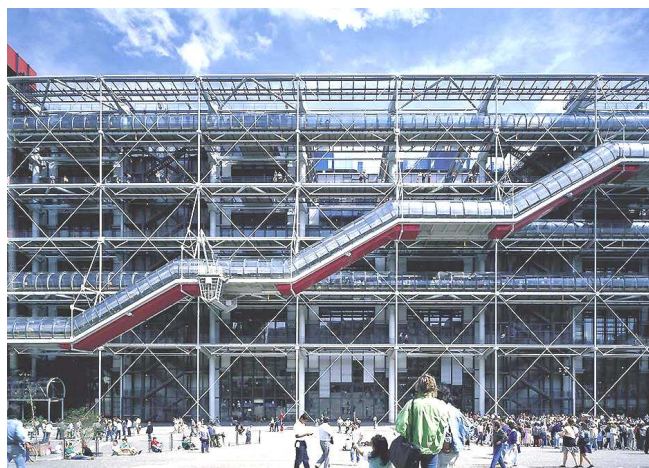


Figura 3.31 - Centro Pompidou - Arquiteto Richard Rogers - Paris (1971-1977)  
(Fonte: <[http://www.richardrogers.co.uk/work/buildings/centre\\_pompidou](http://www.richardrogers.co.uk/work/buildings/centre_pompidou)>)

---

<sup>6</sup> Artigo do IBS (Instituto Brasileiro de Siderurgia): História do aço.  
Disponível em: <<http://www.ibs.org.br/biblioteca.asp>> Acesso: 05/5/2007



Figura 3.32 - Loyds Bank - Arquiteto Richard Rogers - Londres (1977-1984)  
(Fonte: <[http://www.richardrogers.co.uk/work/selected\\_works/lloyd\\_s\\_of\\_london](http://www.richardrogers.co.uk/work/selected_works/lloyd_s_of_london)>)

Enquanto a Europa, os Estados Unidos e o Canadá fazem uso freqüente de sistemas racionalizados de vedação na construção civil, nacionalmente ainda impera a cultura construtiva da vedação em alvenaria tradicional, dificultando assim a introdução de novos sistemas (PAMPLONA, 2005). Muito diferente do que se vê no panorama internacional, onde não só as condições financeiras, mas também as intenções de trabalhar uma arquitetura inventiva e expressiva do momento atual estão fortemente presentes, assiste-se no Brasil uma produção arquitetônica esvaziada tanto de questões tecnológicas arrojadas quanto de proposições conceituais relacionadas ao mundo da arte e do pensamento contemporâneos. Se a arquitetura brasileira está sofrendo uma falta total de propostas inovadoras e engenhosas, pode-se pensar em um aspecto muito importante na conformação deste cenário: as questões econômicas. No Brasil, o consumo de aço na construção civil ainda é pequeno se comparado aos países mais desenvolvidos como demonstra o gráfico abaixo:

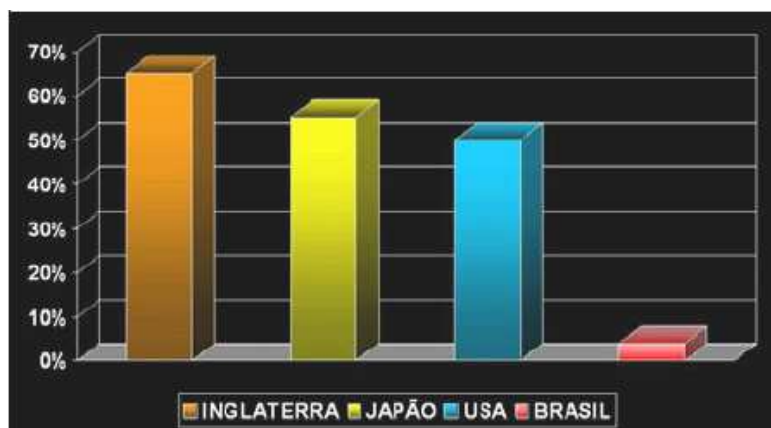


Figura 3.33 - Gráfico - Uso do Aço na Construção Civil no Mundo  
[Fonte: CBCA, (2008)]

A arquitetura brasileira teve o seu ápice e seu grande destaque no cenário internacional, apresentando novas soluções estéticas e construtivas, nas obras de arquitetos modernistas como Lúcio Costa e, principalmente, Niemeyer. Segundo o IBS<sup>7</sup>, o grande diferencial destas arquiteturas estava justamente no conflito da utilização do concreto com relação aos sistemas construtivos convencionais. A substituição de pilares e vigas, recheados por alvenaria, por formas orgânicas, onde o principal era a continuidade das superfícies horizontais e verticais conformando formas curvas que conferiam aos edifícios uma expressividade inovadora, revelou ao mundo novos limites na engenharia e evidenciou as qualidades plásticas potenciais do concreto. Mas o que se faz no Brasil de realmente inovador no campo da arquitetura contemporânea em aço que mereça destaque internacional como fizeram em concreto os modernistas Niemeyer e Lúcio Costa?

Existem inúmeras edificações interessantes, e até mesmo singulares, em alguns aspectos das arquiteturas que utilizam o aço como elemento estrutural, que detêm um caráter tecnológico convencional. Utilizam bem a modulação numa tentativa de aperfeiçoar o uso do material, mas normalmente não utilizam sistemas industrializados como painéis de vedação, lajes e coberturas industrializadas. É muito comum após a montagem da estrutura em aço, o restante da obra ser construído dentro do sistema convencional tijolo sobre tijolo, o que retira a agilidade e limpeza da obra do custo-benefício prometido pelo uso do aço.

No Brasil vêm-se as estruturas de concreto e as vedações em alvenaria como principais alternativas construtivas, sendo o uso das estruturas de aço ainda incipiente. Enquanto nos países desenvolvidos, há muito tempo, se dá preferência ao aço, aqui ainda predomina a utilização do concreto, principalmente porque o país dispõe de uma mão-de-obra barata e abundante (PAMPLONA, 2005). No entanto, a partir da década de 90 intensificou-se o uso de estruturas metálicas na construção civil, sendo esse uso consequência de uma série de fatores sócio-econômicos e em função de diversas características e vantagens do uso das mesmas.

---

<sup>7</sup> Artigo do IBS (Instituto Brasileiro de Siderurgia): História do aço. Disponível em: <<http://www.ibs.org.br/biblioteca.asp>> Acesso: 05/5/2007

As estruturas metálicas têm se mostrado uma alternativa para a industrialização da construção civil por favorecerem a retirada de uma série de atividades do canteiro de obras inerentes à construção convencional, aliando qualidade à racionalização e ao desenvolvimento de novos sistemas construtivos. Pamplona afirma que o Brasil dispõe de uma siderurgia moderna, capaz de suprir a demanda com produtos de alta qualidade, oferecendo boas soluções para os problemas habitacionais do país. Hoje as vantagens do concreto estão sendo minimizadas pelo aumento da competitividade do aço e o Brasil está despertando para sua utilização como elemento estrutural.

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, Castro (2005) afirma que apenas uma pequena parcela das edificações construídas é executada em aço. É evidente que por uma questão de escala os sistemas industrializados sejam mais aplicados em edificações de maior porte, onde a padronização e repetição de materiais diluem mais facilmente os custos de fabricação. Pamplona (2005) afirma que, para uma edificação ter o desempenho desejável é necessário que ela atenda a três requisitos básicos: estabilidade, resistência e habitabilidade. Seus materiais constituintes devem resistir ao fogo, apresentar bom isolamento térmico e acústico, suportar efeitos da degradação pelo uso e manter o desempenho previsto em projeto. A indústria da construção civil mundial busca a modernização do setor, racionalizando os processos construtivos, sendo o uso de sistemas totais ou parcialmente pré-fabricados as tendências mais notáveis no setor.

As casas industrializadas de aço já fazem parte do mercado nacional, indicando que não apenas os sistemas, mas toda uma maneira de construir evoluiu nos últimos anos. Os sistemas industrializados que utilizam o aço têm se mostrado bastante eficientes quando comparados aos sistemas construtivos tradicionais. Pamplona afirma que uma grande vantagem desse processo é a rapidez na execução, uma vez que o sistema funciona como uma linha de montagem, onde as diversas partes da edificação chegam prontas no canteiro, com medidas compatíveis para serem “encaixadas” umas às outras. Outra vantagem está no fato da edificação poder ser construída em módulos. Na busca de melhores alternativas de vedação, busca-se a modernização no setor, tendo a racionalização construtiva um papel fundamental. Define-se a racionalização construtiva como o conjunto de ações que visam otimizar o uso de

recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos e financeiros em todas as fases da construção (SABBATINI, 1998).

Castro (2005) verifica em estudo de caso, atitudes que devem ser tomadas para transformar o Brasil em um grande consumidor de aço na construção civil, e alguns profissionais do setor industrial do aço responderam principalmente que é preciso:

- § 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;
- § reduzir a carga tributária sobre o material, de forma a melhorar sua competitividade.

### **3.5 Racionalização e industrialização da construção**

Desde a década de 80, o mercado da construção civil vem sofrendo mudanças que obrigaram as empresas envolvidas com a construção de edifícios a buscarem alternativas para aumentar a produtividade e a qualidade do ambiente construído. Para se atingir os atuais níveis de exigência do mercado quanto à qualidade e produtividade, a utilização da construção metálica apresenta-se como uma alternativa interessante devido à industrialização da estrutura (FABRÍCIO, 2002).

O desenvolvimento e a aplicação da arquitetura não devem ser barrados por limitações de cunho histórico ou técnico, como se pode perceber claramente no Brasil, onde notadamente tem sido empregado um conservadorismo muito grande em termos de processos construtivos. Esta tradição construtiva, que emprega basicamente o concreto como elemento estrutural tem sido tão forte, que mesmo nos casos onde seria recomendado o uso da estrutura metálica, usa-se a de concreto com conseqüente aumento de custo. Isto tem bloqueado o avanço da estrutura metálica, pois cada método tem o seu campo de atuação, sem prejudicar o outro.

O uso da estrutura metálica deve necessariamente estar associado a casos onde ela de fato seja economicamente mais viável. Em nenhum instante deve-se dizer que “a estrutura metálica é mais barata que a de concreto”, já que para obras simples onde a arquitetura não

exija a esbeltez do aço ou não seja necessário o uso de grandes vãos, balanços e formas de difícil execução em concreto, a estrutura de concreto passa a ser economicamente vantajosa. Por outro lado, numa estrutura onde a repetitividade seja grande, a necessidade de rigor dimensional, a leveza e a esbeltez sejam requisitos básicos, o que normalmente acontece em edifícios comerciais, o aço passa a ser mais vantajoso. O uso de estrutura metálica sugere algumas vantagens, que em certos casos torna-se imprescindível para o projeto, como a rapidez da execução, a limpeza da obra, a menor área necessária para canteiro de obra, etc. Obras que necessitam de leveza por problemas de fundações sobre solos ruins, por problemas de acessibilidade, necessidade de rapidez por instabilidade do tempo, obras de ampliação, de adição de andares, ou obras com necessidade de poucos apoios, estruturas suspensas, ou obras com problemas topográficos, todas estas têm muito mais receptividade e exeqüibilidade com estrutura metálica.

O Engenheiro Luiz Henrique Ceotto<sup>8</sup> destaca que a introdução do concreto armado trouxe vantagens, possibilitando construir edifícios altos de forma econômica. Mas também trouxe dificuldades, pois, com a separação dos subsistemas de estrutura e de vedações, passou a ser necessário tratá-los de forma diferente, já que apresentam propriedades mecânicas distintas. Essas dificuldades se acentuaram com o passar do tempo, em especial em decorrência das exigências do mercado. Enquanto, há menos de 40 anos, um edifício de 18 andares era considerado alto, hoje já se erguem de forma regular edifícios com 30 pavimentos e já se está chegando a 40 pavimentos na área residencial. Com todas essas demandas, os edifícios passaram a ter estruturas mais esbeltas, com vãos cada vez maiores, lajes planas e menos vigas e pilares.

Ceotto enfatiza que "com o aumento dos vãos, aumentam as tensões, com o aumento das tensões, aumentam as deformações, que podem ser observadas meses depois da obra concluída. O sistema industrializado é a melhor solução, porém deve que ser pensado e executado rigorosamente de acordo com as recomendações técnicas, pois a força de um processo está na obediência a esse processo".

---

<sup>8</sup> Luiz Henrique Ceotto é engenheiro e diretor de Design & Construction da Tishman Speyer. Esses dados foram fornecidos em sua palestra com o tema "Tecnologia e Desempenho" sobre sistemas industrializados. Disponível em: <<http://www.drywall.org.br/destaques.php/40/d>> Acesso:12/10/2007

O arquiteto Sidnei Palatnik<sup>9</sup> (2008) afirma que "a construção industrializada representa uma tendência irreversível no mercado brasileiro, e isso significa que os métodos artesanais serão cada vez menos utilizados". E o setor da construção civil já é o que mais consome aço, seja na forma de vergalhões, telas soldadas, caixilhos, telhas, tubos, estruturas e engradamentos. Em 2002, respondeu pelo consumo de mais de 32% do total produzido no País. Apesar disso, apenas 3% das construções são feitas com estruturas de aço. A engenheira Catia Mac Cord Simões Coelho, acredita que essa cota vai crescer, pois as inovações tecnológicas nas siderúrgicas começam a proporcionar as condições, prazos e custos desejados pelos construtores. "A participação não é maior por uma questão cultural: falta tradição entre os usuários e os agentes econômicos", diz.

De acordo com LOPES (2001), uma das características da estrutura metálica é a fácil adaptação e versatilidade de concepção às necessidades específicas de cada aplicação, pois raramente uma solução adotada para uma aplicação é aproveitada em outro projeto. Algumas características podem não ser específicas para a atividade de projetar estruturas metálicas, porém, em conjunto, são específicas para o projeto de estruturas metálicas, como:

- § A matéria-prima, perfis, chapas, e outros materiais necessitam acompanhar os padrões disponíveis no mercado.
- § Necessidade de grande nível de detalhamento para cada subconjunto da estrutura, consumindo elevado número de horas de desenho. Cada subconjunto de uma grande estrutura, como por exemplo, uma coluna, tesoura, viga, etc., é composto por elevado número de itens (uma folha de desenho formato A1 pode ter em média cerca de 50 itens componentes, sendo que cada item é detalhado com várias informações adicionais). Pode haver em cada subconjunto uma repetição acentuada de componentes semelhantes, mas não iguais, sendo a execução do desenho de detalhamento uma atividade repetitiva nas soluções adotadas.
- § As atividades vinculadas ao projeto envolvem fundamentalmente: execução de desenhos básicos de concepção, cálculo estrutural, execução de desenhos para fabricação (detalhamento), listas de materiais, roteiro de inspeção e desenhos de montagem.

---

<sup>9</sup> Dados fornecidos pela CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço) no "Manual de Introdução ao uso do aço" organizado pelo arquiteto Sidnei Palatnik.



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.

### **3.5.1 Sistemas construtivos industrializados**

Castro (2005) afirma que 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 um projeto específico. Tanto os fechamentos como os tipos 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. Em relação aos sistemas complementares, grande parte dos problemas que surgem nas obras industrializadas, ocorre na interface entre a estrutura metálica e os sistemas complementares (fechamentos verticais e horizontais). Segundo 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 da estrutura da edificação, responsável 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. 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.

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;
- § motivações arquitetônicas e necessidades estruturais.

Em entrevista ao arquiteto francês Marc Mimram<sup>10</sup> (2008) foi questionado quais possibilidades o aço oferece em relação a outros materiais e ele destacou que certamente a liberdade de forma e a leveza. “Também deve ser evidenciada a ligação entre arquitetura e comunicação visual, muito interessante entre jovens arquitetos que utilizam programas diretamente ligados à industrialização e possibilitam prever todos os tipos de ligações da estrutura. O que difere da metodologia de projeto de outros materiais, que acabam tendo imprevistos na obra”, completou.

### **3.5.2 O custo das estruturas metálicas**

O primeiro erro é comparar o custo de estruturas metálicas com outras. Segundo o engenheiro Lincoln Rubim de Souza "falta bom senso, pois não se analisa o ganho global que se pode obter em cada caso com diferentes soluções construtivas", diz. Para Souza (2002), a oferta de perfis e a capacidade técnica de produção e montagem dos fabricantes estão contribuindo para o aumento do uso do aço.

---

<sup>10</sup> Dados obtidos em entrevista pessoal ao arquiteto francês Marc Mimram.  
Construmetal - 2008 - São Paulo

No entanto, no segmento de edificações com múltiplos andares, esse crescimento ainda é bastante restrito. Além do custo maior, segundo acreditam alguns especialistas, a obra metálica exige desembolso rápido de capital, informação que deve ser dada ao cliente desde o início do projeto. Julio Fruchtengarten<sup>11</sup>, estima que o custo da estrutura metálica seja 20% maior que o da convencional. "Porém, pode-se tirar partido da rapidez, dos vãos maiores e da precisão da obra", diz.

Em relação aos custos, as opiniões são muito divergentes. Para o projetista de estruturas Yopanan Conrado Pereira Rebello<sup>12</sup>, o custo total da obra poderá aumentar 5% com o uso do aço. Se forem levados em conta fatores favoráveis, tais como menor peso da estrutura - que resulta em economia no dimensionamento das fundações - além de menores perdas, custos indiretos mais baixos, maior rapidez, esse número poderá ser bem menor. "Algumas pessoas exageram e chegam a dizer que o custo pode ser até 15% do que o de uma estrutura convencional, o que não tem muito fundamento", diz Yopanan. "Mas é possível admitir um empate ou até uma pequena diferença em alguns casos", completa. Na opinião do engenheiro Mauro Dottori<sup>13</sup>, o custo mais alto é uma desvantagem do aço. "A necessidade de equipamentos pesados, como guindastes e gruas, encarece a obra," afirma. Dottori também aponta problemas com a impermeabilização, pois devido à maior movimentação da estrutura e interfaces entre elementos, nem todas as empresas são capacitadas para trabalhar com estruturas metálicas. "É indiscutível, no entanto, que a obra é mais rápida e limpa", conclui.

Na composição de custos é importante analisar em profundidade as possibilidades estruturais, pois elas estão intimamente ligadas ao custo da estrutura. Na figura 3.34 pode-se observar a composição de preços para os diferentes tipos de estruturas, e como são composta por aço e serviços, cada tipo terá uma composição diferente:

- Opção 1 . Estrutura treliçada
- Opção 2 . Estrutura com alma cheia
- Opção 3 . Estrutura mista

---

<sup>11</sup> Julio Fruchtengarten é professor de Estruturas Metálicas do Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações da Poli-USP.

<sup>12</sup> Yopanan C. P.Rebello é engenheiro e calculista de estruturas, autor do livro "A concepção estrutural e a arquitetura".

<sup>13</sup> Mauro Dottori é engenheiro e diretor da MPD Engenharia.

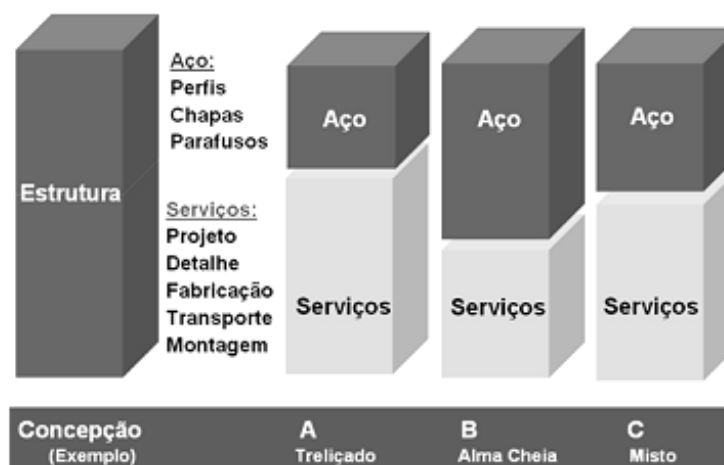


Figura 3.34 - Composição entre custos e tipo de estrutura  
[Fonte: CBCA (2008)]

Cada peça deve ser definida pelo projetista, que detalha a estrutura e elabora os croquis de fabricação já no projeto estrutural. Neles, a estrutura estará desmembrada em peças individuais menores. A confecção deve estar de acordo com a estratégia de transporte e montagem, de forma a facilitar as operações posteriores à fabricação. Se feita coordenadamente, as peças da estrutura serão enviadas ao canteiro de obra para uso imediato na montagem, sem que se crie um estoque no canteiro ou se perca a seqüência de montagem.

### 3.5.3 Desenvolvimento dos sistemas construtivos

Apesar de não precisar de matéria-prima para produção do aço, o Brasil não conseguiu dar à construção metálica o porte que atingiu em outros países, como Estados Unidos, Inglaterra, França. Em entrevista à revista *Téchne*<sup>14</sup>, o arquiteto Siegbert Zanettini acredita que isso se atribui ao fato de que a construção metálica no Brasil é fruto de um erro histórico.

Quando a Companhia Siderúrgica Nacional foi criada, teve início uma produção de perfis pesados voltados para a construção. Mas logo depois, na década 50 e fim da década de 60, a CSN parou de produzir esses perfis e passou a produzir chapas finas para atender a indústria automobilística e de eletrodomésticos fazendo com que a indústria da construção ficasse enfraquecida.

<sup>14</sup> Artigo "O aço tem vez" publicado na revista *Téchne*, edição 46.

“À medida que não houve o desenvolvimento de uma indústria mais estruturada na cadeia produtiva, a construção metálica no Brasil trilhou caminhos peculiares. Na ausência de capital e porte para a produção e estocagem de perfis de vários tipos, como se encontra na Europa e Estados Unidos, e não podendo produzir perfil laminado pronto, a construção metálica no Brasil foi para um caminho que não era o mais inteligente, mas o que era possível, que é a soldagem de chapas planas.”, afirma Zanettini. Para o arquiteto, o fato de o perfil ser montado não quer dizer que seja pior, mas acarreta um custo de 15% a 20% maior do que o do perfil usinado. “O desempenho, no entanto, é igual. O custo é sempre um dos parâmetros referenciais, por isso o mercado das estruturas metálicas é ainda tão pequeno”, completa o arquiteto.

Nesse contexto, Siegbert Zanettini acredita que as escolas de engenharia e arquitetura contribuíram para a estagnação da construção metálica no Brasil. Pois as faculdades não ensinavam resistência dos materiais, e sim do material, no caso o concreto, e as estruturas metálicas não faziam parte do currículo das escolas de arquitetura e engenharia. Assim, era natural que não se projetassem estruturas metálicas, pois não sabiam como usar o material, favorecendo o uso do concreto. “As estruturas de aço e concreto não concorrem entre si, uma vez que o concreto e outras tecnologias são linguagens do cheio, e a linguagem do aço é a linguagem do vazio. A boa arquitetura do aço é aquela que usa a geometria espacial para edificar, usa o vazio do edifício para ganhar a qualidade arquitetônica. Deve-se pensar o aço tridimensionalmente, e não como viga, pilar e laje.”

“Quando se substitui o concreto pelo aço sem levar esses aspectos em consideração, está se fazendo um mau uso do aço.” Zanettini ainda afirma que apesar de demandar um custo 10% a 15% maior, a opção pelo aço deve ser vista juntamente com outras questões, como tempo de execução, limpeza da obra, ausência de desperdícios, evidenciando suas vantagens. A despeito das facilidades do aço, ainda há uma carência muito grande em sistemas complementares, como os fechamentos, e os problemas de juntas e vedações dos painéis nem sempre são bem resolvidos, fazendo surgir as questões de patologias. “Não se trata das patologias do aço, da estrutura ou dos componentes. O problema é a obra mal projetada ou de execução incorreta. Os problemas em painéis se devem muitas vezes à falta de estudos e soluções para a trabalhabilidade dos materiais. A estrutura de aço é uma estrutura bastante elástica e, portanto, os fechamentos devem prever essa elasticidade para trabalhar em conjunto com a estrutura. O aço é suscetível a agentes térmicos, e a dilatação da estrutura metálica é

diferenciada de outros materiais. Os americanos já resolveram esse problema desde as décadas de 20 e 30, basta ver as obras de Mies Van der Rohe, onde se prevê uma série de detalhes, como folgas, juntas dinâmicas e soluções telescópicas para montantes e caixilharia, por exemplo, desvinculando a estrutura das vedações,” completa Zanettini.

O arquiteto enfatiza que o maior problema a ser resolvido é o projeto, pois as estruturas metálicas não combinam com improvisos. Nas tecnologias convencionais é possível, embora não desejável, resolver uma série de problemas no canteiro. Mas o aço não permite isso, pois os perfis saem da indústria milimetricamente cortados, o que pressupõem um processo de planejamento e um alto grau de execução.

### 3.6 Concepção do projeto

Com base em Castro (1999), evidenciam-se alguns destaques nos empreendimentos que envolvem a construção metálica desde a concepção do projeto:

§ **Concepção:** o projeto em aço requer compatibilização e planejamento, pois as peças são produzidas fora do canteiro de obras, ou seja, na fábrica, e somente montadas em campo;

§ **Projeto estrutural:** a padronização (elementos estruturais, sistemas construtivos, sistemas de vedação e conexões) é um aspecto relevante na estrutura metálica, pois a maior produtividade, tanto na fabricação, quanto na montagem, estão intimamente ligadas a ela. O custo de uma estrutura não depende apenas do peso do aço. É influenciado também pela padronização das peças, e a padronização mais bem elaborada é uma das principais tendências da construção metálica.

§ **Industrialização:** permite racionalizar o processo de produção e aceitar outros componentes pré-fabricados. Aumenta a precisão da obra, mas exige mão-de-obra qualificada.

### **3.6.1 Conceituação de Projeto**

Não há uma definição de projeto que seja reconhecida universalmente, existindo definições diferentes citadas por diversos especialistas. Lopes (2001) em referência à Slack (1997), cita os aspectos relacionados a projetos que merecem maior discussão:

§ O objetivo da atividade de projeto é satisfazer as necessidades dos usuários e tem como objetivo fundamental prover produtos que satisfaçam às expectativas dos consumidores, envolvendo estética, desempenho e confiabilidade. Além disso, os produtos projetados devem permitir facilidade e rapidez de fabricação, devem ser concebidos de forma que evitem a ocorrência de erros durante a fabricação, e que os custos de fabricação sejam minimizados.

§ A atividade de projeto aplica-se tanto a produtos como a processos. Projeto do produto e projeto de processos estão interligados; pequenas mudanças no projeto do produto podem ter consequências profundas no modo como a produção pode manufaturá-lo. Por outro lado, o processo pode restringir a liberdade do projetista do produto de atuar como desejaria. A atuação em conjunto na execução do projeto do produto e do processo é chamada de engenharia simultânea e, entre muitas definições existentes, cita-se: “A engenharia simultânea visa otimizar o projeto do produto e 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 do trabalho”.

§ O projeto começa com um conceito e termina na tradução desse conceito em uma especificação de algo que pode ser produzido: Um projeto tem início a partir de uma idéia geral, que pode ser uma solução para uma necessidade a ser satisfeita. No decorrer do tempo, essa concepção evolui, sendo progressivamente detalhada até que tenha condições de dar origem a um produto. Esta evolução se dá por etapas, e cada decisão tomada sobre o projeto reduz as opções disponíveis e as incertezas. Na maior parte dessas etapas, o custo de mudar uma decisão implica na necessidade de repassar e recalcular custos conseqüentes. No início do projeto, os custos de mudanças são relativamente baixos; entretanto, à medida que o projeto evolui, as decisões se interligam e os custos das mudanças tornam-se maiores. Este processo de evoluir o projeto envolve a identificação e a avaliação de opções por parte do projetista, que devem ser avaliadas através de critérios de projeto.

§ A atividade de projeto é um processo de transformação que se ajusta ao modelo entrada-transformação-saída, e deve ser gerenciada e administrada como um sistema produtivo.

