

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS E CONSTRUÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

ANÁLISE DA ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS E  
COMPONENTES CONSTRUTIVOS NO PROCESSO DE  
PROJETO DE CONSTRUÇÕES METÁLICAS

Belo Horizonte, maio de 2010

Fernanda Gomes Jardim

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS E CONSTRUÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

**“ANÁLISE DA ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS E COMPONENTES  
CONSTRUTIVOS NO PROCESSO DE PROJETO DE CONSTRUÇÕES  
METÁLICAS”**

Fernanda Gomes Jardim

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de “Mestre em Construção civil”

Comissão Examinadora:

---

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

---

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

---

Prof. Dr. Adriano de Paula e Silva  
DEMC – UFMG

---

Prof. Dr. Aldo Giuntini de Magalhães  
DEMC – UFMG

Belo Horizonte, Maio de 2010

## ÍNDICE

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>III</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS .....</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VIII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. A Estrutura do trabalho .....	2
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>5</b>
3.1. Panorama do setor da construção civil .....	5
3.2. Caracterização da indústria da construção .....	9
3.3. O processo de projeto .....	12
3.4. O processo de projeto em construções metálicas .....	18
3.5. A Racionalização construtiva .....	22
3.5.1. A Racionalização em projetos .....	25
3.5.2. A Racionalização na execução .....	27
3.5.3. As novas formas de racionalização .....	27
3.6. Materiais e componentes construtivos industrializados para a construção metálica .....	30
3.6.1. Lajes .....	32
3.6.2. Vedação externa .....	37
3.6.3. Vedação interna .....	40
3.6.4. Materiais de proteção contra incêndio .....	44
3.7. Considerações Finais a respeito da revisão bibliográfica.....	49

<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>50</b>
4.1. A Metodologia do levantamento de dados através das entrevistas e a caracterização das empresas envolvidas .....	51
4.2. O desenvolvimento das entrevistas .....	53
4.3. A Metodologia do estudo de caso .....	54
<b>5. RESULTADOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO .....</b>	<b>55</b>
5.1. Resultados, Análise e Discussão Referentes às Entrevistas .....	55
5.1.1. Particularidades dos projetos de construções metálicas apresentadas pelos projetistas .....	62
5.1.2. Definição do sistema estrutural .....	63
5.1.3. Definição do sistema construtivo (materiais e componentes) .....	64
5.1.4. Integração entre os agentes do processo de projeto .....	66
5.2. Descrição, Resultados, Análises e Discussões Referentes ao Estudo de Caso .....	68
5.2.1. Descrição do empreendimento e do seu processo de projeto .....	68
5.2.2. Resultados, análises e discussões .....	76
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>80</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>84</b>
<b>8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>87</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>94</b>



## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 3

Figura 3.1. Composição do PIB por Atividade Econômica em 2004 .....	5
Figura 3.2. Produção Siderúrgica Brasileira .....	7
Figura 3.3. Produção e vendas de aço no Brasil em 2008 e janeiro 2009 .....	8
Figura 3.4. Fatores característicos dos atrasos tecnológicos da construção .....	10
Figura 3.5. Possibilidade de intervenção no empreendimento e custos acumulados ao longo das etapas de produção de um empreendimento .....	13
Figura 3.6. Equipe Multidisciplinar de projeto simultâneo .....	15
Figura 3.7. Engenharia seqüencial x Engenharia simultânea .....	16
Figura 3.8. Processo simultâneo de atividades de gestão e coordenação de projetos na construção civil .....	17
Figura 3.9. Montagem da estrutura metálica .....	33
Figura 3.10. Fixação dos <i>stud bolt</i> .....	34
Figura 3.11. Armaduras adicionais da laje .....	34
Figura 3.12. Concretagem de laje <i>steel deck</i> .....	35
Figura 3.13. Acabamento e cobrimento mínimo da laje <i>steel deck</i> .....	35
Figura 3.14. Tipos de painéis para laje <i>steel deck</i> .....	36
Figura 3.15. Painel de placa cimentícia .....	37
Figura 3.16. Painel pré-moldado de concreto .....	39
Figura 3.17. Placa para painel em concreto celular .....	39
Figura 3.18. Histórico do consumo de chapas de gesso acartonado no Brasil .....	41
Figura 3.19. Sistema completo para divisória .....	42
Figura 3.20. Garagem da central dos correios em Santo Amaro – SP, protegida com argamassa projetada .....	46
Figura 3.21. Pilar metálico protegido com argamassa projetada .....	46
Figura 3.22. Esquema de aplicação da tinta intumescente e sua expansão volumétrica em situação de incêndio .....	47

## CAPÍTULO 5

Figura 5.1. Corte lateral do projeto arquitetônico inicial .