### **3.6.2 Aspectos e prerrogativas na concepção do projeto**

As soluções adotadas na etapa de projeto têm amplas repercussões em todo o processo de construção. É na etapa de projeto que acontecem a concepção e o desenvolvimento do produto que devem ser baseados na identificação das necessidades dos clientes em termos de desempenho, custos e condições de exposição a que será submetida a edificação. A solução adotada também tem forte impacto sobre a execução da obra, pois define partidos, detalhes construtivos e especificações que permitem maior ou menor facilidade de execução definindo os custos da obra. Segundo Usuda (2003), a qualidade do projeto depende ainda da qualidade da descrição da solução ou de sua apresentação, resultante da clareza e da precisão do projeto executivo, dos memoriais descritivos, do dimensionamento e das especificações técnicas. Para assegurar a qualidade da solução e da descrição do projeto, é preciso controlar a qualidade do seu processo de elaboração. Para tal, é necessário estabelecer diretrizes para o desenvolvimento do projeto e garantir a coordenação e integração entre os vários projetos.

A integração e a coordenação entre os projetos de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), são feitas pela análise dos desenhos de arquitetura, estrutura e instalações apresentados na forma bidimensional, geralmente em plantas e elevações. Muitas vezes não são suficientes para o entendimento correto da edificação e, na falta de comunicação entre os diversos profissionais envolvidos, acabam gerando erros de execução ou falhas posteriores durante a utilização.

### **3.6.3 Coordenação e integração de projetos**

Usuda (2003) afirma que a colaboração efetiva em projetos de engenharia requer gerenciamento eficiente da informação e hábil coordenação das atividades do grupo. Estas questões são particularmente difíceis de serem intermediadas na arquitetura e na engenharia civil, pois as partes envolvidas no processo de projeto e construção são multidisciplinares e



representam várias centenas de projetos especializados. Dessa forma, a coordenação de projetos tem grande importância no processo de projeto, pois assegura a qualidade e integridade das informações produzidas em cada etapa do seu desenvolvimento. Segundo Franco e Agopyan (1993) apud Usuda (2003), os principais objetivos da coordenação de projetos são:

- § Garantir a perfeita comunicação entre os participantes do projeto;
- § Garantir comunicação, integração e troca de informações entre os diversos integrantes e fases do empreendimento;
- § Coordenar o processo de forma a solucionar as interferências entre todos os projetistas envolvidos;
- § Conduzir as decisões a serem tomadas no desenvolvimento do projeto;
- § Controlar a qualidade das etapas de desenvolvimento do projeto.

A coordenação e integração de projetos citadas acima serão descritas no capítulo 3.7.3 juntamente com Projeto Simultâneo.

### **3.6.4 Sistemas construtivos: paradigmas e implicações**

No Brasil, embora a construção metálica seja tradicionalmente menos utilizada na construção civil, havendo uma maior experiência com o emprego de sistemas construtivos em concreto armado, a sua utilização tem crescido rapidamente nos últimos anos. No entanto, são ainda relativamente escassos os trabalhos da literatura que analisam o processo de projeto de construções metálicas.

A necessidade competitiva do mercado tem favorecido a utilização crescente de construções industrializadas, devido à maior possibilidade de otimização de custos (mediante contenção do desperdício de materiais), padronização, produção seriada e racionalização do consumo de energia. Segundo a engenheira Cátia Mac Cord, o concreto é muito tradicional na construção civil brasileira e é considerado pelas construtoras como um produto barato e fácil de manejar. No Brasil, até a década de 80, o uso de estruturas metálicas nas áreas da construção industrial e comercial era pouco conhecido. Na área da construção residencial, o assunto nem era cogitado por arquitetos e engenheiros, e muito menos pelos proprietários. Fatores histórico-

culturais decorrentes da falta de produtos siderúrgicos adequados colaboraram com essa realidade. Mas essa realidade mudou drasticamente nos últimos anos tanto com relação a materiais e tecnologias disponíveis quanto à demanda por sistemas sustentáveis e de baixo desperdício. A estrutura em aço possibilita a adoção de sistemas industrializados, fazendo com que o mal-aproveitamento seja sensivelmente reduzido. E em função da maior velocidade de execução da obra, haverá um ganho adicional pela ocupação antecipada do imóvel e pela rapidez no retorno do capital investido (MAC CORD, 2007).

A adequação dos produtos de aço às necessidades dos projetistas e o conhecimento dos novos sistemas construtivos, como estrutura metálica com pilar misto, estrutura metálica com pilar pré-moldado e o light steel framing, é o caminho para aumentar a participação do aço e de superar suas desvantagens. “A escolha do sistema construtivo não deve ser uma competição entre os diferentes tipos de estrutura, mas uma decisão com base nas características de cada sistema” enfatiza Cátia Mac Cord. E a decisão de qual é o mais adequado, deve passar pela análise do maior número possível de aspectos representativos da obra.

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

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

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

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

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

Acredita-se que a etapa de projetos deve ser ainda mais valorizada em empreendimentos que utilizam sistemas construtivos metálicos. Por conceber a idéia de industrialização da construção, este sistema construtivo é menos sujeito a improvisações de obra devido à, por exemplo, deficiências nos projetos. Problemas de projeto interferem na agilidade do processo construtivo e na qualidade do produto, o que reduz a competitividade da construção metálica. Desta forma, as etapas de dimensionamento e detalhamento do processo de projeto devem assegurar as vantagens da construção metálica (TEIXEIRA STARLING, C.M. D, ANDERY, 2008).

Atualmente, os materiais aço e concreto são a combinação mais utilizada para compor as estruturas de edificações. Eles podem ser utilizados em uma estrutura com elementos compostos por um dos materiais e também formando elementos mistos, trabalhando em conjunto. Segundo Fabrizzi (2007) as características dos dois materiais são diferentes e complementares. O concreto alia resistência à compressão, elevada rigidez e proteção contra corrosão e incêndio, enquanto o aço, como características complementares, apresenta elevada resistência à tração e esbeltez dos elementos. Os dois materiais já são utilizados em um mesmo edifício em larga escala, porém, muitas vezes não se utiliza seu trabalho conjunto. Os materiais e as combinações de materiais têm diferentes aplicações dentro da Engenharia e o melhor sistema estrutural depende de vários fatores, como:

- § Utilização da edificação;
- § Projeto arquitetônico;
- § Vãos a serem vencidos;
- § Método construtivo;
- § Mão de obra e tecnologia disponíveis;
- § Prazo de execução da obra;
- § Custo das fundações;
- § Custo final da obra.

O arquiteto Siegbert Zanettini relata que já se distingue a estrutura metálica como um sistema diferenciado do concreto, mas essa comparação ainda acontece. “É incorreto pegar um projeto pensado em concreto e transformá-lo em aço para comparar custos. Esse pensamento é a conjunção de má-informação e pressão de mercado. Em geral se usa mal o aço, pois ao contrário dos outros sistemas, a concepção do aço é tridimensional, ou seja, quanto menos material, melhor.” afirma.

Segundo Fernando Pinheiro na mesma reportagem, para apropriar e atualizar a tecnologia que vem sendo empregada fora do País um dos caminhos é fazer com que o arquiteto se aproxime um pouco mais da indústria. “Falta ao profissional ousadia e insistência nas suas intenções, pois ainda são poucos os que se aventuram a usar estrutura metálica que não seja em coberturas ou em projetos industriais. Falta um pouco mais de firmeza dos arquitetos e dos construtores em respeitar as intenções do projeto, porque a estrutura de concreto não tem parâmetro de comparação com a metálica. Uma intenção no projeto metálico é muito forte e deve ser defendida e o construtor não pode querer orçar ou fazer um estudo comparando um outro projeto onde se muda totalmente a concepção arquitetônica”. Neste contexto, para Zanettini o controle não é mais feito na obra e sim na fábrica e deve ser aliado a toda parte que precisa anteceder-la, que está relacionada ao projeto. “Não dá para fazer obra de aço sem bom projeto, é fundamental o setor começar a sentir o processo industrializado e de produção. E quando for entendida essa passagem da obra tradicional para a industrializada, a construção terá um nível de qualidade infinitamente superior.”

Haja vista a peculiaridade da construção metálica de exigir um maior acompanhamento e comprometimento do arquiteto, da concepção à produção da edificação, este deve ter intimidade não só com o material, mas também com o processo de fabricação da estrutura, com a montagem e com os sistemas e elementos complementares, entre outros (CASTRO, 2005).

### **3.7 Processo de projeto**

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 (CASTRO, 2005). Possuindo, portanto um caráter gerencial, o processo de projeto, pode ser analisado a partir 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).

De acordo com Fabrício (2002) existem no setor de construção de edifícios diferentes maneiras 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.

A in experiência dos projetistas em sistemas construtivos metálicos contribui para que, em muitos casos, os edifícios sejam concebidos segundo os conceitos e soluções adotadas em sistemas construtivos em concreto armado e, posteriormente, sofram adaptações para a utilização do aço como elemento estrutural. Sendo assim, falhas podem ser geradas ainda durante a concepção do edifício (CASTRO, 1999).

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

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

Desta forma, no processo de projeto de empreendimentos que envolvem construção metálica, percebem-se deficiências semelhantes aos empreendimentos em concreto armado.

Isto mostra a necessidade de investimentos em gestão de projetos assim como ocorre com o desenvolvimento da tecnologia (TEIXEIRA STARLING, C.M.D, ANDERY, 2008).

Em um estudo recente, Teixeira (2007) analisou e promoveu um amplo diagnóstico do processo de projeto de construções metálicas, em particular do processo de projeto estrutural onde foram levantados alguns dos problemas mais freqüentes provenientes de deficiências no processo de projeto de construções metálicas. Um desses problemas refere-se às ligações entre os elementos da estrutura metálica. Estas, quando não detalhadas adequadamente são problemáticas e podem comprometer a montagem no canteiro de obras, diminuindo a agilidade da construção e aumentando o custo da estrutura devido a prováveis retrabalhos. Problemas referentes à etapa de detalhamento da estrutura normalmente só podem ser percebidos durante a montagem da mesma.

Quando ocorrem problemas relacionados com interferências entre projetos em empreendimentos que utilizam estrutura metálica, estes podem exigir que componentes estruturais tenham que ser refabricados ou gerar improvisos nas demais especialidades de projeto, aumentando o custo final da obra e o tempo para execução da mesma. Teixeira (2007) afirma que as causas deste tipo de problema também podem estar associadas ao processo de projeto, envolvendo a escolha tardia do sistema estrutural metálico, mudança nos requisitos de projeto já com a obra em andamento, comunicação insuficiente entre projetistas, falta de coordenadores de projeto ou coordenação ineficiente e desenvolvimento dos projetos de forma seqüencial sem compatibilização entre as diversas especialidades.

Um dos problemas mais comuns e talvez o que mais compromete o desenvolvimento da construção metálica está associado aos erros de compatibilidade entre a estrutura e o posicionamento das fundações. Teixeira observa que devido aos curtos prazos para o desenvolvimento dos projetos, acaba-se fornecendo ao responsável pelo projeto de fundações, informações sobre o projeto estrutural antes do término deste. As fundações comumente acabam sendo executadas antes do projeto estrutural finalizado, o que pode ocasionar problemas caso haja a necessidade de mudança de posicionamento da estrutura. Nesse sentido, qualquer modificação pode passar despercebida até a montagem da estrutura no canteiro de obras, gerando atrasos, retrabalhos e aumento do custo da obra.

Estes aspectos ineficientes contribuem para diminuir a qualidade final do empreendimento, evidenciando que são necessários avanços no processo de projeto de construções metálicas. Para que a construção metálica possa ser utilizada com todas as suas potencialidades, não diferentemente de outros sistemas construtivos, faz-se necessário uma mudança na postura gerencial e cultural das equipes de projeto e dos demais agentes envolvidos (TEIXEIRA, 2007).

### **3.7.1 Implicações do processo de projeto**

De acordo com Castro (2005), a problemática do processo de projeto começa na não valorização do mesmo por parte do mercado. Esta não valorização passa por questões técnicas, visto que muitas vezes os projetos são modificados 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.

No que diz respeito à estrutura metálica, percebe-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. Dessa forma, o resultado é o uso errôneo da tecnologia e dos materiais, contribuindo para a formação negativa da imagem da construção metálica, inibindo o avanço do mercado (CASTRO, 2005). Em relação aos consumidores, 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).

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 apud CASTRO, 2005). Porém, há espaço para a inclusão de conceitos do Projeto Simultâneo, como, entre outros:



- § desenvolvimento em paralelo das especialidades de projeto;
- § participação de equipe multidisciplinar desde o início do processo, permitindo um autocontrole do mesmo;
- § inclusão, na equipe multidisciplinar, de um responsável pela atividade de produção, no caso o construtor, de forma a facilitar o planejamento da produção;
- § presença do coordenador do processo durante o ciclo de projeto e o ciclo de produção;
- § 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 ou somente fornecê-la. 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 projeto. Dentro deste contexto, se os fabricantes de estrutura restringem-se somente ao seu fornecimento, deixando para os demais profissionais as soluções complementares, 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.

De acordo com Teixeira (2007), processo de projeto do empreendimento é ineficiente em vários aspectos, como a falta de compatibilização entre a estrutura e as demais especialidades técnicas de projeto, as deficiências no desenvolvimento e detalhamento dos projetos e carências nas especificações de materiais e componentes construtivos industrializados complementares à construção metálica. Estes aspectos ineficientes contribuem para diminuir a qualidade final do empreendimento, evidenciando que são necessários avanços no processo de projeto de construções metálicas. Segundo 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, descrito abaixo no item 3.7.2, porém os novos paradigmas de processo ainda se encontram em fase de amadurecimento e sua introdução no mercado ainda ocorre de forma muito tímida (CASTRO, 2005).

### 3.7.2 Processo de projeto convencional: processo seqüencial

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 (BAUERMANN, 2002). O projeto seqüencial é caracterizado pela ausência de integração entre os intervenientes do processo (arquitetura, estrutura, sistemas prediais, etc.); pela organização social de relações contratuais, mas principalmente, pela dissociação eventual entre o projeto e a execução (SOUZA FILHO; GOUVINHAS, 2003). Os resultados diretos dessas características são respectivamente: necessidade de retrabalhos e desperdícios pela compatibilização tardia dos subprocessos; falta de comprometimento dos subprocessos contratados com o processo como um todo; e geração de projetos pouco responsáveis com a construtibilidade, capazes de atribuir descabidamente ao pessoal de execução a responsabilidade por tomadas de decisões. A figura abaixo ilustra, esquemática e genericamente, o processo convencional de projeto.

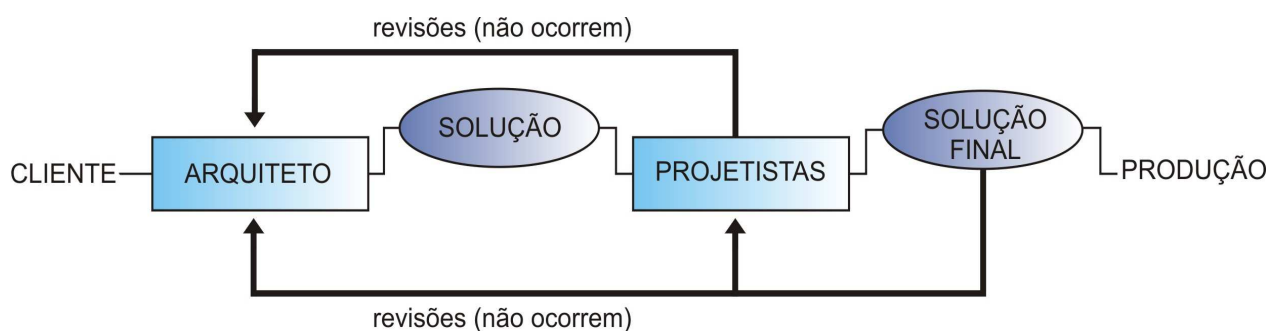


Figura 3.35 - Diagrama do processo convencional de projeto  
[Fonte: Adaptado de BAUERMANN (2002)]

### 3.7.3 Projeto simultâneo

O conceito de Projeto Simultâneo (PS) é proposto por Fabricio (2002) a partir da inserção dos preceitos da Engenharia Simultânea (ES) na indústria da construção. Para um melhor entendimento do que vem a ser o projeto simultâneo (PS), deve-se entender inicialmente os conceitos da engenharia simultânea (ES). E, como o modelo convencional, a engenharia simultânea foi gerada no interior das indústrias seriadas, a partir da evolução dos modelos de gestão.

Na década de 70, a indústria automobilística japonesa introduz equipes multidisciplinares para o desenvolvimento de seus produtos, formadas por funcionários de diferentes departamentos, e engenheiros dos seus principais fornecedores (FABRÍCIO, op. cit.). Instaura-se, dessa forma, uma simbiose entre o pensamento projetual e sua construtibilidade, princípios básicos da engenharia simultânea (ES).

Castro (2004) faz referência a Broughton (1990) que 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.

### 3.7.4 A aplicação da engenharia simultânea na construção

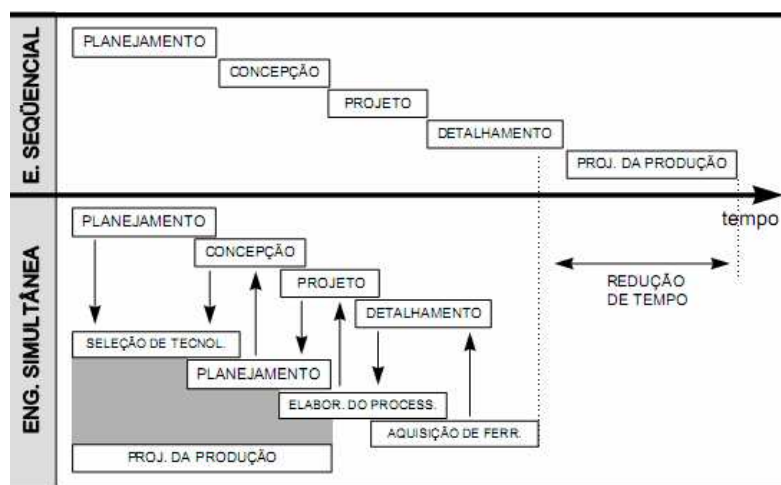


Figura 3.36 - Engenharia Sequencial x Engenharia Simultânea  
[Fonte: Adaptado de Weck et al. (1991) apud Fabricio (2002)]

Em síntese, a Engenharia Simultânea enquanto modelo de gestão de projeto, está baseada em três premissas: diferentes atividades de projeto realizadas em paralelo (simultaneamente), ênfase na integração entre os agentes envolvidos desde o início do processo, e concepção orientada ao ciclo de vida do produto (FABRICIO e MELHADO, 2000).

No Brasil, o estudo da Engenharia Simultânea aplicada ao projeto de edifícios é mais recente e ainda são poucos os trabalhos publicados (Fabricio & Melhado, 1998; Fabricio, Baía, Melhado, 1999; Fabricio & Melhado, 2001). Com base nestes trabalhos podem-se identificar três vertentes integradas de transformação necessárias para viabilizar a integração “simultânea” das etapas do processo de desenvolvimento e projeto de edifícios. De acordo com Fabrício (2001), a primeira etapa se relaciona com a necessidade de transformações na organização das atividades de projeto, de forma a permitir a coordenação precoce e o desenvolvimento em paralelo das diferentes especialidades de projeto. Para viabilizar esta cooperação, uma segunda vertente de transformações culturais é necessária para criar condições de superação das limitações contratuais e instituir uma nova disposição de cooperação técnica entre os projetistas, construtores e promotores.

Por fim, Fabrício afirma que a última vertente se relaciona à apropriação das novas tecnologias de informática e telecomunicações como ferramentas que facilitam a comunicação virtual à distância e permitam um novo ambiente cognitivo para o processo de projeto. O desenvolvimento de empreendimentos de edifícios é uma atividade ampla que envolve a compreensão das necessidades dos clientes e o desenvolvimento dos projetos (arquitetura, estrutura, instalações, etc.).

Neste contexto, Fabrício (2002) destaca em suas pesquisas alguns pontos básicos que caracterizam a engenharia simultânea (ES), e podem delinear de maneira clara as premissas de projeto em estruturas metálicas:

#### § **Valorização do projeto desde as primeiras fases de concepção**

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.

§ **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.

§ **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.

§ **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 Engenharia Simultânea.

§ **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 3.1 apresenta as principais características e objetivos da Engenharia Simultânea.

| CARACTERÍSTICAS E BENEFÍCIOS DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA                               |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS                                                          | PRINCIPAIS OBJETIVOS E BENEFÍCIOS                                                     |
| · ênfase na concepção e valorização do projeto                                      | · redução no tempo de projeto                                                         |
| · desenvolvimento conjunto do projeto e da execução                                 | · introdução de inovações                                                             |
| · equipes multidisciplinares e integradas                                           | · ampliação da qualidade no ciclo de vida                                             |
| · uso da informática e de novas tecnologias da informação como ferramentas de apoio | · aumento da manufaturabilidade dos projetos e da eficiência dos processos produtivos |

Quadro 3.1 - Principais características e benefícios da engenharia simultânea  
[Fonte: Adaptado de Fabrício (2002)]

Melhado (1998) e Fabrício (2002) afirmam que é necessário o desenvolvimento de modelos e metodologias próprias à indústria da construção, assim, o termo Engenharia Simultânea no setor da construção civil é discutido como “Projeto Simultâneo”. A justificativa ao uso deste termo vem do fato de que a complexidade da indústria da construção compreende questões que extrapolam o campo das engenharias, tais como questões fundiárias, urbanísticas, culturais, históricas, entre outras. Neste contexto, Fabrício (op. cit.) define o Projeto Simultâneo na construção de edifícios como sendo:

(...) o desenvolvimento integrado das diferentes dimensões do empreendimento, envolvendo a formulação conjunta 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-empregueiros e fornecedores de materiais, de forma a orientar o projeto à qualidade ao longo do ciclo de produção e uso do empreendimento.

Dessa maneira, os principais elementos apresentados por Fabricio (op. cit.) para implantação do Projeto Simultâneo (PS), assim como seus objetivos principais, são apresentados no quadro 3.2:

| ELEMENTOS BÁSICOS PARA INTRODUÇÃO DO PROJETO SIMULTÂNEO                                             |                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| ELEMENTOS BÁSICOS PARA INTRODUÇÃO DO PROJETO SIMULTÂNEO                                             | OBJETIVOS PRINCIPAIS                                                                      |
| · valorização do projeto e precoce interação entre os intervenientes                                | · aumento da qualidade de projeto                                                         |
| · transformação cultural da contratação com a valorização das parcerias entre os agentes            | · maior construtibilidade do projeto                                                      |
| · reorganização do processo de projeto buscando uma coordenação concomitante                        | · base mais sólida para introdução de novas tecnologias e métodos no processo de produção |
| · introdução de novas tecnologias de informática e telecomunicação na gestão do processo de projeto | · eventualmente redução do prazo de execução decorrente redução tempo de projeto          |

Quadro 3.2 - Elementos básicos para introdução e objetivos do Projeto Simultâneo  
[Fonte: Adaptado de Fabrício (2002)]

Nesse ínterim, Fabrício (2002) desenvolve um modelo genérico para um planejamento do processo de projeto que possa ser adaptável às características de cada projeto. No modelo privilegia-se a mobilização e a coordenação dos principais agentes do processo nas interfaces das cinco dimensões gerais do empreendimento simultaneamente. A organização linear é estabelecida simplificadamente a partir das fases de desenvolvimento do projeto: levantamento, concepção, desenvolvimento, detalhamento. De fato, Fabrício afirma que a complexidade das questões envolvidas nos empreendimentos contemporâneos impõe a mobilização de diferentes profissionais especializados e impõem a necessidade de coordenação dos agentes, de suas formações e interesses de forma a otimizar integralmente o projeto.

### **3.7.5 Escolha do sistema construtivo**

Tal como vem acontecendo em outros setores, o processo de industrialização da construção civil está alterando substancialmente a forma de se projetar e construir no Brasil. A arquitetura migra do processo artesanal para um processo industrializado, cujos elementos pré-fabricados são componentes de uma montagem seqüencial. O resultado é uma melhor qualidade dimensional e menor desperdício de material e de tempo. Portanto, a pergunta que deve ser feita, sem qualquer tipo de tendência ou preferência, é: “Que estrutura é mais adequada para determinada obra?” A escolha do sistema construtivo não deve ser uma competição entre os tipos de estrutura, mas uma decisão com base nas necessidades da obra e nas características de cada sistema. Em muitos casos, a simples afirmação de que a estrutura em aço ficaria mais cara encerra uma análise. Em outras situações, a opção por sistemas ditos convencionais é feita pelo desconhecimento de outros sistemas, e não garante que a decisão seja a mais correta.

A maior dificuldade para identificar o tipo de estrutura mais adequada é a falta de uma metodologia de avaliação que leve em conta qualidades e desempenhos, e a influência da estrutura nos demais serviços, que podem beneficiar o custo total da obra. Neste contexto, deve-se compreender também que não se trata simplesmente de uma substituição de materiais e sim de processos construtivos completamente e distintos, com impactos diretos nas interfaces do projeto. Uma metodologia de avaliação que identifica a estrutura mais adequada deve examinar alguns pontos importantes, como, foco no melhor resultado para a obra, existência de um momento ideal para a escolha, análise das características da obra, base no conhecimento de cada sistema.

O gráfico abaixo evidencia a importância da decisão do partido estrutural na concepção do projeto. Observa-se que durante o estudo de viabilidade e a definição da concepção, a possibilidade de interferência é alta e os custos acumulados são ainda muito baixos, podendo ser este o momento ideal para a escolha do sistema estrutural. Quanto mais cedo for feita a escolha, maior será o tempo para a otimização do sistema escolhido, obtendo-se assim um resultado ainda melhor.

Muitas características podem ser de difícil interpretação e quantificação, e, muitas vezes, vão existir itens conflitantes, mas a análise Característica x Sistema é sempre melhor do que a simples intuição. Uma escolha bem estruturada agrega valor ao processo e, certamente,



conduz para uma decisão final mais correta. Uma planilha pode ser usada para organizar os pesos das características da obra e as notas dos sistemas, e ao final calcula-se a média aritmética ponderada para cada sistema. As maiores médias devem indicar os sistemas mais adequados para a obra. Segue abaixo, as principais características que devem ser analisadas, isoladamente e em conjunto, para um sistema estrutural em aço ou outros sistemas estruturais

15:

### **§ Tipo de fundação**

A influência da redução das cargas devido ao menor peso das estruturas de aço nas fundações de uma pequena estrutura, em um solo muito resistente, pode ser pequena. Entretanto, a redução das cargas em uma grande estrutura, em um solo muito ruim, pode viabilizar a própria construção. Portanto, o custo e o prazo das fundações podem ser um importante fator de decisão sobre o tipo de estrutura a ser usada em uma obra.

### **§ Tempo de construção**

A mais forte característica das estruturas de aço é a rapidez, diferentemente da construção convencional que normalmente tem o caminho crítico na fase da estrutura, o que acaba por limitar a velocidade da obra. As fundações podem ser executadas enquanto as estruturas de aço estão sendo fabricadas e a possibilidade de abertura de diversas frentes de serviço simultâneas (lajes, paredes, instalações etc.) pode, em um cronograma bem elaborado, reduzir o tempo de obra em até 40%.

### **§ Tipos de ocupação**

Dependendo do tipo de ocupação (edifícios comerciais, edifícios residenciais, hotéis, hospitais, shoppings, estacionamentos, universidades etc.) e do sistema de comercialização, um sistema estrutural pode ser mais ou menos adequado. Portanto, é importante conhecer bem a localização, a arquitetura e a utilização prevista para a edificação.

---

<sup>15</sup> Artigo “Quando construir em aço” publicado pela revista *Téchne*, edição de maio de 2008

## § Disponibilidade e custo dos materiais

Segundo Sidnei Palatnik (op.cit) uma premissa muito importante é o custo da obra, e no momento em que se define o projeto, já se define o seu custo. Hoje, com raras exceções, o custo é um fator extremamente importante e muitas vezes decisivo para a tomada de decisão quanto à escolha de um ou outro sistema estrutural.

Muitas vezes vê-se o engano de isolar o custo da estrutura de aço na composição de custos e simplesmente compará-la ao custo isolado da estrutura de concreto, e então se toma uma decisão por uma tecnologia ou outra. Uma vez que as técnicas envolvidas em cada uma das tecnologias de construção são diferentes, o correto seria fazer uma avaliação global da obra, com seus custos diretos e indiretos, custo de manutenção de canteiro, e mesmo avaliação do custo do retorno do investimento. Para que possamos comparar corretamente estruturas diferentes deve-se fazer uma abordagem mais completa, e após a otimização do projeto para cada tipo de material, deve-se considerar as vantagens técnicas inerentes a cada uma e as conseqüências da escolha de uma tecnologia. Neste contexto, nem sempre a estrutura de aço será a solução mais econômica.

Ao considerar o uso da estrutura de aço, a escolha de tipos de pilares, contraventamento do edifício, entre outros é fundamental para uma solução econômica. Além disso, e em função do alto grau de industrialização da estrutura de aço, os demais componentes, como os fechamentos (pisos, paredes internas e externas, coberturas, sistemas de circulação vertical, etc.), devem atender a condições como velocidade de montagem compatível com a estrutura. Para isso, devemos considerar com cuidado cada projeto complementar para efetivar os ganhos de produtividade da estrutura de aço.

De acordo com Palatnik (2008), dentro do dimensionamento econômico, a distribuição porcentual dos custos de uma estrutura de aço esta dividida da seguinte maneira:

- § **Projeto: 2%**
- § **Detalhamento: 2%**
- § **Material e insumos: 33%**
- § **Fabricação: 25%**
- § **Limpeza e pintura: 15%**
- § **Transporte: 1 %**
- § **Montagem: 22%**

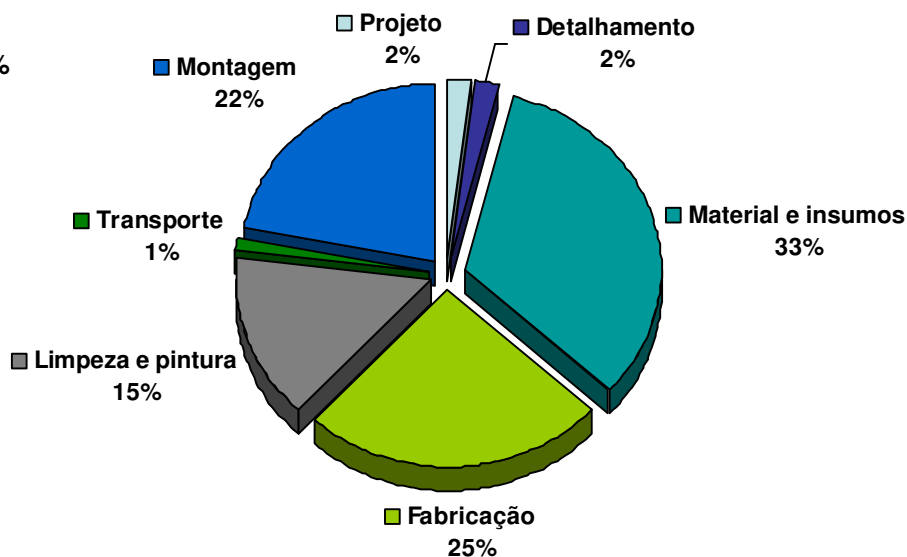


Figura 3.37 - Gráfico da distribuição do percentual dos custos de uma estrutura de aço  
 [Fonte: Adaptado de Palatnik, em Manual de Introdução ao Uso do Aço na Construção da CBCA (2008)]

É importante acompanhar a disponibilidade e o custo dos materiais básicos usados para as estruturas e para os sistemas complementares. Algumas regiões oferecem determinados materiais de forma abundante, e outras, por dificuldade de transporte e/ou processamento, praticamente inviabilizam a utilização de alguns materiais.

#### § **Local da obra e acessos**

É sempre muito importante conhecer bem o local da obra e seus acessos. As condições das estradas, as restrições ao trânsito, as distâncias a serem percorridas, as condições topográficas, a disponibilidade de energia e outras, podem definir o sistema estrutural. A simples falta de observação de uma linha aérea eletrificada na entrada de uma obra, por exemplo, pode exigir o desligamento temporário ou a remoção da linha, demandando em aumento de prazos e custos.

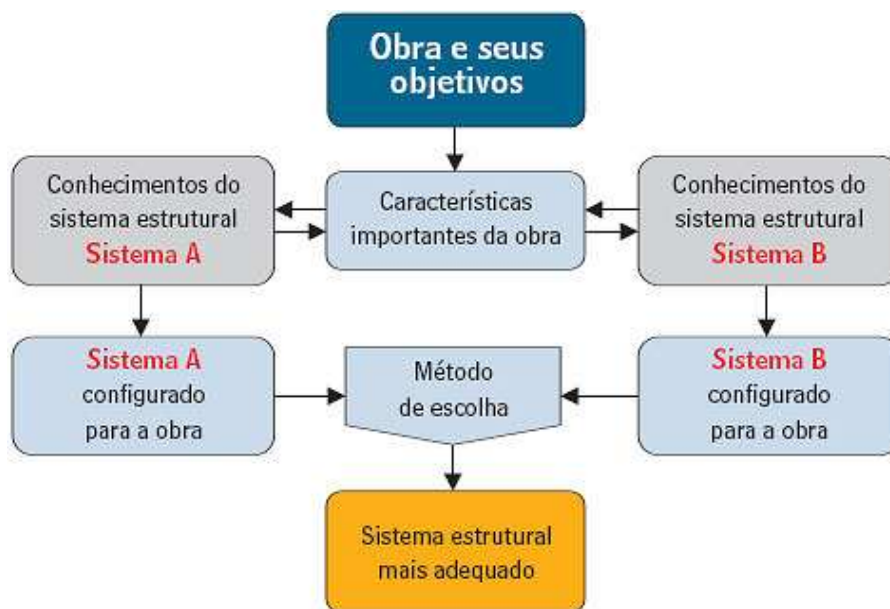


Figura 3.38 - Obra e seus objetivos  
[Fonte: Revista Técnica, edição 134 (Maio de 2008)]

### § Previsões de adaptações e ampliações

Identificar se uma obra necessitará ou não, em curto ou médio prazo, de adaptações, ampliações e até de desmontagem, pode ser importante para a definição de um sistema estrutural que acompanhe essas modificações com poucos transtornos e menores custos. Isso ocorre principalmente com as edificações industriais, onde são muito freqüentes as mudanças, tais como o aumento das cargas de projeto, retirada de elementos estruturais que passam a interferir com novos equipamentos, e ainda modificações mais drásticas, como a colocação de um novo nível de piso.

### § Compatibilidades com sistemas complementares

A maior precisão das estruturas de aço, com tolerâncias em milímetros, associada à característica de quase sempre conduzir para estruturas mais moduladas, tem viabilizado cada vez mais a indústria dos sistemas complementares que necessitam de padronização, como as lajes pré-fabricadas e as vedações internas e externas.

### § Manutenção e reparos

A vida útil das estruturas envolve uma análise abrangente de todas as etapas do processo construtivo, do uso e ocupação. Os engenheiros já pensam normalmente no ciclo

de vida das estruturas, e estão cada vez mais conscientes da necessidade de se fazer o monitoramento e a manutenção das estruturas. Sabe-se que cada sistema tem suas características e seus cuidados específicos. A durabilidade das estruturas depende basicamente do cuidado com os detalhes no projeto, do nível de exposição da estrutura e de sua proteção.

### **§ Vãos livres e altura da edificação**

A construção moderna exige que o sistema vença grandes vãos e grandes alturas ocupando o menor espaço estrutural e liberando áreas para a ocupação da edificação. As vigas de aço, quando trabalhando isoladamente ou como viga mista em conjunto com a própria laje, podem alcançar grandes vãos livres, sempre com as menores alturas finais.

### **§ Proteção contra a corrosão**

Todos os sistemas estruturais necessitam de proteção contra a corrosão para garantir um desempenho adequado durante a vida útil prevista para a obra. Essa proteção pode ser intrínseca do próprio material ou obtida por meio de revestimentos protetores, como a pintura. É aceito também que toda a proteção precisa de manutenção periódica que demanda eventuais interrupções para os usuários e envolve custos. Portanto, um cuidado especial deve ser dado na escolha dos materiais e seus respectivos sistemas de proteção. Deve-se analisar se uma proteção inicial maior pode representar uma escolha de menor custo em longo prazo, levando-se em conta os reflexos das interrupções e os custos dos reparos.

### **§ Proteção contra fogo**

Todas as estruturas devem ser analisadas quanto a sua resistência frente ao fogo em caso de um incêndio. As normas estabelecem para cada tipo de utilização o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF). Alguns elementos estruturais podem necessitar de revestimentos protetores para completar a resistência necessária. Esses revestimentos podem ser argamassas projetadas, tintas intumescentes ou, ainda, o aumento do seu recobrimento normal.

## § **Estética**

A estética de uma obra é sempre importante, mas para alguns tipos de edificações ela é fundamental, como nos edifícios-sede e alguns tipos de obras públicas. A estética das estruturas de aço inspira normalmente uma característica de modernidade nas obras e por isso mesmo existe uma tendência de expor a estrutura como parte principal da arquitetura. Mas é importante lembrar que estrutura exposta é estrutura com maiores custos de proteção e manutenção. Portanto, deve-se dosar o nível de exposição ao mínimo necessário para garantir uma estética compatível com o tipo de edificação.

## § **Desperdício de materiais e mão-de-obra**

Sabe-se que é muito grande o desperdício de materiais e de mão-de-obra na construção convencional artesanal que é escolhida muitas vezes devido à intenção de aproveitamento social da mão-de-obra. A solução para reduzir esse desperdício aponta para a racionalização da estrutura e o emprego de industrialização, conseguindo assim melhor aproveitamento dos materiais e serviços e reduzindo os índices de desperdícios. A construção em aço é industrializada por natureza, o que garante níveis mínimos de perdas. Entretanto, a chave para uma obra sem desperdícios é o planejamento, otimizando o emprego de cada material e suas interfaces.

## § **Custos financeiros**

Conhecer os custos financeiros de qualquer empreendimento pode ser a chave de uma escolha. Os ganhos financeiros com a antecipação do cronograma de um edifício comercial podem ser de mesma grandeza que o custo das próprias estruturas. O que importa é constatar que, independentemente da estrutura ter custos mais altos, ela pode estar viabilizando o melhor resultado financeiro para o empreendimento. Cada empreendimento tem, portanto, uma equação financeira a ser resolvida, e poderá conduzir para um sistema estrutural mais rápido como as estruturas de aço.

## § **Adequação ambiental**

A racionalidade no uso dos materiais e baixo nível de desperdícios são características que favorecem o aço quanto ao impacto no meio ambiente. Esgotada a vida útil da edificação, o aço pode ainda retornar sob forma de sucata aos fornos das usinas siderúrgicas para ser reprocessado.

## § **Qualidade e durabilidade**

Na comparação entre sistemas, não devemos levar em conta apenas os custos relativos, mas também a qualidade e a durabilidade de cada um. A durabilidade de uma estrutura depende do projeto, da execução e do controle dos mecanismos de deterioração que podem gerar patologias em médio e longo prazo.

## § **Desempenho**

Os sistemas estruturais podem ter diferentes desempenhos. As estruturas de aço, por exemplo, têm comportamento uniforme, mas podem apresentar maiores deformações e são sempre mais elásticas para responder às ações dinâmicas. Já as estruturas de concreto podem apresentar mudanças de comportamento ao longo do tempo e são mais rígidas. O importante é dimensionar corretamente cada sistema, dentro dos limites das normas e observando as características de cada um.

## § **Incômodos para áreas próximas**

A construção em aço pode reduzir dramaticamente o impacto das atividades da obra nas áreas vizinhas, principalmente nos locais próximos a áreas residenciais, hospitais e escolas. A construção em aço, além do menor prazo, produz muito menos ruídos e poeira, além de quase não gerar lixo e entulhos. A montagem pode ser programada para os horários mais favoráveis, minimizando as interferências nas vias.

Os elementos metálicos facilitam a reformulação de espaços internos com velocidade e padrão estético afinados à arquitetura. A reformulação dos espaços internos para adequar uma construção a um novo uso está se tornando cada vez mais comum. Essas intervenções devem contemplar soluções arquitetônicas simples e projetos bem detalhados, buscando a melhor conciliação entre layout interno e os elementos em aço, assim como é fundamental a compatibilização com os projetos de estrutura e de instalações.

Um exemplo de intervenção desse tipo ocorreu na obra de retrofit da Pinacoteca do Estado, em São Paulo, projeto elaborado pelo arquiteto Paulo Mendes da Rocha. O edifício recebeu passarelas metálicas e cobertura de vidro. "A estrutura metálica se impôs devido ao aspecto estético moderno que o material permite, além de facilitar todo o processo construtivo", diz o arquiteto que utilizou o mesmo recurso na reformulação da galeria de arte

instalada no edifício da Fiesp, na Avenida Paulista em São Paulo. "Neste caso, a estrutura metálica convive harmoniosamente com as estruturas existentes, sem interferir no aspecto geral do edifício e satisfazendo plenamente às novas necessidades do programa.", explica o arquiteto.

Dentro das características e aplicações dos perfis em estruturas metálicas<sup>17</sup> um requisito importante a ser definido no projeto é o tipo de perfil a ser utilizado: laminado, dobrado, soldado, ou eletrossoldado. A composição entre os diversos tipos de perfis amplia a gama de possibilidades da arquitetura, sendo que o mercado nacional já dispõe de um significativo número de perfis padronizados. Segundo Márcio Guimarães<sup>18</sup> a indústria brasileira consegue atender plenamente às necessidades que se apresentam no campo da engenharia. Na opinião do projetista Carlos Freire (op.cit.), a técnica mais empregada é a de peças soldadas em fábrica e depois aparafusadas no canteiro. "Para uma obra com solda em campo tem de se criar dispositivos especiais no detalhamento, com ligações parafusadas auxiliares para serem retiradas depois da solda", alerta. "Isso permite uma regulação para garantir prumo, alinhamento e nivelamento antes da solda", finaliza.

Para conceber a arquitetura como espaço construído a partir das características e propriedades dos componentes<sup>19</sup>, é necessário definir com clareza quais componentes estruturais serão utilizados e como eles deverão ser articulados, garantindo a estabilidade da forma e atendendo as necessidades funcionais. A escolha dos elementos construtivos e a sua combinação são fatores preponderantes para a racionalização da construção e a redução de prazos e custos. Nesse contexto, a interface entre a estrutura e vedações requer atenção especial, visando aumentar a velocidade da construção e prevenindo eventuais patologias.

---

<sup>17</sup> Dados fornecidos pela CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço). Disponível em:<<http://www.cbca-ibs.org.br>>. Acesso: 04/02/2008

<sup>18</sup> Márcio Guimarães - Diretor da Abcem (Associação Brasileira da Construção Metálica) Dados fornecidos pela revista Construção Mercado, edição 52, novembro de 2005.

<sup>19</sup> Dados fornecidos pela GERDAU AÇOMINAS - Palestra "Arquitetura e Construção em Aço"



Empregado em fachadas já há algum tempo, o aço apresenta resistência à corrosão e durabilidade menores do que o alumínio. "Apesar disso, é mais ecológico e barato", explica o arquiteto Jupira Corbucci, que faz uso de telhas trapezoidais e onduladas como fechamento vertical. "Utilizamos o aço como vedação para aproveitar as potencialidades do material", explica Corbucci, referindo-se à velocidade e leveza dos sistemas de construção seca. Para o arquiteto, na última década o mercado evoluiu em relação ao fornecimento de peças e acessórios para fixação das chapas. "Antes, com exceção das chapas, tínhamos que desenhar praticamente tudo", lembra.

### **3.8 A integração dos processos envolvidos nas construções em aço**

A estrutura metálica é sempre a resultante de um processo industrializado e de uma sucessão de etapas interdependentes e integradas da obra. As características deste processo típico que utiliza e sua importância não dependem apenas do tamanho da obra e da construtora ou fabricantes, mas também da sua finalidade, seu teor técnico, sua rapidez e economia, suas qualidades de segurança em relação aos efeitos externos e de utilização. A integração de dois grupos de processos: execução (fabricação) da estrutura e a montagem traduzem-se em uma obra com estruturas metálicas. Ambos os processos regidos pelas atividades básicas de maior importância, ou seja, a concepção e o desenvolvimento do projeto, que envolve por sua vez: o projeto arquitetônico, o estrutural e o econômico.

Na análise dos estudos de casos de Castro (2005), Bauermann (op. cit.) constatou que o ponto crítico do processo é a compatibilização dos projetos das diferentes especialidades, propondo que:

- § todos os sistemas construtivos industrializados sejam definidos antes do início dos projetos para execução;
- § o planejamento do processo seja feito logo após as definições dos sistemas construtivos e da tecnologia, e antes do desenvolvimento dos projetos para produção;
- § 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;

§ a compatibilização seja iniciada no planejamento do processo de projeto, e desenvolvida na elaboração dos projetos.

Os arquitetos Marcelo Barbosa e Jupira Corbucci, do escritório Barbosa & Corbucci, responsável por projetos como o edifício Rock Yard da BCP Telecomunicações e o Ginásio de Esportes do clube A Hebraica, ambos em São Paulo, e o Aeroporto de Vitória, concordam com a tese. "Não é uma linguagem fácil e é preciso conquistar intimidade com o material", afirma Barbosa. A posição dos projetistas e arquitetos que trabalham com construção metálica, no entanto, é unânime: o ideal é que o arquiteto e o projetista de estruturas trabalhem juntos. Segundo Corbucci, o tempo gasto no detalhamento chega a ser três vezes maior que em outros tipos de projeto, o que permite controlar o processo e cobrar da construtora os erros cometidos. "É preciso mostrar juntas, uniões, vedações, o tipo de parafuso e assim por diante".<sup>20</sup>



Figura 3.39 - Estrutura metálica do clube A Hebraica em São Paulo - detalhamento minucioso do projeto arquitetônico para que as interfaces ficassem bem-resolvidas. Projeto do escritório Barbosa & Corbucci. (Fonte: Revista Projeto Design, Edição 275, janeiro 2003)

---

<sup>20</sup> Dados fornecidos em entrevista pessoal com o arquiteto. (26/06/2008)

Outra sugestão dos especialistas é que o calculista e o arquiteto façam uma conferência de todos os detalhes do projeto de fabricação, elaborado pela empresa que irá fornecer os perfis para a obra, antes do início da produção. É necessário que a construtora conte com o projeto executivo completo, tanto detalhes de arquitetura e estrutura como de instalações elétrica, hidráulica e ar-condicionado.

### **3.9 Projeto arquitetônico**

O projeto de arquitetura é a concepção do projeto propriamente dito, com a definição de espaços, volumes e da estética e a adequação ao programa solicitado. Nesta fase são definidos os materiais, ventilação, iluminação, conforto térmico e os revestimentos, se a estrutura permanece aparente ou não, e naturalmente o custo da obra. Por isso é importante que a concepção do projeto seja em aço, com a otimização de vãos, pé direito e respeito às características do material. O diálogo com o projetista de estruturas da estrutura, durante a fase de anteprojeto auxilia para que seja encontrada a solução com melhor relação de custo/benefício, e a padronização das peças é uma premissa importante para baratear o processo.

Definindo-se o sistema estrutural, o tipo de aço, calculando-se os elementos de sustentação e as ligações, e fazendo os detalhes construtivos do projeto estrutural, o projeto arquitetônico fica completo. E este é realmente um momento crítico, pois uma decisão errada ou um mau projeto estrutural pode inviabilizar economicamente uma obra. Os critérios arquitetônicos são dados muito importantes para a concepção estrutural, seja na definição de características estética e funcionalidade, como também a segurança e exeqüibilidade da fabricação e montagem. Gerken (2003) enfatiza a premissa de que as estruturas metálicas são resultados de processos industrializados, onde a repetitividade, padronizações e simplificações operacionais são altamente desejáveis, sendo importante o diálogo aberto entre o arquiteto e o projetista estrutural.

Em relação ao projeto e suas conseqüências, a obra em estrutura de aço, como qualquer obra industrializada, deve ser toda pensada em profundidade, projetada, detalhada e fabricada fora do canteiro de obras. É preferível investir em bons projetos, que podem ser feitos e refeitos, examinando-se as várias opções até que se encontre a solução mais

adequada para o projeto, como forma de garantir a qualidade e o melhor custo/benefício. O custo em projeto será sempre muito menor que os custos posteriores provocados por opções erradas. Segundo Palatnik (op cit.), a soma de bons projetos não significa uma boa obra, e cada etapa do projeto deve ser tratada com igual importância como parte integrante de um projeto maior que é o conjunto da obra. Desta forma o sistema estrutural de aço mais adequado estará integrado à arquitetura desde a concepção do projeto. Tentar adaptar um projeto que não foi pensado para aço não será, normalmente, a melhor opção.

O arquiteto também deve decidir se a estrutura fica aparente ou revestida e isto leva a pensar nos prós e contras de cada opção. Há certo paradigma de que a estrutura de aço deve ficar sempre aparente, pois ela consegue se expressar muito bem e o uso estético torna a obra edificada muito interessante. Porém esta é uma opção mais cara, pois exige que a estrutura seja tratada com proteção contra a corrosão e contra incêndio e a tinta intumescente, pintura utilizada para a proteção ao fogo, ainda é cara. (PALATNIK, 2008) Colocadas estas questões, segue as fases da obra e para compreender a importância de pensar a estrutura desde a concepção do projeto, segue abaixo as principais fases de uma obra em estrutura metálica:

- § Projeto de arquitetura
- § Projeto estrutural
- § Detalhamento estrutural
- § Fabricação da estrutura
- § Limpeza e proteção contra corrosão
- § Montagem
- § Proteção contra fogo
- § Controle de qualidade
- § Manutenção
- § Transporte

Tudo deve ser decidido nos dois primeiros itens: Projeto Arquitetônico e Projeto Estrutural e os demais itens são sequencialmente decorrentes destes e qualquer decisão errada no início terá um grande impacto nas etapas subsequentes.

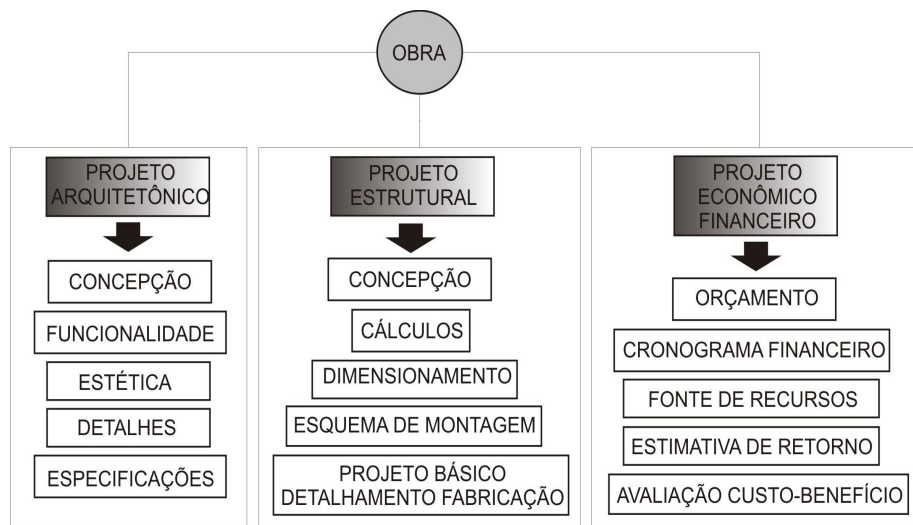


Figura 3.40 - Diagrama com etapas presentes no projeto arquitetônico, projeto estrutural e projeto econômico financeiro

Uma construção que utiliza a estrutura industrializada como a metálica, exige máxima qualidade no processo projetual para o pleno aproveitamento de suas potencialidades. Investigando-se o processo de projeto e o processo de projeto estrutural, espera-se que eventuais deficiências projetuais deste sistema construtivo sejam identificadas com mais clareza. Segundo Gerken<sup>21</sup> (2003), o arquiteto é o iniciador de um processo de mudança nas técnicas e na evolução dos meios de projetar e construir, assim, um bom projeto exige visão global dos sistemas construtivos, o que requer a integração de quatro conceitos básicos: a visão arquitetônica, o método construtivo, a solução estrutural e a industrialização.

Gerken afirma que a solução estrutural e industrialização vistas hoje como pontos decisivos são interdependentes, acarretando modificações nas tendências arquitetônicas e nos métodos de produção. O modelo integrado de projeto, representado no diagrama a seguir, busca ressaltar a importância do projeto no processo construtivo global, o papel determinante do arquiteto, a integração entre os diversos profissionais e a interdependência entre a concepção do projeto e os métodos e possibilidades de produção.

<sup>21</sup> Fernanda de Sousa Gerken é arquiteta e desenvolveu uma pesquisa intitulada “Projeto para estruturas em perfis tubulares”. Foi uma das arquitetas entrevistadas nesta pesquisa. Acesso: 04/03/2008  
Disponível em: < [http://www.metalica.com.br/pg\\_dinamica/bin/pg\\_dinamica.php?id\\_pag=1326](http://www.metalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=1326)>

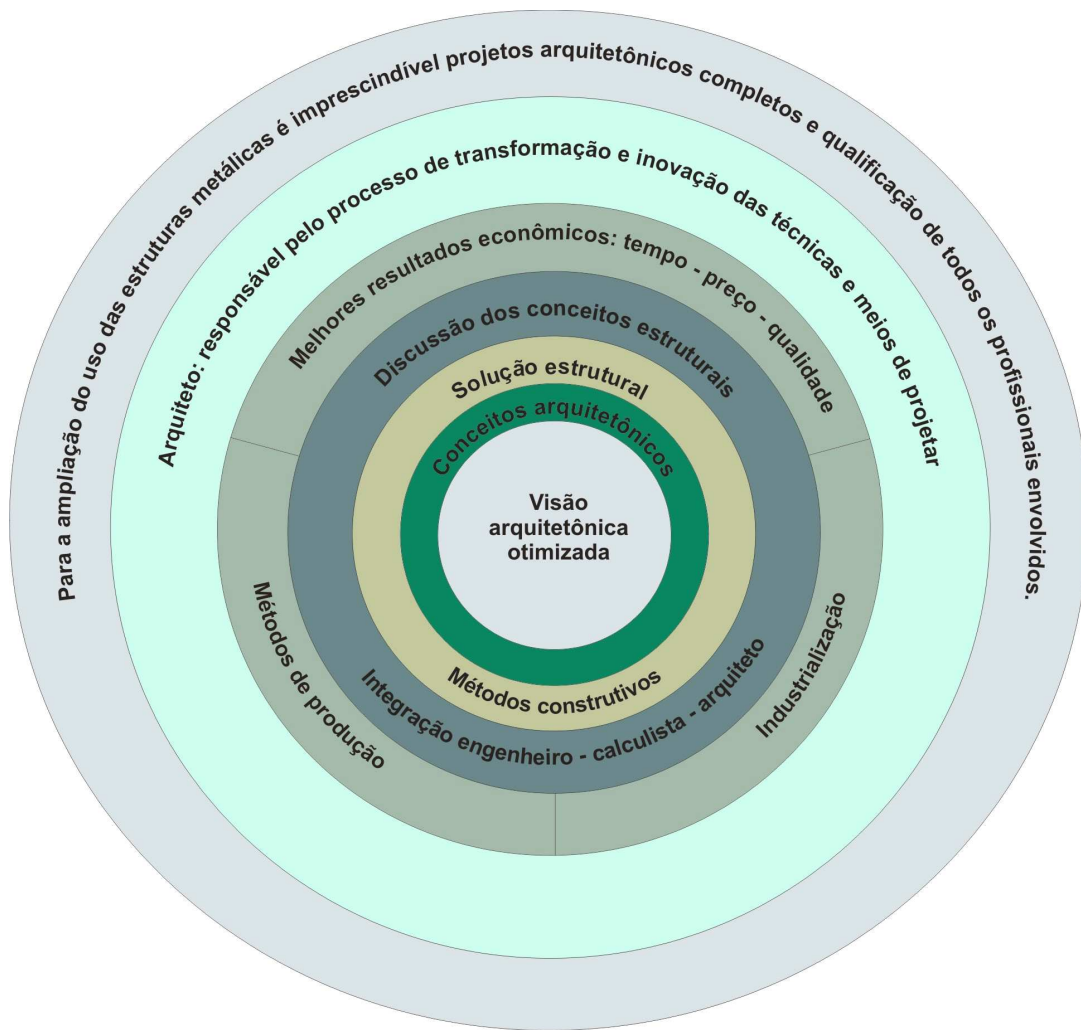


Figura 3.41 - Modelo integrado para projeto em estruturas metálicas

[Fonte: Adaptado de Gerken (2002)]

Todos os detalhes e definições devem ser previamente estudados, permitindo-se apenas ligeiras mudanças, caso se tornem realmente imperiosas. Com a mudança dos conceitos arquitetônicos, as obras projetadas não são mais produtos artesanais onde cada detalhe é único e o projeto arquitetônico não pode mais ser desenvolvido de forma isolada, para então se iniciar o desenvolvimento dos projetos complementares. Juntamente com o projeto arquitetônico, deve-se pensar na solução estrutural, nos métodos construtivos e no processo de industrialização dos elementos. Estes fatores, em conjunto, vão gerar melhores resultados em termos de preço, tempo e qualidade.

Com relação à questão estrutural, Gerken aborda três pontos importantes: os conceitos arquitetônico-estruturais devem ser minuciosamente discutidos, o arquiteto não

deve mais trabalhar sozinho, como acontece freqüentemente nos processos de projeto convencionais e é fundamental que haja uma forte interação entre os profissionais envolvidos, tanto no projeto quanto na fabricação, de modo a proporcionar o maior nível de afinidade entre todas as fases de concepção e construção de uma edificação. O arquiteto deve trabalhar em total integração com o engenheiro, com o projetista e com os profissionais envolvidos.

Em sua pesquisa, Gerken evidencia que inicialmente pode parecer um processo complicado, mas essa é, porém, uma exigência da complexidade tecnológica atual: trata-se de resolver desafios que se manifestam nas interfaces de áreas de conhecimento diferentes, o que exige trabalho conjunto e interação dos profissionais. Ampliar a utilização de estruturas industrializadas de maneira sistemática depende hoje de projetos arquitetônicos especializados e, portanto, de melhor qualificação dos profissionais atuantes no mercado. Por essa razão, a qualificação dos profissionais gera melhoria na qualidade dos projetos, e a qualidade dos projetos acarreta avanços na utilização de estruturas metálicas.

Com a industrialização da construção, empreendimentos que utilizam estrutura metálica podem apresentar problemas relacionados com interferências entre projetos, exigindo que componentes estruturais tenham que ser refabricados e geram improvisações nas demais especialidades aumentando o custo final da obra e o tempo para execução da mesma. As causas deste tipo de problema também podem estar associadas ao processo de projeto, envolvendo mudança nos requisitos de projeto já com a obra em andamento e comunicação insuficiente entre projetistas, falta de coordenadores de projeto ou coordenação ineficiente e desenvolvimento dos projetos de forma seqüencial sem compatibilização entre as diversas especialidades. Teixeira observa que as interferências são comuns, por exemplo, entre o projeto estrutural metálico e os projetos de instalações elétricas e hidráulicas.

## **Parâmetros e premissas no uso do aço segundo Teixeira:**

- § Planejar todas as etapas do processo;
- § Detalhar todos os projetos e especificar os materiais a serem empregados;
- § Fazer um orçamento detalhado e as respectivas modificações para atingir o valor planejado;
- § Criar uma logística de compra e fornecimento dos materiais e mão-de-obra;
- § Elaborar o planejamento financeiro;
- § Planejar a entrega do produto, assim como suas garantias.

As estruturas de aço também devem ser projetadas, fabricadas e montadas conforme as normas brasileiras ou internacionais. A seguir segue as normas mais utilizadas:

### **Normas Nacionais**

**NBR 8800** - Projeto e Execução de Estruturas de Aço em Edifícios

**NBR 14323** - Dimensionamento de Estruturas de Aço em Situação de Incêndio - Procedimento

**NBR 14432** - Exigências de Resistência ao Fogo de Elementos Construtivos - Procedimento

**NBR 14762** - Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio

**NBR 5884** - Perfil I Estrutural de Aço Soldado por Arco Elétrico

**NBR 6120** - Cargas para Cálculo de Estruturas de Edificações - Procedimento

**NBR 6123** - Forças Devidas ao Vento em Edificações - Procedimento

**NBR 5419** - Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas

**NBR 8681** - Ações e Segurança nas Estruturas - Procedimento

**NBR 6657** - Perfis de Estruturas de Aço

**NBR 6355** - Perfis Estruturais de Aço Formados a Frio - Padronização

**NBR 6008/6009** - Perfis I e H de Abas Paralelas de Aço Laminados a Quente - Padronização

**IT - CB 08/01** - Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo - Segurança estrutural nas edificações - Resistência ao fogo dos elementos de construção.

### **Normas Internacionais**

**AISC** - American Institute of Steel Construction

**AWS** - American Welding Society

**SSPC** - Steel Structural Painting Council



### 3.10 Projeto Estrutural

Os conceitos arquitetônicos estão aliados à concepção estrutural, ou seja, à escolha dos sistemas estruturais como arcos, vigas retas, pórticos, treliças ou vigas de alma cheia, entre outros. A definição dos tipos de materiais, tais como perfis laminados ou chapas dobradas, tubos ou vigamentos de chapas dobradas, sistemas de ligação nas composições de fábrica ou nas de montagem, deverá se adequar ao tipo de obra, às facilidades operacionais dos fabricantes e à otimização dos equipamentos de montagem.

Os cálculos estruturais com as considerações de cargas e esforços externos, onde o conhecimento das Normas e Especificações sejam elas relativas aos critérios de estabilidade ou de escolha da qualidade do aço a ser adotado, além das referentes à fabricação e montagem, não podem ser negligenciadas. Nessa etapa como em muitas outras, o conhecimento teórico de estabilidade deverá ser sempre somada à experiência prática relativa aos processos de fabricação e montagem.

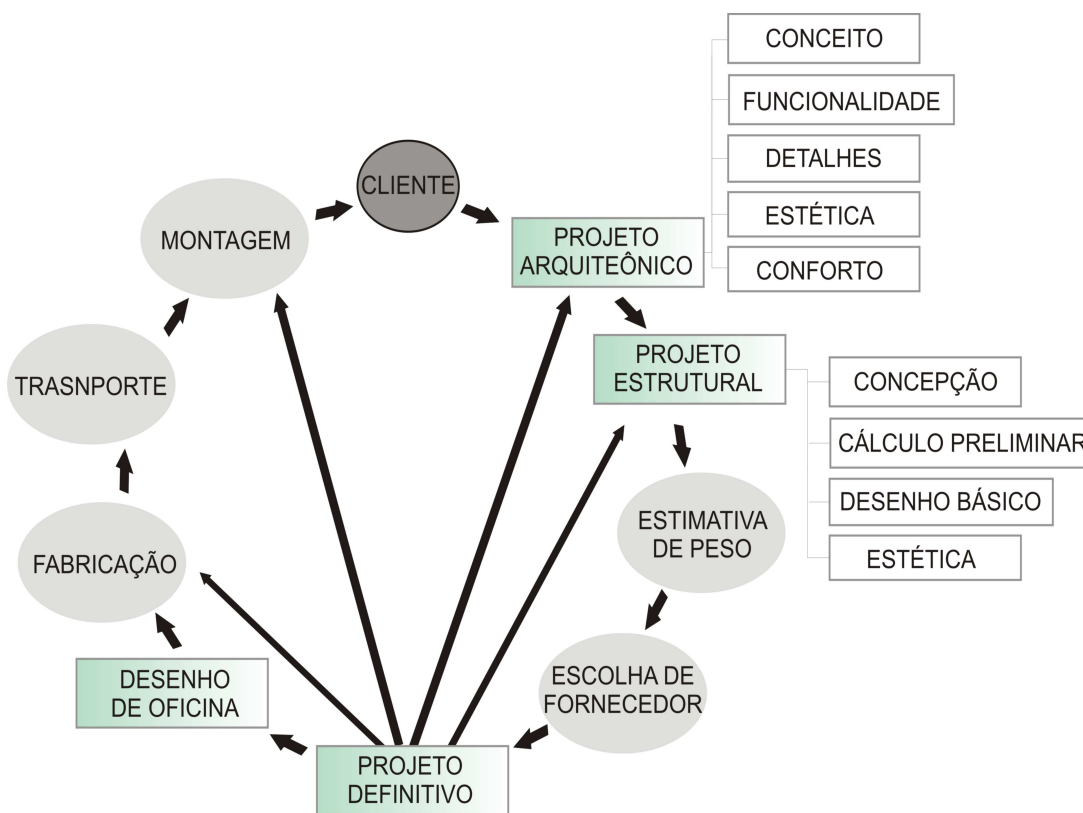


Figura 3.42 - Processos envolvidos nas construções com estruturas de aço

Os desenhos básicos que definem a estrutura, suas dimensões principais, composição de materiais, sistemas de ligações, sistemas de complementações: característica de apoio, vedações, coberturas, escoamentos de água, entre outros, deverão ser cuidadosamente elaborados, pois são eles que darão informações para o real orçamento da estrutura e informarão as fases dos desenhos de detalhamento para a fabricação. Na fase do projeto definitivo, os detalhes típicos deverão ficar claramente definidos, e devidamente adequados aos processos construtivos de fábrica e às condições de montagem. Não se poderá negligenciar o inter-relacionamento do projeto de estruturas metálicas, com os projetos das fundações, ou de outras estruturas de apoio como blocos, colunas de concreto ou muros de alvenaria.

Independentemente do tamanho da obra, deverão sempre existir os desenhos de detalhe de fabricação, a fim de se evitar improvisações e indefinições na fase executiva. Estes desenhos cotados obrigatoriamente em milímetros, deverão indicar diâmetros e quantidades dos parafusos, extensão e dimensões de cordões de solda e todas as demais informações necessárias aos cortes, furações, soldas e composição de conjuntos na oficina. Os desenhos devem ser numerados por listas de materiais para indicar o peso individual de cada peça, sua dimensão principal, a quantidade e o peso total, por perfil e por tipo de conjunto. O peso estrutural costuma ser o elemento mais visado pelos usuários para uma definição de preços. Tem sempre sua origem nos citados desenhos de projeto gráfico. No entanto, é preciso cuidado quando se procura apenas a diminuição do peso, pois o custo da mão-de-obra de fabricação e montagem poderá superar as vantagens da redução de peso.

Com estruturas metálicas não se constrói a obra, apenas se monta o que foi previamente projetado, desenhado e fabricado. Contudo, a fabricação é o elo mais importante desta cadeia de processos interdependentes, pois essa fase caracteriza o fato das estruturas metálicas serem resultado de um sistema industrializado de construção. Ao contrário dos sistemas convencionais de construção, caracteriza-se pelo fato de serem executadas em uma oficina ou numa fábrica, ou seja, num edifício fechado e controles de produção mais eficazes do que os sistemas construtivos executados no próprio canteiro de obras sob os efeitos climáticos diversos.

### 3.11 Detalhamento do projeto

Projeto detalhado é o fator mais importante para a redução de custos e prevenção de patologias. Ao contrário da construção com concreto e alvenaria, o sistema de aço não foi aproveitado em todas as suas possibilidades, mantendo um caráter tecnológico tradicional. Mas o cenário tende a mudar, pois a indústria se capacitou para a produção de insumos para a construção com aço, tais como tintas, parafusos, conectores, acabamentos e complementos, diversos tipos de lajes e painéis de fechamento e material de proteção térmica. Os números apontam que o volume de vendas de aço para estruturas de concreto praticamente se manteve nos últimos cinco anos, enquanto as vendas para as estruturas de aço cresceram 52% no mesmo período, de acordo com o IBS (Instituto Brasileiro de Siderurgia).

Para assegurar não só um melhor desempenho como também a redução de custos, o projeto de estrutura metálica exige um detalhamento muito maior do que os sistemas convencionais. A funcionalidade do sistema é evidenciada quando as soluções são definidas desde a concepção do projeto e do planejamento. Além do maior aproveitamento técnico, a objetividade no planejamento e no detalhamento dos projetos pode apresentar outra vantagem para o setor do aço: reduzir a comparação de preços entre a estrutura metálica e a de concreto. "A construtora não procura alternativas técnicas se receber um projeto detalhado, com informações precisas e corretas", afirma Edison Côrrea, gerente de suprimentos da Serpal Engenharia. "É necessário fazer um projeto rico em informações", explica. Na opinião de Catia Mac Cord Simões (op.cit.) a opção por qualquer tipo de estrutura deve se basear nas características de cada sistema construtivo e o tipo da obra em análise. "É importante avaliar todos os fatores limitantes e condicionantes das alternativas em condições comparáveis, levando em conta aspectos como qualidade e desempenho, bem como a influência das estruturas nos demais serviços", explica.

O projeto detalhado também facilita a resolução de problemas comuns ligados à corrosão. A correta escolha e posicionamento dos elementos estruturais impedem o acúmulo de poeira e umidade, além de possibilitar a especificação adequada do sistema de proteção do aço, de acordo com a agressividade do meio. De forma geral, o ambiente marinho e industrial severos são os maiores agressores do aço. A prevenção contra processos corrosivos acontece por meio da utilização de tecnologias de tratamento de superfície e pintura, sendo que a limpeza superficial é a etapa mais importante do processo.

O mercado disponibiliza uma série de tintas para proteção contra corrosão, bem como produtos para proteção de estruturas contra incêndios. (IBS - Instituto Brasileiro de Siderurgia).

Outra peculiaridade da construção metálica é exigir maior acompanhamento e comprometimento do arquiteto. Detalhes de ligações devem ser pensados com bastante cuidado, bem como interfaces com vedações. "Para haver harmonia, o arquiteto precisa saber se a viga será parafusada ou soldada, como vai ser apoiada, como será a união com outros elementos e outros detalhes", exemplifica Yopanan (op.cit.). Tornar a estrutura rígida é uma das principais preocupações dos projetistas de estrutura, mesmo em obras de pequeno porte. Isso pode ser feito com os contraventamentos, que podem se tornar uma forte condicionante do projeto arquitetônico. O contraventamento é uma solução estrutural que permite às edificações resistirem a esforços laterais como ventos, por exemplo. Em edificações altas ou construídas com elementos estruturais esbeltos em estruturas metálicas os efeitos de vento ou de outras cargas horizontais eventuais tornam-se consideráveis e devem ser resistidas pelo contraventamento. Este pode ser feito em barras ou cabos de aço que interligam os nós do reticulado de pilares e vigas. Quando sob efeito de vento, o edifício tende a deslocar lateralmente e os contraventamentos em X, colocados principalmente na periferia do edifício não permitem que os nós da estrutura se desloquem.



Figura 3.43 - Centro cultural Itaú - São Paulo (1992)  
[Fonte: CBCA (2008)]

Outro ponto que merece atenção são as interfaces da estrutura de aço com outros subsistemas, tais como os de vedação - alvenaria, painéis pré-fabricados e chapas de gesso acartonado. É preciso pensar na estanqueidade e estudar as ligações para evitar infiltração de água. A solução para cada caso depende da análise das tensões existentes nos encontros com alvenarias, painéis e revestimentos. Contraventamentos exigidos para travamento de edifícios com estrutura metálica podem se tornar condicionantes criativas da arquitetura, como no Itaú Cultural, em São Paulo. (Fig. 3.49)

### 3.12 Transporte e montagem das estruturas metálicas

A transferência das estruturas fabricadas do local de produção até o canteiro de obra deverá ser feita por meios convenientes, como caminhões, carretas ou mesmo vagões ferroviários, infelizmente quase inexistentes hoje em dia no Brasil, levando-se em conta as dimensões econômicas previstas desde a concepção do projeto, os cuidados com a não deformação de peças esbeltas, a proteção da pintura e os meios de cargas e descargas. É possível definir o transporte adequado e cada tipo possui suas vantagens e desvantagens como mostra a tabela:

| TRANSPORTE         | VANTAGENS                                                                      | DESvantagens                                                                              |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Rodoviário</b>  | Pouco manuseio de carga<br>Prejuízo praticamente nulo<br>Rapidez no transporte | Oscilações da oferta de veículos<br>Limitações em peso e dimensões                        |
| <b>Ferroviário</b> | Grande capacidade de carga<br>Frete vantajoso                                  | Viagens mais demoradas<br>Percurso limitado<br>Capacidade dos trens                       |
| <b>Marítimo</b>    | Frete vantajoso<br>Grande capacidade de carga                                  | Muito manuseio da carga<br>Grandes prejuízos                                              |
| <b>Aéreo</b>       | Maior rapidez<br>Regularidade de transporte                                    | Frete elevado<br>Pequeno número de aviões para transporte<br>Capacidade de carga limitada |

Quadro 3.3 - Vantagens e desvantagens de cada meio de transporte  
(Fonte: Adaptado de Manual Brasileiro para Cálculo de Estruturas Metálicas - Vol.1)

Quando um processo integrado se desenvolve dentro dos princípios corretos, a montagem passa a ser a fase mais simples. Porém, se a estrutura a ser montada apresenta falta de qualidade pela não conformidade com os preceitos recomendados, a montagem poderá ser um grande problema do sistema, onde contratante e contratado se ressentem das negligências no decorrer do processo e das falsas economias obtidas. A fase de montagem demanda equipamentos adequados: ferramentas corretas, mão de obra treinada e sistemas corretos de proteção contra acidentes. E por sua vez, deve estar em consonância com os complementos da obra, especialmente com aqueles com os quais tem dependências e interfaces. Como as lajes e sistema de pisos, as coberturas com os diversos sistemas de telhas, as paredes de alvenarias ou pré-fabricados (painéis internos e externos) e os diversos sistemas de forros. Estes aspectos devem ser previstos desde a fase de concepção e projeto, citado no início da cadeia seqüencial de processos.

Na montagem ocorre a união das peças da estrutura de aço no canteiro de obras. Como cada peça é fabricada especificamente para uma determinada posição, é importante que a estratégia de montagem seja definida durante o detalhamento do projeto estrutural para que a fabricação, transporte e montagem sejam uma seqüência natural deste processo. Palatnik (op.cit.) explica que dependendo do tamanho da peça, ela pode ser subdividida na fabricação para que possa ser transportada. Elas deverão ser remontadas no canteiro e só então içadas para sua posição definitiva. A equipe básica de montagem de estruturas de aço deve ter:

| CARGO                           | FUNÇÃO                                                |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>Engenheiro</b>               | Gerência do canteiro de obras                         |
| <b>Administrativo</b>           | Compras, contratação de pessoal, despesas de canteiro |
| <b>Ferramenteiro/Almoxarife</b> | Guarda de equipamentos e materiais consumíveis        |
| <b>Topógrafo</b>                | Verificação dimensional da obra - prumos, níveis      |
| <b>Encarregado/Mestre</b>       | Liderança da mão-de-obra direta                       |
| <b>Montador</b>                 | Montagem das peças da estrutura                       |
| <b>Soldador</b>                 | Soldagem das juntas soldadas no canteiro              |
| <b>Maçariqueiro</b>             | Execução de cortes com maçarico                       |
| <b>Pintor</b>                   | Retoques e pintura das estruturas                     |
| <b>Ajudante</b>                 | Serviços auxiliares                                   |

Quadro 3.4 - Principais características de uma equipe de montagem de estrutura de aço  
[Fonte: Adaptado de Bellei, et al. (2004)]

Os principais equipamentos de montagem de estruturas metálicas são os equipamentos de transporte horizontal e os de içamento vertical, e os equipamentos de transporte horizontal fazem o descarregamento e transporte interno no canteiro de obras:

- Caminhão com carroceria de madeira - peças até 7 m;
- Caminhão com braço hidráulico (munck);
- Cavalo mecânico e carreta - peças até 13 m e 27 T;
- Cavalo mecânico e plataforma - para peças mais longas



Figura 3.44 - Braço hidráulico de caminhão (munck) [Fonte: CBCA (2008)]



Figura 3.45 - Grua de Torre [Fonte: CBCA (2008)]

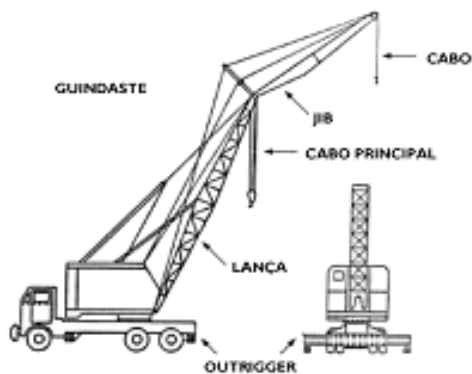


Figura 3.46 - Cavalo mecânico e carreta [Fonte: CBCA (2008)]

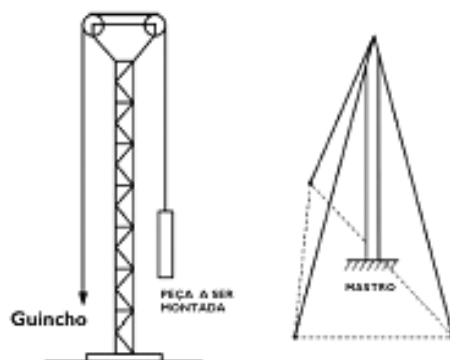


Figura 3.47 - Mastro de montagem [Fonte: CBCA (2008)]

Graças à versatilidade das características de montagem da estrutura de aço, podem ser seguidos diferentes esquemas de montagem, conforme o tipo de terreno e características do projeto. Por exemplo, pode-se iniciar a montagem do fundo do terreno para frente, ou do meio para as pontas. Além disso, a coordenação da execução das peças deve estar de acordo com o cronograma e seqüência de montagem para que as peças possam ser enviadas na seqüência de montagem e estarem à disposição na hora certa.

É importante levar em consideração as características do terreno e as dificuldades que possam surgir em função de sua localização como restrição de transporte pesado, o que irá limitar o peso das peças, ou ainda restrição de giro da grua. As restrições devem ser analisadas com cuidado para que não afetem o cronograma de montagem, evitando atrasos e prejuízos. O planejamento adequado é imprescindível para o sucesso do trabalho com estruturas de aço. Assim pode-se atender aos prazos estabelecidos, reduzir desperdícios e retrabalhos e realmente usufruir as vantagens oferecidas pelas estruturas de aço.

| Tipo                                                                                                                                                                                     | Altura  | Comprimento | Largura | Equipamento mais recomendado              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|---------|-------------------------------------------|
| Edifício pequeno                                                                                                                                                                         | < 15 m  | < 50 m      | < 25 m  | Pequena grua fixa                         |
| Edifício longo e baixo                                                                                                                                                                   | =< 15 m | > 60 m      | =< 25 m | Grua sobre trilhos ou guindaste móvel     |
| Edifício baixo com grande área em planta                                                                                                                                                 | < 20 m  | > 50 m      | > 50 m  | Guindaste móvel transportado por caminhão |
| Edifício alto com pequena área de projeção                                                                                                                                               | > 40 m  | < 50 m      | < 25 m  | Grua fixa *                               |
| * Uma desvantagem na utilização de gruas seria a existência de peças excepcionalmente pesadas, acima de 3t. Para viabilizar a grua, estas peças devem ser subdivididas em peças menores. |         |             |         |                                           |

Quadro 3.5 - Tipos de edificações e seus equipamentos  
[Fonte: Bellei (2004)]



### 3.13 Exemplos de arquitetura com estruturas metálicas no Brasil

Exemplificando a arquitetura com estruturas metálicas no Brasil, o Aeroporto Internacional Augusto Severo, em Natal (RN), é o primeiro do país executado quase inteiramente em aço. Segundo o autor do projeto, o arquiteto Sérgio Roberto Parada, o aço foi uma solução lógica e natural, pois além de permitir grande plasticidade, o material responde satisfatoriamente às exigências da Infraero, como rapidez e adaptação do projeto às fundações já existentes que delimitavam vãos estruturais de 12 m.



Figura 3.48 - Aeroporto Internacional Augusto Severo - Natal (RN) - 2000  
[Fonte: Arquivo pessoal (2009)]

Um projeto que se destacou pela união de tecnologia e sustentabilidade é o projeto do novo Centro de Pesquisas e Tecnologia da Mahle Metal Leve, projetado pelos arquitetos Roberto Loeb e Luis Capote. O edifício foi concebido de forma a respeitar as características do terreno de topografia irregular e adotar novas tecnologias construtivas. Localizado em uma reserva florestal da Mata Atlântica, na Serra do Japi, em Jundiaí (SP), o resultado é um edifício industrial que em nada lembra os espaços convencionais das antigas construções fabris. Por se tratar de uma área de preservação ambiental, o objetivo foi adaptar o edifício ao solo íngreme. A tecnologia do aço garantiu rapidez e praticidade para os brises que contornam a fachada e a marquise que protege a área de embarque e desembarque no primeiro pavimento.



Figura 3.49 - Centro de Pesquisas e Tecnologia da Mahle Metal Leve - Jundiaí (SP) - 2008  
(Fonte: <<http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura889.asp>>)

Outra obra em destaque no Brasil é a Ponte Octavio Frias de Oliveira construída no Morumbi em São Paulo. A estrutura também é conhecida como “Ponte Estaiada”, por ser formada de 144 cabos de aço que sustentam as peças da obra.



Figura 3.50 - Ponte Octavio Frias de Oliveira (Ponte Estaiada) - São Paulo (SP) - 2008  
(Fonte: <[http://farm4.static.flickr.com/3226/2457913237\\_6997f5630f.jpg?v=0](http://farm4.static.flickr.com/3226/2457913237_6997f5630f.jpg?v=0)>)

Pela seqüência das diversas fases do processo construtivo, tipicamente de um sistema industrializado, depreende-se que a obra bem sucedida se inicia na concepção arquitetônica e estrutural, no dimensionamento, no detalhamento e, que desde essas fases iniciais, o projeto já levará em conta as características globais da obra, sua localização, finalidade, funcionalidade, enfim:

“Uma boa obra com estruturas metálicas deverá partir de um projeto concebido, sabendo-se ou prevendo-se o que acontecerá durante seu desenvolvimento e como será a obra quando for realizada”. (ANDRADE <sup>22</sup>, 2004).

---

<sup>22</sup> Palestra apresentada pelo engenheiro Paulo A. Andrade, representando a ABCEM no IAB (Instituto dos Arquitetos do Brasil)

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

---

Esta pesquisa teve como objetivo auxiliar no conhecimento do processo de projeto arquitetônico com aço, e a escolha de se estudar o processo de projeto dos arquitetos e suas respectivas obras foram definidos em razão da pequena quantidade de pesquisas sobre o tema. Contudo, com o propósito de aprimorar o conhecimento da metodologia empregada por arquitetos e engenheiros em suas obras, o foco principal desta pesquisa foi o levantamento de dados e condicionantes de projeto através dos procedimentos metodológicos que estão detalhados neste capítulo.

O processo de projeto de arquitetos e engenheiros de destaque no uso do aço na Região Sudeste que aceitaram fazer parte desta dissertação, consistiu no objeto de estudo desta pesquisa. Para as entrevistas, a seleção prévia dos arquitetos levou em consideração aspectos como escolha de arquitetos de diferentes gerações para abranger momentos característicos da formação em datas distintas e analisar possíveis diferenças na metodologia de projeto dos mesmos. Além disso, como critério de seleção também foram entrevistados consultores das principais empresas de aço do Brasil e foi feita uma análise de dados obtidos por meio de um curso que envolve o uso do aço.

A pesquisa demandou um levantamento prévio do cenário da arquitetura em aço e para a elaboração da coleta de dados foi proposto o levantamento de 07 profissionais analisados paralelamente, sendo estes, arquitetos e engenheiros que abordam com sucesso a estrutura metálica no processo de projeto arquitetônico. Esse procedimento permitiu um entendimento da integração entre arquitetura e estruturas metálicas na concepção do projeto e partido arquitetônico realizada pelos arquitetos e engenheiros consultados, citados no quadro 4.1:

| UNIDADES - CASO                 |                      |
|---------------------------------|----------------------|
| ENTREVISTADOS                   | REGIÃO SUDESTE       |
| Arquiteta Fernanda Gerken       | Belo Horizonte - MG  |
| Engenheiro Flavio Gaiga         | Poços de Caldas - MG |
| Arquiteto Jupira Corbucci       | São Paulo - SP       |
| Arquiteto Mario Biselli         | São Paulo - SP       |
| Arquiteta Maristela Bauermann   | São Paulo - SP       |
| Arquiteto Paulo Mendes da Rocha | São Paulo - SP       |
| Arquiteto Siegbert Zanettini    | São Paulo - SP       |

Quadro 4.1 - Unidades caso da pesquisa

## **4.1 Apresentação dos entrevistados**

A pesquisa contemplou arquitetos e engenheiros de diferentes épocas, formação e campo de atuação, o que possibilitou uma ampla visão do processo de projeto sob posturas que se assemelham e divergem em alguns aspectos apresentados no capítulo 5. Segue abaixo uma breve apresentação dos entrevistados:

### **§ Fernanda Gerken**

Arquiteta formada pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, especialista em Arquitetura de Estruturas Metálicas. Mestrado em Construção Metálica - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

### **§ Flavio Gaiga**

Engenheiro Civil formado pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais em 2001. Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas em 2008. Atualmente é engenheiro e projetista de estruturas na empresa SoluTEC - Engenharia de Estruturas em Poços de Caldas - MG. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Estruturas Metálicas e mistas de Aço e Concreto. A escolha do engenheiro para a entrevista recaiu em virtude de sua ligação com o processo produtivo das estruturas metálicas.

### **§ Jupira Corbucci**

Arquiteto formado em 1983 pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas e sócio do Escritório Marcelo Barbosa e Jupira Corbucci em São Paulo.

### **§ Mario Biselli**

Arquiteto formado na Universidade Mackenzie em 1985. É professor desde 1992 no departamento de Projeto da Faculdade de Belas Artes, e desde 1999 é professor no departamento de Projeto da Universidade Mackenzie.

### **§ Maristela Bauermann**

Arquiteta formada pela Universidade Federal do Paraná em 1998, especialização em Construção Metálica pela Universidade Federal de Ouro Preto em 1999, mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto (2002).

## § **Paulo Mendes da Rocha**

Arquiteto pertencente à geração dos arquitetos modernistas. Formado na Universidade Mackenzie em 1954, lecionou na FAU - USP. Recebeu uma série de prêmios internacionais pela sua obra, entre eles destacam-se o prêmio Mies van der Rohe e o prêmio Pritzker.

## § **Siegbert Zanettini**

Arquiteto formado na Universidade de São Paulo. Professor titular pela FAU-USP e titular da Zanettini Arquitetura Planejamento Consultoria Ltda. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo com ênfase em Projeto de Arquitetura e Urbanismo e premiações de destaque na área, sendo pioneiro no uso do aço no Brasil.

Na metodologia da pesquisa, a coleta de dados foi relacionada com o problema e a hipótese a fim de obter elementos para que os objetivos propostos no trabalho fossem alcançados. Foi realizada uma pesquisa de campo onde os instrumentos da coleta de dados foram: observação, questionários e entrevistas. Para tanto, na definição dos instrumentos de coleta de dados destacaram-se os seguintes propósitos:

- § análise da produção de arquitetos que são parte importante do cenário brasileiro com projetos em aço;
- § entendimento do papel do arquiteto no processo de projeto com estruturas metálicas;
- § identificação de métodos para o processo de projeto com aço.

Os três primeiros propósitos foram alcançados através de entrevista pessoal com cada um dos arquitetos selecionados, realizada através de um questionário semi-estruturado. O roteiro de questionário para as entrevistas foi estruturado em 06 sub-temas de acordo com os diferentes aspectos investigados dentro do processo de projeto de cada arquiteto; este roteiro é apresentado no Apêndice A. As entrevistas com os arquitetos e engenheiros foi uma etapa fundamental na avaliação do processo de projeto buscada por essa dissertação. Para tanto, as questões e a análise que nortearam as entrevistas foram divididas em cinco partes:

1. Concepção do projeto e justificativas ao uso do aço;
2. Parâmetros e premissas no uso do aço;
3. Uso do aço no Brasil e formação do arquiteto;
4. Racionalização da construção;
5. Importância dos critérios arquitetônicos para a concepção estrutural.

A entrevista abriu espaço para o entrevistado expor os aspectos que considera importantes no processo de projeto com aço, seus objetivos no desenvolvimento do partido arquitetônico e as justificativas do seu uso. Assim, a partir do relato de experiências e obras foi possível compreender a postura acerca do processo de projeto, e o cruzamento dos dados fornecidos pelos entrevistados permitiu uma ampla visão da metodologia no processo de projeto utilizada para viabilizar a construção metálica.

Na metodologia do presente trabalho não houve um acompanhamento direto do desenvolvimento do processo de projeto dos entrevistados. Foi realizada uma análise indireta do resultado do processo de projeto de cada profissional a partir de questionários e entrevistas, que foram gravadas e foi feita a transcrição das idéias e opiniões obtidas, possibilitando o desenvolvimento de correlações e análises dos diversos aspectos do processo de projeto de cada entrevistado.

A partir da avaliação e análise dos dados, houve uma interpretação dos mesmos a fim de subsidiar a elaboração de possíveis diretrizes de projeto com aço. Após a coleta, os dados das entrevistas foram organizados e analisados observando-se similaridades e diferenças entre o processo de projeto dos arquitetos. A partir de uma análise comparativa, a avaliação dos dados das entrevistas objetivou entender o papel do arquiteto no processo de projeto com estruturas metálicas para identificar uma metodologia comum ou não entre eles. Os dados levantados também foram comparados com os conceitos descritos na revisão bibliográfica, de modo a viabilizar a elaboração de diretrizes de processo de projeto. Com isso, foi possível atingir o objetivo principal desta pesquisa que é o de elencar premissas que garantam a correta utilização das estruturas metálicas desde a fase de concepção do projeto arquitetônico.



## **4.2 Apresentação das entrevistas**

Os resultados foram satisfatórios com os arquitetos e engenheiros entrevistados e com base nos dados resultantes das entrevistas e questionários, foi evidente a frequência de problemas provenientes de deficiências no processo de projeto. Segundo os profissionais que responderam ao questionário, estes problemas poderiam ser facilmente resolvidos se os projetos fossem mais detalhados e, principalmente, se houvesse uma maior simultaneidade no desenvolvimento de todos os projetos.

Na análise dos projetos apresentados e discutidos pelos arquitetos, foram evidenciados conceitos e opiniões semelhantes dentro da concepção do projeto. Como exemplo, destaca-se que muitas obras em estrutura metálica são projetadas na sistemática de obras em concreto, mas as linguagens dos sistemas construtivos possuem diferenças que, quando não respeitadas geram erros, desperdícios e retrabalhos. Ao longo das entrevistas foi possível identificar outra opinião comum a todos os entrevistados: as deficiências de projeto são responsáveis por grande parte das patologias das edificações estruturadas em aço. E evidencia-se a importância da integração dos profissionais desde o início do processo de projeto, uma vez que os sistemas industrializados não aceitam improvisos, e todas as decisões devem ser tomadas no início do desenvolvimento dos projetos.

Os arquitetos e engenheiros entrevistados abordaram dados relevantes para o desenvolvimento do processo de projeto do ponto de vista sistêmico da construção metálica e as diversas etapas de fabricação, transporte e montagem, bem como dos serviços associados. Observou-se um consenso de que a garantia de um correto processo de projeto está diretamente ligada à compatibilização de todos profissionais envolvidos na obra. Essas observações estão em sintonia com os pressupostos teóricos presentes na revisão bibliográfica que também auxilia no entendimento da análise do processo de projeto apresentado no Capítulo 5.

## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

---

Os resultados das entrevistas apresentados neste capítulo foram baseados nas informações fornecidas pelos arquitetos e engenheiros que constituem o objeto de estudo dessa pesquisa e se relacionam, principalmente, à metodologia de projeto com estruturas metálicas. A análise dos projetos e os dados fornecidos pelos entrevistados permitiram uma ampla visão da metodologia no processo de projeto utilizada para viabilizar a construção metálica. Procurou-se avaliar todo o processo e metodologia de projeto com aço fundamentado também nos tópicos da revisão bibliográfica, desde o desenvolvimento das primeiras idéias e a concepção do projeto arquitetônico. Foi feita uma análise que visa o entendimento do processo de projeto dos arquitetos a partir dos dados relevantes contemplados no roteiro de entrevista. O quadro 5.1 aponta as proposições dessa análise:

| DADOS RELEVANTES PARA DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO METÁLICA |                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| §                                                                                   | Concepção do projeto                                                 |
| §                                                                                   | Processo de projeto                                                  |
| §                                                                                   | Compatibilização de projetos                                         |
| §                                                                                   | Integração dos profissionais envolvidos                              |
| §                                                                                   | Racionalização da construção                                         |
| §                                                                                   | Parâmetros e premissas no uso do aço                                 |
| §                                                                                   | Tipo de sistema estrutural                                           |
| §                                                                                   | Importância dos critérios arquitetônicos para a concepção estrutural |
| §                                                                                   | Custo                                                                |
| §                                                                                   | Tipos e compatibilização de sistemas complementares                  |
| §                                                                                   | Acompanhamento da obra pelos profissionais envolvidos                |
| §                                                                                   | Cumprimento do cronograma                                            |
| §                                                                                   | Patologias                                                           |
| §                                                                                   | Processo de montagem                                                 |
| §                                                                                   | Mercado e processo de fabricação                                     |
| §                                                                                   | Satisfação dos usuários internos e externos                          |
| §                                                                                   | Uso do aço no Brasil                                                 |
| §                                                                                   | Formação do arquiteto                                                |

Quadro 5.1 - Dados relevantes para desenvolvimento do processo de projeto, fabricação e montagem, do ponto de vista sistêmico da construção metálica

É importante mencionar uma opinião comum aos entrevistados que há uma falta de conhecimento, por parte da maioria dos arquitetos, das características e possibilidades oferecidas pelo aço. Segundo os entrevistados, com conhecimento para uma aplicação correta do aço é possível garantir suas vantagens e velocidade na obra. Os resultados das entrevistas mostram que nem todos os arquitetos têm a mesma postura, a concepção do projeto é feita de diferentes maneiras não existindo uma fórmula pronta, e o partido do projeto é definido a partir de uma análise do contexto e do espaço a fim de entender as relações internas e externas do projeto arquitetônico e suas relações com o entorno. Procurou-se entender como é a relação entre arquitetos, engenheiros e projetistas de estruturas e quais os problemas mais comuns. Além disso, foi abordada a importância da participação dos demais profissionais envolvidos com o processo de projeto com aço, os parâmetros e premissas no seu uso e a formação do arquiteto.

Com base nas informações resultantes das entrevistas, confrontaram-se problemas provenientes de deficiências no processo de projeto. Um dos principais problemas refere-se ao detalhamento das ligações entre os elementos da estrutura metálica. Quando tais ligações não são detalhadas adequadamente podem comprometer a montagem no canteiro de obras, diminuindo a agilidade da construção e inviabilizando uma das principais vantagens da construção metálica: a rapidez da obra. Foi destacado também, que as causas deste tipo de problema também podem estar associadas à escolha tardia do sistema estrutural metálico.

Outra observação relevante é que os problemas relacionados com interferências entre projetos podem exigir que componentes tenham que ser refabricados, gerando imprevistos no projeto, o que conseqüentemente aumenta o custo final da obra e velocidade de execução da mesma. Verificou-se também uma grande dificuldade em se especificar materiais e componentes industrializados complementares à estrutura metálica, sendo possível concluir que estes problemas resultantes de interferências, poderiam ser facilmente resolvidos se houvesse uma maior simultaneidade no desenvolvimento dos projetos envolvidos. A partir dessas análises, da avaliação das dificuldades apontadas nas entrevistas e dos acertos e falhas levantadas nos projetos, foi possível levantar diretrizes para o correto processo de projeto em aço.

Dentro da concepção do projeto e justificativas ao uso do aço, evidentemente há uma grande influência do projeto arquitetônico na escolha do sistema construtivo, e uma opinião

comum é que não se deve usar apenas um material ou um sistema construtivo. “O que sempre me preocupou, era ver a baixa qualidade da obra convencional, sem programação, com imprevistos, desperdício na obra e uma série de outros problemas.” O arquiteto Siegbert Zanettini diz sempre defender a industrialização, projetos profundos e com base científica, evidenciando a descoberta da linguagem do vazio e tudo que é impossível em outra tecnologia. “Isso me leva a querer conceber um projeto ligando todos os profissionais para garantir a qualidade da obra, com todos os intervenientes presentes”, afirma o arquiteto.

Além disso, Zanettini completa que esse comportamento é válido para o aço e para qualquer outro material, essa conduta não está ligada a apenas um sistema construtivo. “Embora o aço tenha as suas peculiaridades, desempenhos, formas de trabalho, superfícies externas diferenciadas, existe uma série de integrantes de cada material que tem suas peculiaridades, e quando se coloca sistemas construtivos diferentes em uma mesma obra, deve-se atentar ao comportamento de cada um. Para tanto é importante conhecer as propriedades de cada material, e essa é uma peculiaridade que exige do arquiteto um projeto bem detalhado para garantir a qualidade da obra”.

No decorrer das entrevistas foi possível identificar que as deficiências de projeto são as principais responsáveis pelas patologias e problemas construtivos das obras em aço. Mas tais deficiências quando também presentes em obras de concreto, ocasionam patologias e não dispensam todo detalhamento necessário a uma correta execução. Portanto, contrapondo-se à opinião de alguns projetistas, conclui-se que independente do sistema construtivo, qualquer adaptação ocorrida já no canteiro de obras acarreta irregularidades no processo de projeto, ou seja, os improvisos e alterações de projeto geralmente não são facilmente resolvidos quando se usa o concreto.

O arquiteto Paulo Mendes da Rocha inicia o processo conceituando o partido de que a concepção do projeto não surge da proposição de uso da estrutura metálica, e sim das razões que movem a arquitetura. “A estrutura metálica surge como oportunidade técnica, ética, da economia de se utilizar essa técnica: como rapidez de execução, flexibilidade de montagem e possibilidades de se executar os espaços desejados em um projeto. O arquiteto não inicia um projeto a partir de um material, diante do que quer fazer ele escolhe o material adequado que atende as características exigidas pelo projeto. No caso do Pompidou na França, por exemplo, o projeto não seria possível em outro material a não ser o aço”, afirma Paulo Mendes da Rocha.

O arquiteto evidencia que é preciso ligar a estrutura e a forma. “Uma ponte pensil, por exemplo, não pode ser executada de outro modo a não ser em aço, mas isso não vem do desejo de fazer um projeto em estrutura metálica, e sim da necessidade das possibilidades do material”, completa. Seguindo a mesma direção, segundo Mario Biselli deve-se entender a vocação de cada material, sem pré-concepções e fixação em um determinado sistema construtivo. “Uso diversos materiais em uma mesma obra, não tenho predileção pelo aço. O projeto deve ser bem articulado e deve funcionar independente do material. Mas em relação ao sistema construtivo, o detalhamento é sempre imprescindível independente do sistema escolhido”, evidencia.

Para a racionalização da construção o uso do aço pressupõe o desenvolvimento de componentes compatíveis com a estrutura metálica. Segundo Zanettini, “é uma série de detalhes que se não são previstos causam problemas, e são detalhes que fazem parte da linguagem do aço e seus componentes devem compor com o aço. Devem ser precisos e industrializados, acompanhando as qualidades do aço e garantindo seu desempenho e precisão da obra, sem retoques”, enfatiza.

As informações adquiridas comprovam que o projeto arquitetônico e o projeto estrutural devem ser pensados de forma integrada; abordá-los separadamente acarreta retrabalhos. É importante que na fase inicial de concepção arquitetônica o engenheiro estrutural possa participar e auxiliar na definição do projeto arquitetônico. Para o engenheiro Flavio Gaiga, “o sistema estrutural poderá interferir no projeto arquitetônico em aço se for possível ou necessário, sendo que esta interferência poderá ser mínima ou de maior intensidade”. Em contrapartida, o arquiteto Mario Biselli acredita que “o sistema estrutural interfere no projeto arquitetônico em aço, pois a definição da estrutura acaba sendo a própria definição da arquitetura. A estrutura acaba definindo a arquitetura e é sempre resultante de um processo industrializado, nesse contexto, existe uma grande influência da integração dos profissionais envolvidos nas construções com estruturas de aço. Conforme as entrevistas fornecidas o correto é que todos os projetistas e cada especialidade do projeto se integrem desde o início da concepção do mesmo até sua execução. O engenheiro Flavio Gaiga afirma que é essencial todos os projetos contemplarem soluções para que um sistema não interfira e/ou esteja em desacordo com as características de outro. “A integração entre todas as disciplinas de projeto é fundamental”, completa.

Em vista da importância dos critérios arquitetônicos para a concepção estrutural, Jupira Corbucci afirma que o projeto em estrutura metálica exige uma quantidade muito maior de detalhamento quando comparado à construção convencional, mas esse detalhamento é necessário e garante a correta execução do projeto. Para Biselli, “o aço é um sistema construtivo completamente diferente de se projetar, pois funciona por tramas principais e secundárias que se interligam. O concreto é completamente diferente, é uma massa de modelar, faz-se a forma e ele se molda, é maciço. O que faz com que a concepção mude, mas não significa que o projeto é menos detalhado”. Segundo Flavio Gaiga, o importante é conceber a arquitetura tirando partido da máxima utilização das vantagens do sistema construtivo em aço ao invés de “adaptar” o sistema construtivo em aço a uma obra concebida para ser estruturada com outro sistema, por exemplo, o concreto armado.

Avaliando a construção brasileira com estruturas metálicas hoje e como o profissional de arquitetura pode contribuir com a expansão do uso do aço, é evidente que isso depende de escolas que formem corretamente os alunos: se não existir a disciplina de estruturas metálicas, o profissional não vai utilizar o aço. Mario Biselli aponta em uma passagem da entrevista que outro porém, é ainda não existir uma história brasileira do uso do aço, não se sabe exatamente as patologias e seus desempenhos. Afirma ser um grande entusiasta do uso do aço, mas concorda que seu uso deve ser sempre muito bem articulado com fechamentos e complementos também industrializados. Em sua opinião, o Brasil ainda não tem uma cultura de metálica por ser uma cultura recente, e compara que ainda não existe uma expressão brasileira da arquitetura em aço com a mesma força que temos a tradição em estrutura de concreto. “A arquitetura em aço ainda está se criando, pois a fabricação de aço ainda era incipiente até a privatização das siderúrgicas. Mas hoje o Brasil tem aço de muita qualidade e nossa escala de produção é excelente”, afirma Biselli.

Como solução a essa lacuna, acrescenta-se que deve ser criada uma bibliografia do aço para colaborar com a expansão do uso das estruturas metálicas, e se fosse publicado o comportamento de projetistas, calculistas e fabricantes, seria possível entender o cenário macroeconômico da siderurgia. A maioria dos estudantes de arquitetura tem apenas uma idéia da forma que querem projetar, e para garantir o conhecimento prévio em relação ao aço e suas premissas de projeto, Fernanda Gerken acredita que devem ser cogitadas a noção de transmissão de esforços e cargas, como será o efeito do vento, se a estrutura ficará de pé, etc. Afinal, “os maiores responsáveis pelo aumento do uso do aço serão as novas gerações de

arquitetos, com uma formação mais integrada entre a arquitetura e a engenharia civil. Os engenheiros e os arquitetos devem ser pares em seus trabalhos, pois um complementa o outro no desenvolvimento dos projetos”, completa a arquiteta. Nesse contexto, o quadro abaixo apresenta os aspectos de projeto que garantem a qualidade da arquitetura em aço:

| DIRETRIZES PARA A CORRETA UTILIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS |                                                                      |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| §                                                             | Projeto arquitetônico e estrutural integrados                        |
| §                                                             | Simultaneidade no desenvolvimento dos projetos desde a concepção     |
| §                                                             | Formação do arquiteto integrada entre arquitetura e engenharia civil |
| §                                                             | Conhecimento das propriedades do aço                                 |
| §                                                             | Desenhos com detalhamento de todas as ligações                       |
| §                                                             | Componentes da obra compatíveis com a estrutura metálica             |
| §                                                             | Integração entre todos os profissionais envolvidos na obra           |

Quadro 5.2 Premissas que garantem a correta utilização das estruturas metálicas desde a fase de concepção do projeto arquitetônico



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

A dissertação divulgou as premissas de projeto com estruturas metálicas, e disponibilizou uma bibliografia como referência ao correto processo de projeto. Após a realização de todas as análises individuais e posterior interpretação dos dados das entrevistas, foi possível destacar os pontos mais importantes, contribuindo para o conhecimento aprofundado dos princípios projetuais defendidos. Há uma lacuna no que se refere à análise dos princípios de se projetar em aço, que pôde ser aprofundada, sistematizada e, assim, melhor compreendida por meio dessa análise comparativa que constituiu no enfoque desta pesquisa e é apresentada neste capítulo.

Ao analisar os dados obtidos nas entrevistas e pressupostos da revisão bibliográfica, pôde-se observar que o processo de projeto com estruturas metálicas é complexo e exige conhecimento prévio dos projetistas para garantir que suas vantagens sejam exploradas. Dessa forma, esta pesquisa apresentou os aspectos de projeto que garantem a qualidade da arquitetura em aço apresentada no quadro 5.2. Para conseguir tais premissas e uma correta postura dentro da arquitetura em aço, fica evidente a necessidade de um aperfeiçoamento na formação do arquiteto. É muito comum o aluno do curso de arquitetura ter o primeiro contato com as particularidades de se projetar em aço apenas no trabalho final de graduação, onde tenta completar uma lacuna que deveria ser preenchida com disciplinas que abordam esse sistema construtivo assim como o concreto armado é abordado. Não é suficiente apenas entender os cálculos da estrutura, os aspectos como modulação, integração de sistemas construtivos distintos e noções de projeto com estruturas metálicas também devem ser inseridas dentro de disciplinas da graduação, com o objetivo de garantir ao estudante de arquitetura o conhecimento que possibilite o uso racional do aço. Essa necessidade tem interferido em algumas escolas que reviram sua grade curricular em relação ao conteúdo de disciplinas de projeto, e a aplicação de disciplinas que garantem essas premissas de projeto pode contribuir para a melhoria do projeto em estruturas metálicas.

A transcrição das entrevistas de Paulo Mendes da Rocha, Siegbert Zanettini e Mario Biselli, permitiu visualizar uma linha temporal. Esta linha segue desde o ideário modernista de Paulo Mendes na sua visão mais teórica, a transição do modernismo à atualidade de Zanettini, evidenciada na apresentação da dupla formação para estudantes de arquitetura e da atualidade de Mário Biselli presente na industrialização de suas obras.

Também foram descritas as dificuldades no processo de projeto, conscientizando os arquitetos da necessidade de estudos na área, além de comprovar que o processo de projeto é ineficiente em vários aspectos, principalmente com relação à escolha tardia do sistema estrutural metálico, à ausência de compatibilização entre a estrutura e as demais especialidades de projeto, às falhas no detalhamento dos projetos e à omissão nas especificações de materiais e componentes construtivos industrializados complementares à construção metálica. Tais aspectos diminuem a qualidade da construção, evidenciando que são necessários estudos e avanços no processo de projeto com estruturas metálicas.

O presente trabalho constitui-se em uma contribuição à arquitetura em aço, que obviamente não esgota o assunto, mas possibilita a abertura de perspectivas para novos estudos. Assim, este trabalho colaborou com o aprimoramento de idéias e descobertas por parte dos profissionais de arquitetura das características e propriedades do aço, permitindo um entendimento da condução do processo de projeto em torno das premissas que garantem a integração das estruturas metálicas na concepção do projeto arquitetônico.

Para trabalhos futuros, sugere-se uma avaliação mais aprofundada do correto processo de projeto em aço, a fim de elencar e divulgar todas as especificidades e elementos de projeto. Durante o desenvolvimento deste trabalho verificou-se a possibilidade de novas pesquisas com o intuito de garantir que a construção metálica seja utilizada com todo seu potencial, não diferentemente dos outros sistemas construtivos. Espera-se que as informações aqui contidas estimulem a realização de outras pesquisas que abordam a estrutura metálica no projeto arquitetônico de forma a facilitar o conhecimento dos projetistas em relação ao processo de projeto e trazer todas as diretrizes para sua correta aplicação.

## REFERÊNCIAS

---

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (1994). AISC-LFRD - **Load and resistance design**. Chicago.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS - ASCE (1997). **Effective Length and Notional Load Approaches for Assessing Frame Stability: implications for American steel design**. By the Task Comitee on Effective Length. New York.

ANDRADE, P.A., **A construção com Estruturas Metálicas**, São Paulo: Revista do Instituto de Engenharia, No. 500, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL (ABECE). **Manual de escopo de projetos e serviços de estrutura**. São Paulo, 2007. Disponível em: <[www.manuaisdeescopo.com.br](http://www.manuaisdeescopo.com.br)>. Acesso em 22/01/2007.

BAIÃO, O. T. **A importância dos projetos na viabilidade de estruturas metálicas**. In: I SEMINÁRIO INTERNACIONAL “O USO DE ESTRUTURAS METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL”. Anais... [CD-ROM]. Belo Horizonte: Sociedade Mineira de Engenheiros/ AMICEM, 1998.

BAUERMANN, M. **Investigação sobre o processo de projeto em edifícios de andares múltiplos de aço**. 2002. 269 p. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

BELLEI, I. H; PINHO, F. O; PINHO M. O. **Edifícios de Múltiplos Andares em Aço** Ed. Pini, 2004.

BRITISH STANDARD INSTITUTION (1990). BS 5950 - **Structural use of steelwork in building**. Parte 3: Section 3.1: Code of practice for design of simple and continuous composite beams. Londres.

CASTRO, Adriana Almeida de; MICHALKA, Camilo. **O uso da estrutura de aço na arquitetura como alternativa para o desenvolvimento sustentável da construção civil brasileira**. •In: CONFERÊNCIA

LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, São Paulo, SP.

CASTRO, Betina G. S. **Utilização de estruturas metálicas em edificações residenciais unifamiliares**. 2005. 188 p. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

CASTRO, E. M. C. **Patologia dos edifícios em estrutura metálica**. 1999. 202 p. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

CEOTTO, L. H., **Coordenação de Projetos - um assunto que necessita maior prioridade de desenvolvimento**. Techne (conteúdo online exclusivo) Disponível em:

<<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/135/artigo93367-1.asp>> Acesso em: 15/05/2008.

DIAS, Luís Andrade de Mattos. **Estruturas de Aço. Conceito, Técnicas e Linguagem**. São Paulo, Ed. Zigurate, 1997.

DIAS, Luís Andrade de Mattos. **Edificações de aço no Brasil**. São Paulo, Ed. Zigurate, 1993, p. 9-11.

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

<<http://www.eesc.sc.usp.br/sap/docentes/fabricio/NUTAU98-ES.pdf>> Acesso em 15/08/2008.

FABRÍCIO, M. M., MELHADO, S. B. Desafios para integração do processo de projeto na construção de edifícios. In: WORKSHOP NACIONAL: gestão do processo de projeto na construção de edifícios, 2001, São Carlos. Anais... São Carlos: EESC/USP, 2001. Disponível em:

<<http://www.eesc.sc.usp.br/sap/workshop>>. Acesso em 15/08/2008.

FABRICIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 350 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: <[http://www.eesc.usp.br/sap/docentes/fabricio/Projeto\\_Simultaneo-TESE.pdf](http://www.eesc.usp.br/sap/docentes/fabricio/Projeto_Simultaneo-TESE.pdf)> Acesso em 15/08/2008.

FABRIZZI, M.A. **Contribuição para o projeto e dimensionamento de edifícios de múltiplos andares com elementos estruturais mistos aço–concreto**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

FERREIRA, Oscar Luís. **O uso adequado do aço e sua contribuição na racionalização da**

**construção.** 1998, 206p. Dissertação de Mestrado - FAU/UFRJ -Rio de Janeiro, 1998.

FRANCO, L. S., AGOPYAN, V. Implementação da Racionalização Construtiva na Fase de Projeto. Boletim Técnico EPUSP PCC/94 - São Paulo/SP, 1993. Disponível em:  
<[http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/BTs\\_Petreche/BT94-%20Franco.pdf](http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/BTs_Petreche/BT94-%20Franco.pdf)> Acesso: 25/10/2007

GERKEN, Fernanda de Sousa. Perfis Tubulares: aspectos arquitetônicos e estruturais. Ouro Preto: UFOP, 2003. 385 p. Disponível em:  
<[http://www.metallica.com.br/pg\\_dinamica/bin/pg\\_dinamica.php?id\\_pag=1326](http://www.metallica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=1326)> Acesso: 04/03/2008

GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4 ed. São Paulo: Editora Atlas SA, 2002. 175 p.

GOMES, G. S., **Arquitetura de Ferro no Brasil.** Ed. Nobel, 1986.

GOMES, M.D. **Projetos Siegbert Zanettini: Conferencista do Construmetal 2006**, Revista Construção Metálica, Edição 76, *In*: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA, 2006, São Paulo, SP

GRIMSHAW N. **Struture, Space and Skin, The work of Nicholas Grimshaw and partners**, 1995.

ITABORAHY, R.; PALATNIK, S. **Características do Aço nas Aplicações para a Construção Civil.** Palestra técnica em vídeo. Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA), 2002.

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.

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.

MELHADO, S. B., AGOPYAN, V. O Conceito de Projeto na Construção de Edifícios: Diretrizes para sua Elaboração e Controle, 23 p. 1995. Boletim Técnico EPUSP PCC/94 - São Paulo/SP, 1993. Disponível em: <<http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/BT139.pdf>> Acesso: 10/2007

MORAES, F. R. **Uma contribuição ao estudo do processo de projeto de empreendimentos em construção metálica - uma visão segundo a nova filosofia de produção.** 2000. 244 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

OLIVEIRA, L. A. **Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios.** 191 p. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PAIVA, C. **Arquiteto transita por diversos materiais com a mesma desenvoltura que lhe trouxe reconhecimento pelo uso do aço.** FINESTRA, Edição 47, Dezembro de 2006.

PAMPLONA, N. M. **Análise do comportamento de painéis de chapas de aço como elementos estruturais e de vedação.** Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2005. 111p.

PARREIRAS, André Orioli. **O aço e a construção civil no Brasil: um estudo do sistema Construtivo metálico.** 2001, 222p. Dissertação de Mestrado - FAU/UFRJ - Rio de Janeiro, 2001.

PEVSNER, Nikolaus, **Origens da arquitetura moderna e do design.** 2. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 1996, p. 35, 38, 149.

PFEIL, W. **Estruturas de aço.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., v.1, 284 p. 1986.

SABBATINI, F. H. **A industrialização e o processo de produção de vedações: Utopia ou elemento de competitividade empresarial? In: I Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios, Vedações Verticais.** São Paulo: EPUSP, 1998a. p. 1-19.

SALES, J.J . **Estudo do projeto e construção de edifícios de andares múltiplos com estruturas de aço.** São Carlos. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2001

SANTOS, Pedrovaldo Caram. **Modulação arquitetônica para projetos em estruturas metálicas.**•In: SIMPÓSIO SOBRE O USO DO AÇO NA CONSTRUÇÃO, 3., Ouro Preto, MG, 1984.

SILVA, G. G. da, **Arquitetura do ferro no Brasil.** São Paulo, Nobel, 1986.

SOUZA, A. S. C.; GONÇALVES, R. M. **Contribuição ao estudo das estruturas metálicas espaciais.** Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, n. 20, 2002. ISSN: 1413-9928.

TARNOCZY, Ernesto Junior. Edifícios em aço: um balanço. In: WISSENBAACH, Vicente. **Aço na arquitetura.** Cadernos brasileiros de arquitetura, 20, São Paulo, 1991. p.82-84.

TEIXEIRA, R. B. **Análise da gestão do processo de projeto estrutural de construções metálicas.** 2007. 267 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

TEIXEIRA, R. B, STARLING, C.M.D, ANDERY, P.R. **Contribuição ao estudo do processo de projeto de edifícios em construções metálicas: contratação e definições** *In: Gestão & Tecnologia de Projetos*, Vol. 3, n1, Maio de 2008.

TUNOUTI, F., NOVAES, C. C. Aplicabilidade dos instrumentos de garantia da qualidade do projeto nas edificações com sistema estrutural em aço. *In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS*, 4. Anais. Belo Horizonte. 2004. p 1-6.

TZORTZOPOULOS, 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*, 1ª, Chiang Mai, Tailândia, 1999. Artigo técnico.

Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/>> Acesso em: 10/07/2008.

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.

USUDA, F. **A integração do projeto estrutural e projetos associados.** 2003. 156f. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

VARGAS, M., **História da técnica e da tecnologia no Brasil.** S.P.: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1994, p.108-9. 102-112.

YIN, R.K. **Estudo de Caso: Planejamento de Métodos.** 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 212 p.

ZANETTINI, Siegbert. **Siegbert Zanettini: arquitetura, razão, sensibilidade.** São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2002. ISBN: 85-314-0729.

ZANETTINI, Siegbert. **A obra em aço de Zanettini.** São Paulo, Portfolio Brasil, Editora J.J Carol, São Paulo, 2007.



- § **Manual Brasileiro para Cálculo de Estruturas Metálicas**, Vol. 1. Ed. Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio, 1989.
- § **Journal of Constructional Steel Research - Science Direct** (Elsevier)

<http://www.cbca-ibs.org.br>

<http://www.abcem.com.br>

<http://www.piniweb.com.br>

<http://www.calatrava.com>

<http://www.grimshaw-architects.com>

<http://www.metalica.com.br>

<http://www.fosterandpartners.com>

<http://www.rpbw.com>

<http://www.jeannouvel.com>

<http://www.ingentaconnect.com/content/els>

<http://www.infohab.org.br/biblioteca>

<http://www.richardrogers.co.uk>

[http://www.arcspace.com/gehry\\_new](http://www.arcspace.com/gehry_new)

<http://www.coop-himmelblau.at>

<http://www.greatbuildings.com>

<http://www.multi-science.co.uk/advstruc.htm>

<http://www.sciencedirect.com/science>

<http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa>



**Roteiro de questionário para entrevista com os arquitetos**\*

A entrevista foi elaborada visando esclarecer o processo de projeto dos arquitetos nas obras estudadas. Foi definida de forma aberta e semi-estruturada, buscando:

- a) perceber a visão do arquiteto entrevistado acerca do processo de projeto em aço;
- b) permitir que o arquiteto entrevistado relate suas experiências e obras em aço;
- c) abrir espaço para o arquiteto entrevistado expor os aspectos que considera peculiares e importantes no processo de projeto com aço;
- d) explorar as justificativas do uso do aço em seus projetos;
- e) fazer com que o entrevistado descreva a importância da participação dos demais profissionais envolvidos com o processo de projeto com o aço;
- f) analisar os processos de projeto que incluem com sucesso o uso da estrutura metálica na concepção do projeto, dando subsídios para novos projetistas e para o ensino de projeto.

**1. Concepção do projeto e justificativas ao uso do aço**

---

1.1 Quais diretrizes de um partido arquitetônico viabilizam o uso do aço em suas obras?

Normalmente é o partido que define o emprego do aço?

1.2 Dentro da concepção do projeto, o que o leva a projetar com estruturas metálicas? O sistema estrutural interfere no projeto arquitetônico em aço?

1.3 Estrutura metálica aparente ou revestida? Quais aspectos do projeto definem a solução mais adequada?

**2. Parâmetros e premissas no uso do aço**

---

2.1 Quais considerações e premissas estão presentes em seus projetos para garantir a qualidade do projeto com estrutura metálica como sistema construtivo?

---

\* O roteiro apresenta algumas questões distintas por ter sido atualizado após as três primeiras entrevistas.

2.2 Quais as diferenças principais em se pensar em uma obra em aço?

2.3 Que possibilidades e/ou vantagens o aço oferece em relação a outros materiais?

### **3. Uso do aço no Brasil e formação do arquiteto**

---

3.1 Como você avalia a construção brasileira com estruturas metálicas hoje e como o profissional de arquitetura pode contribuir para a expansão do uso do aço?

3.2 De que maneira as pesquisas em torno das estruturas metálicas iriam contribuir para viabilizar projetos com essa técnica construtiva?

3.3 Como garantir ao estudante de arquitetura o conhecimento prévio em relação ao aço e suas premissas de projeto?

3.4 Como aperfeiçoar o uso do aço para os arquitetos, desmistificando a cultura ainda existente (de preconceito com o material) e colaborando para a industrialização da construção no Brasil?

### **4. Racionalização da Construção**

---

4.1 Quais vantagens da construção metálica devem ser destacadas?

4.2 A estrutura metálica é sempre resultante de um processo industrializado, nesse contexto, qual a importância da integração dos projetos envolvidos nas construções com estruturas de aço?

4.3 Como é feita a compatibilização dos projetos envolvidos?

4.4 Como é feito o acompanhamento de uma obra em aço?

4.5 O que se modifica no cronograma de uma obra ao se utilizar o aço?

## **5. Importância dos critérios arquitetônicos para a concepção estrutural**

---

5.1 Existem diferenças entre o projeto com estruturas leves, como residências, e mais pesadas, como edifícios?

5.2 Como as empresas fornecedoras facilitam o projeto em aço? São disponibilizados catálogos ou suplementos técnicos?

5.3 O que é mito e o que é verdade sobre as patologias do aço e seu comportamento em um incêndio?

Entrevista - 26.06.2008

**Arquiteto:** Jupira Corbucci

**Escritório:** Barbosa e Corbucci Arquitetos Associados

E-mail: [bacco@bacco.com.br](mailto:bacco@bacco.com.br)

**Currículo Resumido**

- Edifício Rock Yard da BCP Telecomunicações, São Paulo;
- Ginásio de Esportes do clube “A Hebraica”, São Paulo;
- Aeroporto de Vitória;
- Estações de Transferência, São Paulo.

## **1. Concepção do projeto**

---

1.1 Quais diretrizes viabilizam o uso do aço em suas obras? Normalmente é o partido que define o emprego do aço?

§ A rapidez, o vão e a flexibilidade do material viabilizam o uso do aço. O ponto mais decisivo para a escolha do sistema construtivo em estruturas metálicas é o prazo, ou seja, o projeto só é viabilizado quando o tempo para a execução da obra é restrito e deve ser cumprido. Frequentemente, isso se deve ao fato de que o aço é um sistema construtivo mais caro quando comparado a qualquer outro sistema, e essa diferença de valor é justificada quando o prazo de execução da obra é curto. Portanto, quando o cliente já tem esse prazo definido e pré-estabelecido, a decisão pelo uso do aço é inevitável. O que também acontece quando a obra é de grande porte, como galpões industriais e fábricas, onde as dimensões são tão grandes que a única solução viável é a estrutura metálica. Mas em alguns casos é viabilizado o sistema misto, com pilares de concreto.

1.2 Dentro da concepção do projeto, o que o leva a projetar com estruturas metálicas?

§ Os sistemas industrializados garantem mais qualidade na obra, pois não temos no mercado profissionais qualificados como antigamente para executar de maneira correta uma obra com sistema construtivo convencional. Quando um cliente nos contrata, normalmente ele não exige o sistema construtivo, mas sempre sugerimos o uso da estrutura metálica. Existe um mito de que se gasta muito quando se utiliza as estruturas metálicas, mas no final não é assim.

A primeira obra que executamos em metálica foi uma escola no Tatuapé, que era basicamente em pré-moldado, mas o ginásio e todos os acessos eram em aço, o que facilitou muito a obra. No entanto, invertemos o prazo: ficamos oito meses fazendo o projeto e a obra foi executada em apenas seis meses, pois a execução foi apenas a montagem dos elementos.

Em grande parte dos projetos trabalhamos com estruturas mistas, mas em algumas obras só trabalhamos com concreto, e em outras a metálica é a única solução, como em construções com grandes vãos ou projetos diferenciados como o terminal de transferência, que exigia uma solução o mais transparente possível exigindo uma estrutura leve.

## **2. Parâmetros e premissas no uso do aço**

---

2.1 Quais considerações e premissas estão presentes em seus projetos para garantir a qualidade do projeto com sistema construtivo em estrutura metálica?

§ Quando projetamos uma obra em estrutura metálica fazemos apenas o cálculo geral, e não o detalhamos nem fazemos o projeto das estruturas, temos os projetistas de metálicas que são engenheiros e detalham o projeto.

Já o detalhamento final da metálica é sempre feito pelo fabricante, e quando estamos fazendo o projeto nunca sabemos quem vai fabricá-lo, pois é muito raro já se ter o fabricante quando ainda estamos na fase de projeto.

No entanto, existe um problema de projeto inevitável que às vezes encontramos. Quando fizemos o Ginásio de Ginástica Olímpica Hebraica, todo em estrutura metálica, o fabricante encheu as emendas de flanges para facilitar a colocação e a montagem, para não ter que transportar as peças inteiras, que nem eram tão grandes, tinham apenas 15 metros de comprimento. O que fez com que aparecessem detalhes na obra

depois de executada que não existiam no projeto. Por isso, não ter o projeto todo detalhado é incerto, pois não temos o controle de como a estrutura vai ser fabricada, e esse problema independe do fabricante. O projeto vai para a construtora e a mesma sub-contrata uma empresa. Como exemplo, fizemos uma reforma em um edifício antigo construído em estrutura convencional, e hoje, para substituir a cobertura, estamos colocando 170 toneladas de aço por cima de toda essa estrutura, fazendo uma fundação independente para novos pilares em aço a fim de não sobrecarregar a estrutura existente. E todo cálculo dessa nova fundação é feito por engenheiros; detalhamos toda a estrutura e também o arquitetônico, mas nunca chegamos a um nível de detalhamento pronto para a fabricação. Se fizermos esses desenhos, eles nunca são utilizados, pois cada fabricante tem sua maneira de construir e detalhar a fabricação da peça. Mas quando acompanhamos a obra, o fabricante nos envia os desenhos das peças para aprovarmos. Como na maioria das obras não fazemos a fiscalização, isso nunca acontece, ou seja, só vemos como foram fabricadas as peças quando as mesmas são montadas na obra. Detalhamos no projeto o dimensionamento, tipo de chapa, tipo de viga de cada perfil, quantidade e peso de toda estrutura, indicamos se é uma estrutura soldada ou parafusada, mas não chega a ser um desenho detalhado para a fabricação, e o resultado na obra é sempre uma surpresa. Só chegamos nesse nível de detalhamento quando o cliente é “bom” e exige que isso seja feito. Enfim, fazemos um projeto executivo, e não de fabricação.

## 2.2 Quais as diferenças principais em se pensar em uma obra em aço?

§ Um diferencial em se pensar em uma obra em aço é a escala em que o desenho chega, pois uma obra em metálica é projetada em milímetros, diferente da obra de concreto que é projetada em centímetros. Isso muda a concepção do projeto, pois o detalhe nos faz pensar a obra por inteiro.

Mas por outro lado, aqui no Brasil ainda temos muitos problemas de fabricação das peças, para tanto, sempre deixamos furos considerando folgas para erros de dimensionamento dos elementos, pois o fabricante dificilmente produz exatamente como a peça foi projetada. A qualidade ainda não é um diferencial, embora a estrutura metálica seja bem mais precisa que os demais sistemas construtivos.



O projeto em estrutura metálica exige uma quantidade muito maior de detalhamento quando comparado à construção convencional, mas esse detalhamento é necessário e garante a correta execução do projeto.

### 2.3 Que possibilidades o aço oferece em relação a outros materiais?

§ Vãos e balanços. A metálica possibilita resolver problemas estruturais que não são solucionados com outros sistemas, como no caso desse projeto onde a sobrecarga de estruturas não poderia existir. No início do projeto nem pensávamos em utilizar metálica, mas o fato de não interferir nem comprometer a fundação existente, fez com que o projeto ficasse mais barato do que em qualquer outro sistema construtivo. Em síntese, o aço sempre soluciona problemas estruturais.

## 3. Uso do aço: justificativas

---

### 3.1 Estrutura metálica aparente ou revestida? Quais aspectos do projeto definem a solução mais adequada?

§ Isso depende inteiramente do projeto, ambientes internos ou fachadas, mas sem dúvidas, quando existe a possibilidade de deixá-las aparente, fica muito melhor!

## 4. Uso do aço no Brasil - formação do arquiteto

---

### 4.1 Como você avalia a construção brasileira com estruturas metálicas hoje e como o profissional de arquitetura pode contribuir com a expansão do uso do aço?

§ A qualidade e possibilidades das construções na Europa são incomparáveis as existentes no Brasil. Mas por um lado, temos tecnologia para executar os mesmos projetos, com nós diferenciados e complicados, mas os valores de tais projetos não condizem com a realidade da construção civil brasileira. Porém, tudo indica que o mercado vai alcançar esse ritmo já existente nos países industrializados.

4.3 Como garantir ao estudante de arquitetura o conhecimento prévio em relação ao aço e suas premissas de projeto?

§ Deve-se pesquisar! Também não tive aula de metálica, a escola não ensina tudo!

4.4 Como aperfeiçoar o uso do aço para os arquitetos, desmistificando a cultura atual existente e colaborando para a industrialização da construção no Brasil?

§ No início sempre utilizávamos a mesma técnica construtiva em todo o projeto, ou era tudo em metálica, ou tudo em concreto, ou tudo em pré-moldado.

Misturar os materiais é muito válido, não devemos ser radical e utilizar apenas um sistema construtivo. Por um lado a estrutura metálica não é ideal para a fachada, pois trabalhar com pano de vidro não é viável em um país tropical. E atualmente, depois da experiência que tivemos na área industrial, cada vez mais misturamos as técnicas construtivas.

## **5. Racionalização da Construção - integração dos processos envolvidos nas construções com estruturas de aço**

---

5.1 Quais vantagens da construção metálica devem ser destacadas?

§ Dentro do processo de projeto, uma vantagem a ser destacada é a impossibilidade de se fazer modificações no projeto quando a obra inicia. Na construção convencional, são feitas várias modificações no projeto no decorrer da obra, já na construção em aço, não existe imprevisto, evitando também que o cliente mude de idéia depois do projeto estar finalizado e a obra ser iniciada.

5.2 A estrutura metálica é sempre resultante de um processo industrializado, nesse contexto, qual a importância da integração dos processos envolvidos nas construções com estruturas de aço?

§ É sempre muito importante a troca de informações entre os inúmeros processos de projeto da construção, e quando um dos envolvidos não realiza o projeto de maneira correta, o resultado final da obra fica comprometido.

Trabalhando com engenheiros e calculistas competentes, existe uma troca de informações no projeto que faz com que todos os detalhes do projeto sejam resolvidos com antecedência, ajudando em todas as deficiências que o projeto poderia apresentar.

Normalmente, o engenheiro nunca modifica uma requisição do arquiteto, assim, quem realmente comanda o processo é o arquiteto. Mas deve existir um diálogo constante, e isso é importante que aconteça desde o início do processo do projeto. Dessa maneira, o arquiteto apresenta ao engenheiro a concepção e já é possível saber se a proposta pode seguir ou não o processo de projeto proposto.

A arquitetura é um trabalho em equipe e não o trabalho de apenas um arquiteto, e o projeto fica bom quando a equipe é completa. Neste contexto, deve-se projetar e depois gerenciar com atenção os processos envolvidos, para garantir a qualidade final do projeto. Se não existir esse entrosamento entre a equipe, o projeto acaba apresentando problemas.

Alguns clientes exigem apenas o projeto arquitetônico, e nós fazemos apenas estimativas, como a quantificação do uso do aço, ou seja, fazemos o projeto básico e a obra é executada a partir desse projeto, sem que haja contato entre todos os envolvidos no processo. Em alguns casos, a obra é bem executada quando é feita por uma equipe de obra qualificada, mas na maioria das obras que não seguem o processo de projeto completo, as construções são muito mal executadas e têm péssimos resultados.

Entrevista - 01.07.2008

**Arquiteta:** Fernanda Gerken

**Empresa:** V & M do Brasil

E-mail: [fs.gerken@gmail.com](mailto:fs.gerken@gmail.com)

## 1. Concepção do projeto

---

1.1 Quais diretrizes de um partido arquitetônico viabilizam o uso do aço em suas obras?  
Normalmente é o partido que define o emprego do aço?

§ Bem, não penso que o partido arquitetônico defina o uso do aço, mas sim o uso do aço irá definir o partido arquitetônico. Fui formada em uma geração que não pensava o uso do aço *a priori* e me formei há apenas 9 anos. A disciplina de uso do aço era dada juntamente com estruturas de madeira e não havia muito tempo para aprender de uma maneira aprofundada. Mas como fui alguém que sempre se interessou por isso, pesquisou sobre as estruturas metálicas e continuou os estudos nessa área, não posso ser considerada a “massa”, sou uma exceção, não porque sou melhor que ninguém, mas porque aprendi a pensar o projeto arquitetônico de outra maneira. O projeto usando estruturas metálicas deve ser pensado desde o primeiro momento, ser concebido, desde o seu partido, para a estrutura metálica, e não adaptado, que é o que a maioria dos arquitetos que não sabem projetar com esse sistema estrutural fazem.

As diretrizes que devem ser usadas? Modulação, não monotonia. Muitos engenheiros e até arquitetos dessa “geração de arquitetos” que citei, pensam que modular é apenas “repetir pilstras”. No caso, o ordenamento dos pilares, colocando-os alinhados é um bom uso para qualquer projeto, em qualquer sistema estrutural, distribui as cargas e conseqüentemente afetará o custo final da estrutura. Com isso você terá uma estrutura modulada, não por uma “camisa de força”, mas porque isso resulta em uma boa medida para o projeto. Isso não quer dizer não poder usar curvas, meio módulo, ou coisas do tipo.

- § Industrialização (profissionais qualificados)
- § Construção limpa
- § Modulação através da repetição de vãos, repetição de peças: obra mais rápida
- § Padronização de peças e de ligações
- § Uso de métodos construtivos industrializados: evolução dos métodos construtivos

## **2. Parâmetros e premissas no uso do aço**

---

2.1 Quais considerações e premissas estão presentes em seus projetos para garantir a qualidade do projeto com sistema construtivo em estrutura metálica?

- § Sempre penso o projeto como um todo, desde o começo. É como se pensasse a forma e a função, já conseguindo visualizar o que vai funcionar lá dentro. A função e a forma nunca “andam” separadas, como alguns arquitetos pensam. Muitos pensam apenas na forma, pois querem fazer algo esteticamente agradável, mas isso não é o bastante. Claro que é louvável, tudo que vemos que é prazeroso aos olhos é bom. Mas arquitetura para ser boa, eficiente, eficaz, tem que funcionar, tem que ser funcional para o usuário, não pode ser apenas bonita de se ver. Aqui, para mim, se encaixa o brilhante (mas pouco funcional), nosso querido e amado arquiteto Oscar Niemeyer. Forma 1.000, função, nem tanto... Mas isso são considerações pessoais. Eu sou ninguém e ele é Deus!

2.2 Quais as diferenças principais em se pensar em uma obra em aço?

- § A obra em aço deve ser pensada desde o início, desde a sua concepção, para ser nesse sistema estrutural, não pode ser adaptado como já foi descrito na resposta 1.1. Todos os sistemas estruturais devem ser projetados dessa maneira, mas na estrutura metálica isso é mais evidente, pois não existe um “jeitinho” quando a obra já está pronta ou ficando pronta. A estrutura tem uma precisão milimétrica. As peças saem da fábrica prontas, e se faltam ou sobram milímetros, a peça não caberá no espaço que você projetou. Na estrutura convencional o engenheiro pede para fazer uns “centímetros” a mais e tudo se resolve.
- § A obra em aço tem a fase de projeto muito mais demorada que a fase de execução (em canteiro de obras). Tudo tem que ser pensado em mínimos detalhes, a logística, o

transporte de peças, se as peças são muito grandes, se os caminhões agüentam as peças (tara – Kg e comprimento) ou se devem ser redimensionadas para o transporte. A montagem na obra, o encaixe da peças, se serão soldadas e/ou aparafusadas, que tipo de profissionais serão necessários.

### 2.3 Que possibilidades o aço oferece em relação a outros materiais?

§ Ver pergunta 5.1.

## 3. Justificativas ao uso do aço

---

### 3.1 O que o aço oferece como possibilidade estética?

§ Penso que o aço oferece a possibilidade de grandes vãos e esteticamente é incomparável. As inúmeras possibilidades das composições de perfis, com estruturas tubulares e mesmo com seções “I” é bem grande. Sou partidária também da utilização das tenso-estruturas junto com a estrutura tubular, sistema tubos e cabos. A possibilidade da não necessidade de se trabalhar no canteiro e sim, na indústria, para fabricação das peças, sob o meu ponto de vista é outro atrativo, torna a construção menos passível de erros e com menor retrabalho, causa de altíssimo gasto na construção civil.

Mas, sou uma entusiasta do aço, talvez fique muito difícil responder essa pergunta com sobriedade.

### 3.2 Estrutura metálica aparente ou revestida? Quais aspectos do projeto definem a solução mais adequada?

§ Sou uma partidária da estrutura metálica aparente, seja ela em aço pintado, aço corten (ou oxidado), em uso com o vidro, etc. A estrutura em aço é bonita, quando se sabe utilizar, pode-se tirar partido esteticamente da mesma. Mas alguns casos vão exigir que a estrutura seja revestida. Algumas vezes essa solução faz-se necessária, pois as dimensões dos pilares são pequenas (finos) e para os leigos aquilo poderia parecer frágil e teriam a idéia de que a estrutura não é resistente o bastante. Em outros casos, o

próprio partido arquitetônico “pede” que a estrutura seja revestida, posso citar um exemplo, de um projeto que fiz, de um teatro, era um bloco monolítico, que, nas laterais, a marcação das vigas não seria adequada, por isso tudo teria que ser revestido. Já na vista frontal, a estrutura era aparente, com vidros. Mas isso é uma questão de “feeling”, de composição de projeto, acho que cada arquiteto tem o seu.

#### **4. Uso do aço no Brasil - formação do arquiteto**

---

4.1 Como você avalia a construção brasileira com estruturas metálicas hoje e como o profissional de arquitetura pode contribuir com a expansão do uso do aço?

§ Hoje, o aço tem um preço bastante competitivo, o que a maioria das pessoas não sabe. Pessoas com bom nível social e de informação continuam achando que o aço ainda é um material caro, impagável para o bolso da maior parte da população. Isso, aliado ao desconhecimento dos profissionais ao “modo de projetar” do aço, vai acarretar o baixo emprego do material nos projetos e contribuir para a “cultura do concreto”, que, apesar de vir mudando, nos últimos anos, ainda persiste no nosso país.

Outro fator, que vejo ainda como um empecilho, é o lobby das indústrias de cimento, que ainda têm um forte papel no cenário brasileiro. Posso estar errada, mas tenho essa sensação, não sou uma especialista em mercado!

A construção metálica no Brasil, hoje, comparada com os países da Europa, Japão, Canadá, Estados Unidos, entre outros, pode ser considerada incipiente. Já cresceu muito, mas ainda está engatinhando. Quando defendi minha dissertação há quase 5 anos atrás (setembro de 2003) estava bem parecido com o cenário que temos hoje, pouca coisa evoluiu. Temos uma indústria siderúrgica forte, deveríamos ter uma produção arquitetônica em aço mais expressiva. Bem, esse é o meu ponto de vista.

Vejo o profissional de arquitetura como o “start” para tudo. Ele é o iniciador do processo, o elo entre os outros profissionais das engenharias, calculistas, projetistas, dos projetos complementares, entre outros (ambientalistas, etc). Tudo é multidisciplinar e interligado e temos que saber trabalhar em equipes. Ele faz a conexão e, muitas vezes, é o gerenciador do processo.

4.2 De que maneira as pesquisas em torno das estruturas metálicas iriam contribuir para viabilizar projetos com essa técnica construtiva?

§ Quanto maior o conhecimento, maior a utilização, isso em qualquer área! Então, aumentam-se as pesquisas, os investimentos nessa área, maior será o contingente de pessoas mais bem informadas e, conseqüentemente, poderão escolher com maior propriedade esse sistema estrutural, pois verão suas características positivas, inigualáveis. A desinformação, a crença de que, ainda hoje, o custo é alto, pouco competitivo, entre outros fatores, levam ao pequeno emprego.

#### 4.3 Como garantir ao estudante de arquitetura o conhecimento prévio em relação ao aço e suas premissas de projeto?

§ Não sei como anda a carga horária nos cursos de arquitetura, mas aumentá-la e dar um ou dois semestres de projeto em aço, dando um peso um pouquinho maior que o peso que elas têm hoje, vejo como bom começo para a melhoria do desempenho dos estudantes de arquitetura e futuros arquitetos. De vez em quando recebo e-mails de pessoas que viram meu artigo na internet ou em revistas e me pedem ajuda para terminar o trabalho final de graduação. Pude perceber que a noção que esses alunos têm, no último período, ou ano, é bem pequena, têm dúvidas bem básicas, primárias. Eles têm uma idéia da forma que querem projetar e apenas isso. A noção de transmissão de esforços, cargas, onde na estrutura estará sendo comprimida, tracionada, como será o efeito do vento, se a estrutura ficará de pé e coisas nessa mesma linha de pensamento não são cogitadas. Eu, quando estava fazendo meu trabalho final de graduação, que, obviamente foi um projeto em estrutura metálica, tinha tantas deficiências ou mais (porque tenho quase 10 anos de defasagem com relação a eles, e isso quer dizer 1 geração) que esses alunos que estão formando agora. Mas acho que isso foi o que me impulsionou a fazer minha especialização e depois o meu mestrado, ambos na área de construções em estruturas metálicas, sempre buscando respostas para minhas perguntas. Ainda continuo com perguntas sem respostas! (risos)

#### 4.4 Como aperfeiçoar o uso do aço para os arquitetos, desmistificando a cultura atual existente e colaborando para a industrialização da construção no Brasil?

§ Os maiores responsáveis pelo aumento do uso, sem dúvida, serão as novas gerações de arquitetos, os que estão se formando e que se formarão, com uma formação mais



integrada entre a arquitetura e a engenharia civil, pois vejo isso como de fundamental importância. Os engenheiros e os arquitetos não devem ser “competidores”, mas sim pares, em seus trabalhos, pois um auxilia o outro no desenvolvimento dos projetos, um complementa o outro. E todo esse pensamento deve ser incentivado já dentro da Universidade. Vejo a UNICAMP como um excelente exemplo disso. Essa segregação existente na maior parte das universidades é um dos entraves ao nosso desenvolvimento.

E os arquitetos que, como eu, como você e outros, se especializaram nessa área e tentam disseminar o uso das estruturas metálicas são outra porta de entrada para o aumento e aperfeiçoamento do uso.

A outra responsabilidade é das universidades e centros de pesquisas, que têm por função disseminar o conhecimento, divulgar experimentos que estão sendo feitos nas diversas áreas, incluindo testes com novos materiais na construção civil (isso contribui para a industrialização – materiais para fechamento – vertical, horizontal, isolamento térmico-acústico, etc.)

Outra porta de aperfeiçoamento do uso são as empresas (que vendem estruturas, perfis metálicos) que devem divulgar o seu produto, ministrando cursos, distribuindo materiais informativos, colaborando para a produção dos mesmos.

## **5. Racionalização da Construção - integração dos processos envolvidos nas construções com estruturas de aço**

---

### **5.1 Quais vantagens da construção metálica devem ser destacadas?**

§ Citarei algumas possibilidades, vantagens que o aço oferece em relação aos outros materiais, pois acho que já falei disso em outras respostas.

- Grandes vãos
- Peças esbeltas
- Possibilidade de composição de peças, perfis
- Boa resistência à tração e compressão (caso perfis tubulares)
- Possibilidade de necessidade de industrialização das peças e componentes usados na composição, fechamento das estruturas
- Padronização e modulação
- Construção limpa

- Menor retrabalho    menor gasto
- Tempo    diminuição do prazo de construção, tempo no canteiro é menor. Tempo de projeto é alongado, mas com uma boa equipe isso é resolvido. “Tudo” é decidido *a priori*
- Inúmeras possibilidades estéticas

5.2 A estrutura metálica é sempre resultante de um processo industrializado, nesse contexto, qual a importância da integração dos processos envolvidos nas construções com estruturas de aço?

§ Todos os processos devem ser integrados, bem como os profissionais. O processo industrializado é uma cadeia, que vem desde a escolha dos insumos certos, do meio de produção adequado, do bom emprego de componentes, mão-de-obra especializada na manufatura do produto e por fim, saber onde, em que mercados “vender” o seu produto. Assim deve-se pensar a estrutura metálica. Ainda temos a tendência de pensar a construção civil de uma maneira arcaica.

## **6. Importância dos critérios arquitetônicos para a concepção estrutural**

---

6.1 A concepção estrutural interfere no projeto arquitetônico em aço?

§ Penso que sem uma concepção estrutural adequada o projeto arquitetônico fica sem embasamento. Todo o processo de projeto parte dessa premissa básica, desenvolvimento a partir do sistema estrutural (aço), pensando o projeto como um todo, nunca esquecendo nem da forma, nem da função.

**Entrevista - 10.07.2008**

**Arquiteta: Maristela Bauermann**

**Empresa: Gerdau Açominas - Perfis Estruturais**

E-mail: maristela.bauermann@gerdau.com.br      www.gerdau.com.br/perfisgerdauacominas

## **1. Concepção do projeto**

---

1.1 Quais diretrizes de um partido arquitetônico viabilizam o uso do aço em suas obras?  
Normalmente é o partido que define o emprego do aço?

§ Sim, normalmente é o partido que define.

Diretrizes: existência de uma coordenação modular, principalmente estrutural; existência de grandes vãos estruturais, etc.

1.2 Dentro da concepção do projeto, o que o leva a projetar com estruturas metálicas?

§ Necessidade de uma arquitetura expressiva e contemporânea; intenção de obter uma estrutura mais leve e que resulte em maiores vãos; exigência de maior controle de qualidade e de garantia da durabilidade; necessidade de acelerar a construção e de reduzir a geração de resíduo.

## **2. Parâmetros e premissas no uso do aço**

---

2.1 Quais considerações e premissas estão presentes em seus projetos para garantir a qualidade do projeto com sistema construtivo em estrutura metálica?

§ Algumas considerações e premissas perseguidas são: coordenação modular; redução de tipos; vãos estruturais que apresentam melhor custo benefício; seleção de materiais e sistemas compatíveis, detalhamento adequado das soluções etc.

2.2 O que o levou a projetar com estruturas metálicas?

§ A liberdade criativa que a tecnologia me permite explorar.

### 2.3 Quais as diferenças principais em se pensar em uma obra em aço?

§ Reafirmando a resposta 1.1, uma diferença importante que merece destaque é que ela deve ser pensada como uma construção industrializada, exigindo, por exemplo, da gerência do empreendimento e da coordenação do projeto uma visão sistêmica dos processos, incluindo os industrializados.

### 2.3 Que possibilidades o aço oferece em relação a outros materiais?

§ O aço nos permite executar maiores vãos com maior facilidade construtiva e com maior leveza estrutural; reduzir o peso da estrutura; executar com maior facilidade a fundação (estaca metálica) e obter uma construção seca, com o mínimo de resíduo e desperdício.

## 3. Uso do aço: justificativas

---

### 3.1 Quais possibilidades estéticas o aço oferece?

§ São infinitas as possibilidades estéticas que o aço oferece. Por exemplo, podemos explorar desde uma arquitetura high tech até uma arquitetura mais rústica.

### 3.2 Estrutura metálica aparente ou revestida? Quais aspectos do projeto definem a solução mais adequada?

§ Revestida, principalmente se existir dificuldade de manutenção ou o ambiente for altamente agressivo, por exemplo.

Aparente, se for intenção explorar seu potencial plástico, principalmente.

## 4. Uso do aço no Brasil - formação do arquiteto

---

### 4.1 Como você avalia a construção brasileira com estruturas metálicas hoje e como o profissional de arquitetura pode contribuir com a expansão do uso do aço?

§ Eu acredito que a construção brasileira com estruturas metálicas está consolidada, apresentando grande potencial de crescimento, principalmente no setor de habitação.

O arquiteto pode contribuir à medida que conhece a tecnologia e a aplica, empregando as melhores práticas, elaborando projetos viáveis, técnica e economicamente, sem que isso signifique restrição criativa.

4.2 De que maneira as pesquisas em torno das estruturas metálicas iriam contribuir para viabilizar projetos com essa técnica construtiva?

§ As pesquisas em torno das estruturas metálicas contribuem com a evolução tecnológica do sistema, mas também e principalmente, na qualificação de profissionais para atuação nesse novo contexto.

4.3 Como garantir ao estudante de arquitetura o conhecimento prévio em relação ao aço e suas premissas de projeto?

§ Através da introdução de conteúdos específicos sobre a tecnologia do aço, além do conteúdo básico (mais comum e restrito) sobre pré-dimensionamento ou dimensionamento de estruturas metálicas que é usualmente aplicado nas faculdades. E ainda, através da promoção de visitas a obras e a fabricantes e do incentivo para a participação em eventos e concursos específicos.

4.4 Como aperfeiçoar o uso do aço para os arquitetos, desmistificando a cultura atual existente e colaborando para a industrialização da construção no Brasil?

§ Disseminando a tecnologia através de palestras, cursos, eventos técnicos; incentivando a pesquisa e a aplicação através de concursos; elaborando e fornecendo material técnico; e disponibilizando assessoria técnica para os interessados.

## **5. Racionalização da Construção - integração dos processos envolvidos nas construções com estruturas de aço**

---

5.1 Quais vantagens da construção metálica devem ser destacadas?

§ Além das já citadas nas respostas anteriores:

- Organização do canteiro de obras;
- Alívio de fundações;
- Maiores vãos livres;
- Racionalização de material e mão de obra;
- Redução no prazo de execução;

- Retorno financeiro mais rápido;
- Facilidade de montagem e desmontagem;
- Facilidade para aplicação em ampliações e reformas;
- Redução do desperdício e de resíduo;
- Facilidade para reciclagem do material.

5.2 A estrutura metálica é sempre resultante de um processo industrializado, nesse contexto, qual a importância da integração dos processos envolvidos nas construções com estruturas de aço?

§ Fundamental.

## **6. Importância dos critérios arquitetônicos para a concepção estrutural**

---

6.1 Como a concepção estrutural interfere no projeto arquitetônico em aço?

§ A concepção estrutural interfere na arquitetura assim como a concepção arquitetônica, na estrutura.

6.2 Qual a importância do diálogo entre o arquiteto e os demais profissionais envolvidos com o processo de projeto com o aço?

§ O diálogo efetivo entre o arquiteto e os profissionais envolvidos no processo de projeto é extremamente importante para que os melhores resultados sejam alcançados, seja qual for a tecnologia empregada.

Entrevista - 06.04.2009

**Arquiteto: Paulo Mendes da Rocha**

**Currículo Resumido**

- Museu Brasileiro de Escultura (MUBE) - São Paulo
- Praça do Patriarca - São Paulo
- Intervenção na Pinacoteca do Estado - São Paulo
- Forma - São Paulo
- Museu da Língua Portuguesa - São Paulo
- Poupa Tempo Itaquera - São Paulo
- Museu Escola - Santo André - São Paulo
- Centro Universitário em Vigo, Epanha
- Intervenção na Oca - São Paulo
- Prêmio Pritzker e prêmio Mies van der Rohe



Praça do Patriarca - São Paulo - 1992  
(Fonte: [www.designboom.com/eng/interview/rocha.html](http://www.designboom.com/eng/interview/rocha.html))



Pinacoteca do Estado - São Paulo -1993  
(Fonte: [www.designboom.com/eng/interview/rocha.html](http://www.designboom.com/eng/interview/rocha.html))

## 1. Concepção do projeto e justificativas ao uso do aço

---

### 1.1 Quais diretrizes de um partido arquitetônico viabilizam o uso do aço em suas obras?

Normalmente é o partido que define o emprego do aço?

§ A concepção do projeto não viria da preposição da estrutura metálica, viria das razões que movem a arquitetura. A estrutura metálica surgiria como oportunidade técnica, ética, da economia de se utilizar essa técnica. Nesse caso, como rapidez de execução, flexibilidade de montagem, possibilidades de se executar os espaços desejados nesse projeto.

O Senado de Brasília, exemplo de obra que foi projetada em concreto armado, e por fim foi executado em aço em virtude da corrida para inaugurar Brasília.

Isso mostra que o aço não tem nada a ver com concepção de projeto. A oportunidade de se usar o metal vem depois da concepção do projeto.

O museu Beaubourg (Pompidou), de Renzo Piano e Richard Rogers é um bom exemplo de projeto que teve toda sua concepção em estrutura metálica. Então, você tem razão, pode haver o caso de se projetar em aço desde a concepção, onde a estrutura é diretamente ligada à arquitetura, mas o raciocínio não é bem assim na visão do arquiteto. Ele não inicia um projeto a partir de um material, diante do que ele quer fazer, ele escolhe o material adequado que atende as características exigidas pelo projeto. No caso do museu Beaubourg, na França, o projeto não seria possível em outro material a não ser o aço.

Esses projetos acima citados, Pirâmides, Beuaburg, mostram que a estrutura metálica não determina propriamente uma família de formas. A primeira demanda não é nem essa, a avaliação surgiu por existir uma certa carga que devia ser suportada.

### 1.2 Dentro da concepção do projeto, o que o leva a projetar com estruturas metálicas? O sistema estrutural interfere no projeto arquitetônico em aço?

§ A estrutura metálica em si já é a solução estrutural. A palavra interferência está mal colocada, pois em arquitetura uma interferência é um inconveniente.

O arquiteto primeiro tem uma visão do que se quer projetar em relação ao entorno e constrói com os recursos que tem. Já imaginou na Idade Média uma Catedral, como Notredame, se não fosse de pedra?

As pirâmides do Cairo, não existiam guas, e os egípcios queriam colocar uma pedra a 130 metros de altura, a única maneira era se fazer a base de pedra, assim, ela é a máquina da



sua própria fabricação: mecânica! Alavanca!”Dá-me uma alavanca e um ponto de apoio e eu te dou o mundo”, e depois o plano inclinado, que é por si uma máquina. Máquina da sua própria fabricação.

A pirâmide do museu de Caracas do arquiteto Oscar Niemeyer segue o mesmo raciocínio, mas agora se conhece a mecânica dos solos, então em apenas um ponto com concentração brutal, foi possível distribuir as cargas. E todo o engenho das forças presentes é solidário. Na pirâmide do Louvre, toda de cristal e estrutura metálica foi utilizada a viga vagão.

A questão é: “Vamos fazer o que?” E não: “vamos fazer metálica”, como se fosse um estilo. E não é tão genérico por mais que pareça. Dependendo do que se quer fazer, você usa ou não usa metal, no tempo das Catedrais tinha que ser, hoje podemos escolher.

Não se pode discutir o que é em pedra e o que é em metal. “Faça um projeto arquitetônico em estrutura metálica”, na vida isso não ocorre. Existe um momento histórico, a sociedade, uma visão antropológica e lingüística.

Deve-se ligar a estrutura e a forma. Uma ponte pencil, por exemplo, não pode ser executada de outro modo a não ser em aço, mas isso não vem do desejo de fazer um projeto em estrutura metálica, e sim da necessidade das possibilidades do material.

Pensando em se projetar com aço, faz-se um raciocínio fraturado. O raciocínio da arquitetura deve ser íntegro, e se fratura depois por obrigação.

O entorno, a natureza deve ser visto não só como paisagem, mas como fenômeno, ou seja, qual é o solo? É várzea, é lama, é rocha?

- § Outra questão que quero apontar é que uma estrutura de concreto, quando pro tendida, não deixa de ser uma estrutura metálica. O fenômeno tensão pressupõe forma, é uma visão da natureza de caráter fenomenológico.

## 1.2 Estrutura metálica aparente ou revestida? Quais aspectos do projeto definem a solução mais adequada?

- § Por se falar no aspecto do projeto, ele mesmo já vai definir se ela deve ser aparente ou revestida. O projeto não é um resultado, o resultado é a pior coisa que se consegue! Temos sempre que chegar além do esperado. O projeto é sempre um mal resultado, tudo que fazemos é um desastre! E quanto maior a paixão maior o desastre!

Não se pode ter uma visão mecanicista quando entra a inteligência humana na questão. A arquitetura não é um simples resultado.

Deve-se fazer ver a verdade da estrutura, não encher de estrutura e depois cobrir tudo!

## **2. Parâmetros e premissas no uso do aço**

---

2.1 Quais considerações e premissas estão presentes em seus projetos para garantir a qualidade do projeto com estrutura metálica como sistema construtivo?

2.2 Quais as diferenças principais em se pensar em uma obra em aço?

§ A diferença principal é que o aço quando chega à obra é seco, já o concreto é fluido e informe, e leva um tempo para que por si ele cumpra o que se espera dele, 28 dias segundo a norma, 8 horas se for pro tendido como no Mube. Essa condição de uma peça ser definitiva e montada a seco na estrutura metálica, ao passo que o concreto é moldado in loco, evidencia uma virtude da estrutura metálica que é a garantia de qualidade dos perfis. Mas qualquer obra bem feita, sejam elas em aço ou concreto, são belíssimas não importando o material empregado.

O aço exige profissionais qualificados desde a siderúrgica até a montagem, já o concreto é possível ser moldado em uma forma por qualquer servente em uma obra.

2.3 Que possibilidades e/ou vantagens o aço oferece em relação a outros materiais?

## **4. Uso do aço no Brasil e formação do arquiteto**

---

4.1 Como você avalia a construção brasileira com estruturas metálicas hoje e como o profissional de arquitetura pode contribuir para a expansão do uso do aço?

§ O Brasil já tinha uma siderúrgica 50 anos antes do Japão fazer sua primeira siderúrgica. Então, falando do futuro, temos uma opção serena pela excelência do ferro, não fazemos apenas concreto de alta qualidade. Não temos problema nenhum na sua fabricação, temos problemas apenas de economia, conveniência e planejamento.

Tudo faz parte de um processo histórico que as respostas não estão definidas ainda, depende do planejamento, do país, do transporte. Então a procura de se satisfazer estas conveniências é permanente, não vai ser respondido nunca. As cidades já estão definidas, e vamos continuar crescendo para cima. E entra a questão da limitação dos canteiros de

obra, pois não podemos interferir nem perturbar o entorno. No entanto, vamos cada vez mais utilizar o pré-moldado, mas independe se é em concreto ou aço.

A melhor resposta para esta questão que está em aberto entre aço e concreto é a questão que está colocada agora: a conservação do planeta. Então, a sustentabilidade e conservação das cidades pré-existentes é que vai definir o material adequado: provavelmente a simbiose entre os dois materiais, o aço e o concreto. Dentro dessa questão de se construir no espaço urbano, um grande inconveniente é a fundação que exige estacas, trazendo muitos problemas como trincas nos edifícios já construídos.

Em síntese, o que é bom depende de um conjunto de complexidades e essa resposta está em aberto.

4.2 De que maneira as pesquisas em torno das estruturas metálicas iriam contribuir para viabilizar projetos com essa técnica construtiva?

4.3 Como garantir ao estudante de arquitetura o conhecimento prévio em relação ao aço e suas premissas de projeto?

§ A primeira questão é não esperar que a Universidade ensine isso. O que ela faz é abrir espaço, e de uma forma disciplinada aborda o conhecimento, mas é o estudante que tem que fazê-lo. Deve-se ter conhecimento das características de todos os materiais para saber qual deve ser empregado para realizar o projeto que desejamos.

4.4 Como aperfeiçoar o uso do aço para os arquitetos, desmistificando a cultura ainda existente (de preconceito com o material) e colaborando para a industrialização da construção no Brasil?

## **5. Racionalização da Construção**

---

5.1 Quais vantagens da construção metálica devem ser destacadas?

5.2 A estrutura metálica é sempre resultante de um processo industrializado, nesse contexto, qual a importância da integração dos projetos envolvidos nas construções com estruturas de aço?

5.3 Como é feita a compatibilização dos projetos envolvidos?

5.4 Como é feito o acompanhamento de uma obra em aço?

5.5 O que se modifica no cronograma de uma obra ao se utilizar o aço?

Entrevista - 07.04.2009

**Arquiteto: Mario Biselli**

**Escritório: Biselli Katchborian Arquitetos**

[www.bkweb.com.br](http://www.bkweb.com.br)

**Currículo Resumido**

- Novo Terminal de passageiros do Aeroporto Internacional Hercílio Luz - Florianópolis/SC
- Ginásio Municipal de Esportes de Barueri - São Paulo/SP
- Teatro - Natal/ RN
- Escola Cáritas - São Paulo/SP
- Estação São Cristóvão da Supervia - Rio de Janeiro/RJ
- Centro de Arte e Educação - São Paulo/SP

**1. Concepção do projeto e justificativas ao uso do aço**

---

1.1 Quais diretrizes de um partido arquitetônico viabilizam o uso do aço em suas obras?  
Normalmente é o partido que define o emprego do aço?

§ O aço é um material muito caro, mas existe uma demanda no uso do aço respeitável e os fabricantes e siderúrgicas brasileiras têm grande interesse nesse crescimento. Mas o que se aplica bem no Brasil são as coberturas, pois são estruturas leves, consomem pouco aço e viabilizam grandes vãos, deixam o custo viável, já as estruturas muito pesadas se tornam caras. As estruturas começam a ficar pesadas quando se aplicam cargas sobre elas. Quando se começa a utilizar o aço para estrutura principal de grandes edifícios ou vigas que suportam grandes cargas verticais, a estrutura em aço se torna inviável. Então temos usado o aço para coberturas de grandes vãos como ginásios, aeroportos, mas as estruturas das lajes é mais viável em concreto. Não pela estética, mas pela vocação do material em função do desenho, o aço deve ser usado onde a estrutura é leve, devem-se explorar as peças delgadas permitidas pelo aço.

1.2 Dentro da concepção do projeto, o que o leva a projetar com estruturas metálicas?  
O sistema estrutural interfere no projeto arquitetônico em aço?

§ Em primeiro lugar deve-se focar e entender a vocação e melhor aplicabilidade do aço e depois outras coisas como subestrutura para caixilharias, escadas, pela rapidez e facilidade

de montagem. O aço também trabalha e se integra muito bem em conjunto com o alumínio e a madeira.

O sistema estrutural interfere no projeto arquitetônico em aço, pois a definição da estrutura acaba sendo a própria definição da arquitetura. A estrutura acaba definindo a arquitetura. Depende do projeto, em uma casa a estrutura não é tão determinante como a funcionalidade e programa a serem atendidos. Em projetos de grande escala a estrutura é muito determinante.

### 1.3 Estrutura metálica aparente ou revestida? Quais aspectos do projeto definem a solução mais adequada?

§ Um dos motivos que não viabilizam o uso do aço no caso dos prédios é que a estrutura deve ser revestida em vista da proteção contra incêndio. Já nas coberturas essa proteção não é necessária, pois o problema de incêndio interfere muito menos. Acho que a estrutura de aço deve ser aparente para que se possa explorar suas qualidades estéticas, pois é um material muito expressivo. O arquiteto deve saber utilizar toda sua expressividade, elegância, aparência da natureza do material. Em relação à proteção contra incêndio, essa é uma razão pelo qual acho que não vale à pena seu uso em estruturas de grandes prédios.

## 2. Parâmetros e premissas no uso do aço

---

### 2.1 Quais considerações e premissas estão presentes em seus projetos para garantir a qualidade do projeto com estrutura metálica como sistema construtivo?

§ Existem poucos bons fabricantes e calculistas de aço no Brasil, e em minha opinião o Brasil ainda não tem uma cultura de metálica por ser uma cultura recente. Ainda não existe uma expressão brasileira da arquitetura em aço com a mesma força que temos a tradição em estrutura de concreto. A arquitetura em metálica ainda está se criando, pois a fabricação e aço ainda eram incipientes até a privatização das siderúrgicas. Mas hoje o Brasil tem aço de muita qualidade e nossa escala de produção é excelente. Mas em primeiro lugar, deve-se criar uma cultura de cálculo estrutural de aço. Em segundo lugar, temos que nos atentar à proteção do aço devido à umidade excessiva no Brasil. Existem estruturas metálicas muito baratas que apresentam muita corrosão, não consideram a proteção, e o tratamento do aço ainda não tem uma atenção adequada. Ainda não existe uma cultura instalada no

Brasil para proteção do aço, como pinturas anti-corrosão, entre outras. Sempre tenho problemas, principalmente quando uso chapas mais finas, perfuradas, e não sei como resolver isso, pois aço já é caro, e sua manutenção inviabiliza ainda mais seu uso. No entanto, minhas considerações são que a técnica propriamente dita, do cálculo e produção do aço, devem ir para outro nível, a fabricação e revestimentos anti-corrosão necessitam mais atenção. Além disso, o preço e a durabilidade ainda não atendem às expectativas e precisam melhorar muito. Já a mão-de-obra, acredito que não é um problema, o problema maior é a fabricação e proteção, ou seja, preço e durabilidade.

## 2.2 Quais as diferenças principais em se pensar em uma obra em aço?

- § O aço é um sistema construtivo completamente diferente de se projetar, pois funciona por tramas principais e secundárias que se interligam. O concreto é completamente diferente, é uma massa de modelar, faz-se a forma e ele se molda, é maciço. O que faz com que a concepção mude, mas não significa que o projeto é menos detalhado, e o concreto depois de concretado não tem como se modificar. Já o aço pode montar e desmontar. O concreto deve ser demolido depois e de concretado não pode ter erro nenhum. O aço se arruma sem nenhum prejuízo, não se perde nenhuma peça, já o concreto exige demolição. A metálica não aceita erro de cálculo, mas se é necessário uma modificação, ela aceita correções; essa é a minha opinião diante das minhas experiências. Mas diante de um imprevisto o aço é mais fácil de lidar, o que é uma imensa vantagem do uso do aço. O problema do arquiteto é que ele não acompanha e não controla a execução, e isso ocasiona erros com qualquer material.
- § O aço tem uma outra linguagem, o arquiteto não pode desenhar uma treliça metálica e não detalhar os encaixes, pois assim o projeto não explora suas qualidades.

## 2.3 Que possibilidades e/ou vantagens o aço oferece em relação a outros materiais?

- § Maleabilidade, rapidez de montagem e limpeza da obra são importantes qualidades do aço, além das vantagens técnicas, pois trabalhamos com sistemas muito mais leves e vencemos vãos muito maiores do que com qualquer outro material.

## 4. Uso do aço no Brasil e formação do arquiteto

---

#### 4.1 Como você avalia a construção brasileira com estruturas metálicas hoje e como o profissional de arquitetura pode contribuir para a expansão do uso do aço?

§ O que os arquitetos podem fazer é projetar mais com aço, conhecendo realmente o sistema construtivo, como ele funciona. Na escola infelizmente não existe muita informação técnica, eu mesmo não aprendi nada sobre estruturas metálicas na faculdade, aprende-se muito observando e conversando com calculistas. Algo fundamental de se entender é que o sistema construtivo em aço funciona em tramas, diferentemente do concreto. Hoje em dia os arquitetos utilizam o aço muitas vezes para se transmitir a idéia do high-tech, mas o aço não é uma tecnologia nova, o concreto é uma tecnologia muito mais nova que o aço! O aço remonta às pontes inglesas, que é anterior ao concreto! Mas ainda na temos uma cultura do aço no Brasil, e isso não é culpa dos arquitetos, mas também dos calculistas e dos fabricantes, que ainda são improvisadores. Outro porém é que ainda não se tem uma história brasileira do uso do aço, não se sabe exatamente as patologias e seus desempenhos, mas sou um grande entusiasta do uso do aço, mas seu uso deve ser sempre muito bem articulado. Não acho que existe sentido em se fazer uma estrutura metálica e assentar bloco por cima do perfil dessa estrutura. Isso é uma falta de compreensão de como funciona e qual a vocação do sistema construtivo. Quando se constrói em aço não deve ser usada alvenaria convencional, o cimento não tem a mesma linguagem do aço, um tem a linguagem do milímetro enquanto o outro tem a linguagem do centímetro. E isso acontece muito, é uma falta de compreensão, é um nonsense! O aço deve ser articulado com o alumínio, vidro, e outros materiais industrializados.

#### 4.2 De que maneira as pesquisas em torno das estruturas metálicas iriam contribuir para viabilizar projetos com essa técnica construtiva?

- § Tem que ser criada um biografia do aço para colaborar com a expansão do uso das estruturas metálicas, pois temos basicamente informações, e se publicassem o comportamento de projetistas, calculistas e fabricantes seria possível entender o cenário macroeconômico da siderurgia, e isso é importantíssimo.
- § Não usamos metálica no Brasil por não existir uma política nacional, no entanto, tem que se entender o cenário global para que seja vista a viabilidade e aplicabilidade do aço.

4.3 Como garantir ao estudante de arquitetura o conhecimento prévio em relação ao aço e suas premissas de projeto?

- § Os estudantes devem freqüentar as bibliotecas, pois o mundo constrói muito em aço, o Brasil que ainda não tem essa cultura, temos uma tradição Ibérica, da alvenaria e do concreto. Mas países como a Inglaterra, Alemanha, EUA, Japão, têm muita tradição com o aço.
- § Ninguém me ensinou a usar metálica na faculdade, o que aprendi foi com minhas experiências. Mas deve-se aguçar o interesse dos alunos ainda na faculdade, pois arquitetura tem uma linguagem muito pessoal e particular, é uma forma de se expressar e o arquiteto deve conhecer todos os materiais para conseguir se expressar. O pouco uso está ligado à falta de tradição no uso de aço, mas o Brasil está progredindo, embora as obras sejam mal executadas por falta de detalhamento, não existem encaixes, usa-se mais a solda no lugar do parafuso, e tem muito improvisado. O ideal é que os encaixes já sejam projetados.

4.4 Como aperfeiçoar o uso do aço para os arquitetos, desmistificando a cultura ainda existente (de preconceito com o material) e colaborando para a industrialização da construção no Brasil?

- § Não tenho pré-concepções, não tenho fixação em um determinado material, uso diversos materiais em uma mesma obra. Tento entender a vocação de cada material, e é fundamental entender isso! Não tenho predileção pelo aço. O projeto deve ser bem articulado e deve funcionar independente do material.

## **5. Racionalização da Construção**

---

5.1 Quais vantagens da construção metálica devem ser destacadas?

- § A primeira vantagem a ser destacada é que o aço funciona muito bem quando se tem pouca variação de peças, ou seja, quando existe a padronização das peças e isso não acontece com o concreto, a não ser que ele seja pré-fabricado.



5.2 A estrutura metálica é sempre resultante de um processo industrializado, nesse contexto, qual a importância da integração dos projetos envolvidos nas construções com estruturas de aço?

§ O aço trabalha muito bem quando se usa tamanhos padrões de peças e o projeto segue uma modulação. E os sistemas de vedações devem seguir essa mesma padronização. Um problema grave que enfrentamos é que não somos remunerados para detalhar o projeto, o cliente se recusa. Por isso cada vez mais as construtoras contratam arquitetos, pois o projeto é barato e já existe um corpo técnico interno no escritório que garante a integração dos projetos envolvidos.

5.3 Como é feita a compatibilização dos projetos envolvidos?

§ E a compatibilização é feita dentro da construtora.

5.4 Como é feito o acompanhamento de uma obra em aço?

§ Em minha opinião a diferença é que o acompanhamento de uma obra em aço é mais fácil. É mais simples, pois o aço tem margem de manobra para imperfeições, são soldas e parafusos, não é concretou acabou! O importante é conferir os cálculos e desenhos de produção, o arquiteto deve ficar muito atento a essa etapa.

5.5 O que se modifica no cronograma de uma obra ao se utilizar o aço?

§ O cronograma é diferente apenas na execução; uma obra em aço é mais rápida, pois as peças são soldadas ou parafusadas e os perfis são fabricados muito rápidos. Já o projeto requer o mesmo tempo, qualquer sistema construtivo exige detalhamento completo do projeto.

## **6. Importância dos critérios arquitetônicos para a concepção estrutural**

---

6.1 Existem diferenças entre o projeto com estruturas leves, como residências, e mais pesadas, como edifícios?

§ Projeto casas, aeroportos, e em muitas vezes uma residência é mais trabalhosa. Não consigo ver grande diferença, afinal um projeto é sempre um desafio e deve-se ter muita disciplina. Mas em relação ao sistema construtivo, o detalhamento é sempre imprescindível independente do sistema escolhido.

6.2 Como as empresas fornecedoras facilitam o projeto em aço? São disponibilizados catálogos ou suplementos técnicos?

§ Tenho trabalhado mais com os calculistas do que com os fabricantes, discuto os projetos com os calculistas. O fabricante às vezes faz ajustes e alterações em medidas para facilitar a fabricação e essa adaptação deve ser comunicada ao arquiteto. Mas normalmente o calculista já fala sobre a viabilidade da peça.

6.3 O que é mito e o que é verdade sobre as patologias do aço e seu comportamento em um incêndio?

§ Existem as tintas intumescentes, e algumas tintas têm um valor muito elevado, mas existem as espumas que por outro lado estragam completamente a estética do perfil em estrutura metálica. Mas os bombeiros exigem tal proteção em edifícios altos, em residências não existe tal cobrança. Por isso não acho indicado o aço para construção de prédios, pois o fogo pode fazer o edifício ruir! Acho perigoso usar o aço em estruturas de prédios. Mas não é uma questão de tamanho e sim de vocação do material.

**Entrevista - 04.2009**

**Engenheiro: Flavio Gaiga**

**Empresa: Solutec Engenharia de Estruturas Ltda.**

Poços de Caldas - MG

[www.solutecengenharia.com.br](http://www.solutecengenharia.com.br)

## **1. Concepção do projeto e justificativas ao uso do aço**

---

1.1 Quais diretrizes de um partido arquitetônico viabilizam o uso do aço em suas obras?  
Normalmente é o partido que define o emprego do aço?

§ Na construção em aço sempre que possível a padronização e a definição de layouts que permitam modulações econômicas podem viabilizar ou não o uso do aço na construção; não que isso seja um fator limitante. Nem sempre será o partido arquitetônico que irá definir o uso do aço.

1.2 Dentro da concepção do projeto, o que o leva a projetar com estruturas metálicas? O sistema estrutural interfere no projeto arquitetônico em aço?

§ São vários os fatores que levam a se projetar em estruturas metálicas: agilidade, flexibilidade, seções mais delgadas, maior precisão em relação a outros sistemas estruturais, entre outros. O sistema estrutural poderá interferir no projeto arquitetônico em aço se for possível ou necessário, sendo que esta interferência poderá ser mínima ou de maior intensidade. Como a construção em aço está ligada a um processo de industrialização, a padronização de vãos e conseqüentemente a padronização de peças irá viabilizar a construção.

1.3 Estrutura metálica aparente ou revestida? Quais aspectos do projeto definem a solução mais adequada?

§ Irá depender do partido arquitetônico da obra. Existem algumas vantagens no caso da estrutura metálica aparente, sendo uma delas a facilidade de manutenção. No caso da estrutura metálica revestida, com a correta utilização de alguns materiais obtém-se ganho de resistência e proteção em situação de incêndio, como por exemplo, no caso dos pilares mistos.

## **2. Parâmetros e premissas no uso do aço**

---

2.1 Quais considerações e premissas estão presentes em seus projetos para garantir a qualidade do projeto com estrutura metálica como sistema construtivo?

§ Inicialmente em toda a cadeia do desenvolvimento do projeto de estrutura metálica o acompanhamento de um engenheiro com experiência especializado nesta área é fundamental para que se obtenha um projeto de qualidade. O projeto de estrutura metálica compreende a análise de esforços e dimensionamento (geralmente conhecida como o cálculo da estrutura), o desenvolvimento do projeto básico executivo, com indicação das ligações entre os elementos da estrutura e o projeto de fabricação e montagem, com o detalhamento completo de todos os elementos. Neste processo estarão envolvidos engenheiros calculistas, projetistas e desenhistas.

2.2 Quais as diferenças principais em se pensar em uma obra em aço?

§ Conceber a arquitetura tirando partido da máxima utilização das vantagens do sistema construtivo em aço ao invés de “adaptar” o sistema construtivo em aço a uma obra concebida para ser estruturada com outro sistema, por exemplo o concreto armado.

2.3 Que possibilidades e/ou vantagens o aço oferece em relação a outros materiais?

§ Alta resistência quando submetido à tração ou compressão, possibilidade de reciclagem, grande quantidade de perfis disponíveis no mercado, flexibilidade no desenvolvimento de outros tipos de perfis, no caso dos materiais dobrados, facilidade de associação com outros materiais etc.

#### **4. Uso do aço no Brasil e formação do arquiteto**

---

4.1 Como você avalia a construção brasileira com estruturas metálicas hoje e como o profissional de arquitetura pode contribuir para a expansão do uso do aço?

§ Atualmente vemos o aço sendo utilizado em praticamente todas as áreas da construção, não somente nos setores industriais, onde é mais presente. Para contribuir com a expansão do uso do aço é fundamental para o profissional de arquitetura primeiramente conhecer a fundo o sistema construtivo e viabilizar em seus projetos a utilização deste sistema, pensando a obra em aço.

4.2 De que maneira as pesquisas em torno das estruturas metálicas iriam contribuir para viabilizar projetos com essa técnica construtiva?

§ Na definição de novos sistemas e técnicas construtivas, desenvolvimento de novas técnicas de análise e concepção estrutural, estudos da interface entre os diversos materiais presentes na construção de uma obra, novos materiais compostos e principalmente na formação de profissionais com conhecimento para se trabalhar com projetos em aço.

4.3 Como garantir ao estudante de arquitetura o conhecimento prévio em relação ao aço e suas premissas de projeto?

§ Seria interessante se pudesse receber na base de sua formação, isto é, na universidade, conhecimento e treinamento suficiente para entender o sistema construtivo e suas possibilidades de utilização (vantagens e desvantagens). Entender como o sistema estrutural se comporta é fundamental para que se projete arquitetura em aço.

4.4 Como aperfeiçoar o uso do aço para os arquitetos, desmistificando a cultura ainda existente (de preconceito com o material) e colaborando para a industrialização da construção no Brasil?

§ Fornecendo treinamento, material de pesquisa, aproximando a relação entre os escritórios de projeto de arquitetura e estrutura. Seria interessante se na fase inicial de concepção arquitetônica o engenheiro estrutural estivesse participando e auxiliando na definição do projeto arquitetônico.

## 5. Racionalização da Construção

---

### 5.1 Quais vantagens da construção metálica devem ser destacadas?

§ Similar ao já citado anteriormente, agilidade em toda a cadeia de processo, maior precisão em relação a outros sistemas construtivos, possibilidade de trabalho conjunto com outros sistemas durante a construção, facilidade de remodelação, possibilidade de desmontagem e adaptação da estrutura, facilidade de reforço etc.

### 5.2 A estrutura metálica é sempre resultante de um processo industrializado, nesse contexto, qual a importância da integração dos projetos envolvidos nas construções com estruturas de aço?

§ É fundamental que todos os projetos contemplem soluções para que um sistema não interfira e/ou esteja em desacordo com as características de outro. A integração entre todas as disciplinas de projeto é fundamental.

### 5.3 Como é feita a compatibilização dos projetos envolvidos?

§ Geralmente esta tarefa é realizada pela arquitetura, porém percebemos uma subdivisão na maioria das obras, onde há uma maior interação entre os projetos de estrutura metálica e concreto e posteriormente a compatibilização da arquitetura, após a compatibilização entre estas duas disciplinas.

### 5.4 Como é feito o acompanhamento de uma obra em aço?

§ A partir da fase de projeto, desde a fabricação e montagem há uma série de profissionais, engenheiros e arquitetos envolvidos no processo, inclusive no controle de qualidade. Na maioria das obras em que se busca qualidade, há o acompanhamento e fiscalização de empresas desde a fase de projeto ao término da montagem.

### 5.5 O que se modifica no cronograma de uma obra ao se utilizar o aço?

- § Maior agilidade em comparação a outros sistemas estruturais e a possibilidade de se trabalhar diversas fases em conjunto, pois geralmente enquanto a obra está em andamento, a estrutura metálica estará sendo produzida em uma fábrica (dois ou mais processos correndo em conjunto).

## **6. Importância dos critérios arquitetônicos para a concepção estrutural**

---

6.1 Existem diferenças entre o projeto com estruturas leves, como residências, e mais pesadas, como edifícios?

- § Nos projetos de residências dificilmente há a possibilidade de padronização de vãos e repetição de peças, o que no caso de edifícios de múltiplos andares fica mais evidenciado.

6.2 Como as empresas fornecedoras facilitam o projeto em aço? São disponibilizados catálogos ou suplementos técnicos?

- § Hoje há um grande interesse por parte das empresas fornecedoras em se criar facilidades e de se desenvolver um trabalho de suporte para quem está projetando em aço, seja arquitetura ou estrutura. Além de catálogos e suplementos técnicos percebemos um grande crescimento de profissionais na área de consultoria nestas empresas.

6.3 O que é mito e o que é verdade sobre as patologias do aço e seu comportamento em um incêndio?

- § O aço, como qualquer outro material que receba ou não proteção e manutenção, irá apresentar ou não patologias ao longo de sua vida útil ou mesmo instantaneamente quando utilizado na construção. Ainda hoje há desconhecimento por parte de grande número de profissionais com relação ao comportamento do aço em situação de incêndio. Temos diversas referências de normas e bibliografias nacionais e internacionais; o aço interagindo ou não com outros materiais, recebendo ou não proteção contra incêndio pode ser utilizado para resistir a uma situação de incêndio, desde que bem dimensionado.

Entrevista - 08.04.2009

**Arquiteto: Siegbert Zanettini**

**Escritório: Zanettini Arquitetura Planejamento Consultoria Ltda.**

[www.zanettini.com.br](http://www.zanettini.com.br)

### **Currículo Resumido**

- Sede do escritório Zanettini - SP
- Escola Panamericana de Arte Sede na Avenida Angélica - SP
- Escola Panamericana de Arte - Groenlândia - SP
- Cenpes - Centro de Pesquisas da Petrobras – RJ
- Programa de Dupla Formação FAU-EPUSP



Sede do escritório Zanettini - São Paulo  
(Fonte: Arquivo Pessoal - 2009)

§ Tenho um ponto de vista que não se deve usar apenas um material ou um sistema construtivo, embora eu seja muito conhecido pelo uso do aço. O que me preocupava, e sempre me preocupou, era ver a baixa qualidade da obra convencional, sem programação, com imprevistos, desperdício na obra e uma série de outros problemas.

Minha formação foi em uma época de transição em que a Fau estava se separando da Poli, e todos os meus professores eram engenheiros da Poli. Então tive uma formação de



arquiteto-engenheiro, e era muito importante o conhecimento científico e tecnológico na produção de arquitetura. Naquela época eu já projetava casas pré-fabricadas e já visualizava a importância de se passar de uma produção artesanal com mão-de-obra desqualificada para a produção industrializada.

Isso foi um ponto muito importante em toda minha produção e todos os meus projetos, independente dos materiais que foram usados ou dos sistemas construtivos escolhidos.

Sempre incentivei que se transferisse a forma de produção do canteiro de obras improvisado com um controle de qualidade muito maior dentro da indústria para a produção de materiais, de sistemas, elementos e componentes.

Então essa visão de dar uma qualidade no período da construção estava muito ligada a uma crítica que se fazia ainda na década de 70 à arquitetura moderna. Era concomitante Venturi falando lá e eu aqui, e eu participava desse processo de mudança. Mas algo me incomodava, e chegando ao final da década de 70 a arquitetura moderna deixou de ser causa para ser um estilo.

Começamos a fazer várias experiências com madeiras e aço, e comecei a experimentar, mesmo sem indústrias, tecnologia, professores, alunos, sem fabricantes, sem mão-de-obra, mas sempre estive muito informado sobre a produção mundial.

Mies van der Rohe já utilizava a tecnologia do aço em Chicago em 1930 e sempre vi que o Brasil estava muito atrasado no tempo, e realmente estamos mais de 40 anos atrasados!

§ A delicadeza dos encaixes, encontros e junções de um trabalho em madeira é próxima à do aço. Deve haver sensibilidade de se perceber uma tecnologia mais refinada nos encaixes. Nesse contexto, eu já fazia algumas críticas aqui no Brasil, e fui visitar nessa época, na década de 70, um projeto de Richard Rogers e Renzo Piano, o Pompidou em Paris, e lá eu percebi que a arquitetura moderna estava dando lugar à arquitetura contemporânea.

Essa visão da arquitetura chamada unidimensional, onde a estética predominava, ficou fortemente marcada em todos os séculos, e na arquitetura brasileira fez-se com o espaço de Niemeyer, que para mim faz grandes esculturas e não arquitetura. Isso tudo é parte de um período histórico importantíssimo, mas que já passou, estamos no século 21, o século do intelecto! Então comecei a exercitar o aço e ver as vantagens do seu uso. Tudo que é projetado se encaixa na obra: chapas, fechamentos, coberturas, vedações, ligações, tudo montado sem sobrar nenhum parafuso! Era um outro caminho que fomos nos distanciando em relação ao mundo todo! E eu insisti! Com tudo isso em pauta, resolvi fazer um novo livro: “A obra em aço de Zanettini”, onde cito cada experiência com o aço e todos os aspectos tecnológicos, cálculos, patologias, momento fletor, força cortante, etc., e assim

apresento o que eu ganhei em cada experiência e como foi esse salto qualitativo criando uma teoria do aço no Brasil. Deste modo, através de cada obra mostro as vantagens do aço, evidenciando a descoberta da linguagem do vazio e tudo que é impossível em outra tecnologia.

§ A arquitetura ainda estava muito presa ao concreto, e quando se fez necessário melhorar o padrão da arquitetura, foi preciso mudar a maneira de ver a arquitetura, que deveria ser pluridimensional, holística e sistêmica. Ou seja, todo o conjunto das ciências, não só as exatas ligadas às engenharias, mas as contribuições da antropologia e questões de conhecimento mais profundo do homem melhoram as condições dos usuários. Afinal, a arquitetura não é apenas um edifício belo, ela deve responder à funcionalidade, deve ser duradoura e a obra brasileira precisa de reformas depois de quatro anos construída! Se gasta muito por não ter um projeto planejado que considere a durabilidade das edificações. Por isso sempre defendi a industrialização, projetos profundos e com base científicas. Minha arquitetura é controlada, não existem imprevistos na obra. Essas premissas fundamentais construíram a meu ver uma arquitetura contemporânea que no Brasil hoje é corretamente aplicada pelo Lelé e eu. Acredito que todos os arquitetos estão ainda muito presos à arquitetura moderna, pois existe de um lado um mundo racional com todas as ciências ligadas para transformar um canteiro de obras convencional com uma tecnologia burra, que não está preocupada com a produção e sim com as vendas!

§ Por sempre ter sido professor além de arquiteto, acho o saber teórico igualmente importante ao saber fazer. Isso me leva a querer conceber um projeto ligando todos os profissionais para garantir a qualidade da obra, com todos os intervenientes presentes.

Mas esse comportamento é válido para o aço e para qualquer outro material que pode ser utilizado, essa conduta não está ligada a apenas um sistema construtivo. Embora o aço tenha as suas peculiaridades, desempenhos, formas de trabalho, superfícies externas diferenciadas, existe uma série de integrantes de cada material que tem suas peculiaridades. E quando se coloca sistemas construtivos diferentes em uma mesma obra, deve-se atentar ao comportamento de cada um. O aço e o concreto, por exemplo, possuem um comportamento diferente em relação ao fogo, e deve-se saber a maneira correta de usar cada propriedade. Para tanto é importante conhecer as propriedades de cada material, e essa é uma peculiaridade que exige do arquiteto um projeto bem detalhado para garantir a qualidade da obra. Se o objetivo é ter uma estrutura metálica aparente, é imprescindível que se faça a proteção com tinta intumescente.

Nesse ínterim, as justificativas para o uso do aço são um conjunto de outras questões que são suas prerrogativas! Na execução do projeto, por exemplo, não existe um canteiro de obras, e sim um canteiro montagem em que cada peça chega à obra dentro de um cronograma planejado, pois existe uma precisão muito grande.

§ Às vezes um cliente chega ao escritório com um projeto em concreto e quer um orçamento da obra toda em aço. Isso é completamente ilógico! Pois um projeto em concreto apresenta vãos de cinco metros, e o aço consegue vãos bem maiores com a mesma altura de viga. O projeto deve ser concebido em aço, não transformado em aço, evidenciando que quanto menos material se põe, mais esplendor ele tem. A própria forma já é a estrutura! Quando se tem edifícios que exigem vãos pequenos, a diferença de custo entre a estrutura metálica e o concreto são relativamente pequenas.

§ O uso do aço pressupõe o desenvolvimento de componentes compatíveis com a estrutura metálica, deve-se trabalhar com juntas de cisalhamento, juntas telescópicas para caixilharia, a alvenaria quando usada juntamente com o aço deve ficar travada, mas não presa. É uma série de detalhes que se não são previstos causam problemas, são detalhes que fazem parte da linguagem do aço e seus componentes devem compor com o aço. Painéis, divisórias, caixilhos, piso, tudo industrializado e apenas montado. Os componentes devem ser precisos e industrializados, acompanhando as qualidades do aço e garantindo seu desempenho e precisão da obra, sem retoques!

Essas são algumas das vantagens do aço que são peculiaridades próprias ao sistema construtivo, mas boa parte dessas propriedades, como precisão e tecnologia limpa devem logo estar presentes em outras técnicas construtivas. Como exemplo, o Hospital Amália Franco foi todo executado em concreto, e foi uma obra limpa, pois o comportamento projetual deve ser o mesmo! Todos os integrantes da obra trabalhando juntos, prevendo organização e controle de qualidade.

Essa qualidade não está só no projeto, mas também na obra construída, na sua execução! Um projeto bem resolvido que não tem o acompanhamento dos profissionais na obra, faz com que tudo vire um caos e todo cuidado e prerrogativas consideradas no projeto sejam em vão! Quando um cliente contrata apenas o projeto sem um acompanhamento, e coloca a obra nas mãos de construtoras inexperientes que executam a obra de maneira equivocada, as qualidades do aço inexistem!

§ O correto é que todos os projetistas e cada especialidade do projeto se integrem desde o início da concepção do mesmo até sua execução.

## **1. Concepção do projeto e justificativas ao uso do aço**

---

1.1 Quais diretrizes de um partido arquitetônico viabilizam o uso do aço em suas obras?

Normalmente é o partido que define o emprego do aço?

1.2 Dentro da concepção do projeto, o que o leva a projetar com estruturas metálicas? O sistema estrutural interfere no projeto arquitetônico em aço?

§ As justificativas ao uso do aço são em primeiro lugar o tempo, ou seja, a velocidade na execução que corresponde a até  $\frac{1}{4}$  da obra convencional, a ausência de desperdício pois não sobra nenhum parafuso, o atendimento de vãos maiores, como por exemplo sempre presente em hangares, estações, aeroportos, ginásios, entre outros. O aço trabalhando a tração, flexão e torção é inigualável! Nessas situações, o aço tem grandes vantagens econômicas.

1.3 Estrutura metálica aparente ou revestida? Quais aspectos do projeto definem a solução mais adequada?

## **2. Parâmetros e premissas no uso do aço**

---

2.1 Quais considerações e premissas estão presentes em seus projetos para garantir a qualidade do projeto com estrutura metálica como sistema construtivo?

§ Um projeto em estrutura metálica requer o mesmo tempo que um projeto em concreto, pois um bom projeto requer tempo em qualquer sistema construtivo e deveria ter uma importância maior aqui no Brasil. Na Europa, por exemplo, um arquiteto trabalha dois anos em um mesmo projeto, mas ganham muito bem para isso, o que não acontece no Brasil! Essa é a diferença de um país desenvolvido de um país subdesenvolvido: lá eles investem e valorizam o trabalho do arquiteto.

2.2 Quais as diferenças principais em se pensar em uma obra em aço?

2.3 Que possibilidades e/ou vantagens o aço oferece em relação a outros materiais?

#### 4. Uso do aço no Brasil e formação do arquiteto

---

- § O atraso no uso do aço no Brasil se deve ao fato de não termos usinas e siderurgias antes. Ao invés da Vale do Rio Doce esburacar o país para enviar minério para o Japão e muitos outros países, deveria era exportar os perfis prontos! Tínhamos a maior rede ferroviária da América Latina no século passado! Mas tudo ficou atrasado.

4.1 Como você avalia a construção brasileira com estruturas metálicas hoje e como o profissional de arquitetura pode contribuir para a expansão do uso do aço?

- § Acredito que hoje o Brasil tem tecnologia para garantir a proteção da estrutura, e o acabamento externo é um dos fatores que exige mais atenção.

Em relação ao custo, o comportamento mais errôneo é tentar transformar um projeto de concreto em aço, o que gera projetos caros que não exploram as qualidades do sistema construtivo.

Para a expansão do uso do aço, tem que existir critérios e conhecimento profundo do sistema construtivo, ou seja, como ele é construído, como é fabricado, em que condições ele trabalha bem, quais alternativas devem ser escolhidas. Deve-se definir os critérios para concepção estrutural, checar a viabilidade de custo para saber escolher o sistema mais adequado.

Saber fazer e saber técnico! Refletir e agir sempre juntos!

4.2 De que maneira as pesquisas em torno das estruturas metálicas iriam contribuir para viabilizar projetos com essa técnica construtiva?

- § Essa pesquisa é um exemplo de que os estudos em torno do tema enriquecem a formação do arquiteto, você como arquiteta está enxergando os prós e contras do uso da metálica. Mostrando de maneira global as especificidades do uso de cada técnica construtiva e como um sistema completa o outro!

Até 1990 não existia a disciplina de metálica na FAU, foi aí que iniciei o primeiro curso, ensinando a concepção do seu uso, a espacialidade do sistema construtivo e conceitos fundamentais que dão o rumo correto do seu uso. Hoje em dia tem-se a evolução de tecnologias projetuais concomitantes, que difere muito de como era antigamente, onde desenhávamos à mão toda tridimensionalidade da estrutura metálica. Em suma, os alunos

devem conhecer profundamente todas as características de todos os materiais para que se faça o correto uso de suas potencialidades.

4.3 Como garantir ao estudante de arquitetura o conhecimento prévio em relação ao aço e suas premissas de projeto?

4.4 Como aperfeiçoar o uso do aço para os arquitetos, desmistificando a cultura ainda existente (de preconceito com o material) e colaborando para a industrialização da construção no Brasil?

§ O uso do aço vai depender de escolas que formem corretamente os alunos, se não existir curso voltado ao uso do aço, o profissional não vai utilizar o aço. O programa de dupla formação iniciado em 2004 na FAU-EPUSP é um sucesso. Os alunos de arquitetura fazem tudo que os engenheiros fazem, e os alunos de engenharia fazem tudo que os arquiteto fazem! Essa formação é muito rica e necessária! Os engenheiros sabiam calcular todos os momentos fletores e tal, mas não sabiam como traduzir tudo isso em desenho! E um aspecto interessante dessa união dos cursos é o processo seletivo, os que têm as melhores notas, ou seja, a melhor produção nas disciplinas cursadas até o terceiro ano do curso podem escolher se querem ter a dupla-formação. O impacto foi muito grande, pois existia uma resistência no corpo docente para escolha das matérias que seriam aplicadas na dupla-formação. Afinal, para o engenheiro a história da arte não tinha importância, o que importava era o cálculo, e não o entorno ou qualquer outra interferência como urbanismo ou gestão de projetos, então a troca foi muito rica e completou a formação de uma maneira global. Quanto maior for o nível cultural desses alunos, mais aptos eles estarão pra enfrentar os desafios do século 21 que é tão complexo e cheio de contradições. A partir daí, o aluno passa a visualizar a importância da presença de todas as especialidades de projeto, envolvendo o conforto térmico, acústico, e todas as outras especialidades, o que acabou colocando naturalmente a necessidade da formação mais completa. O curso deve ser de pelo menos dois anos, e não apenas um semestre que é o que normalmente acontece.

---

As entrevistas apresentam as questões discutidas pelos entrevistados, deste modo, as questões omitidas não foram respondidas.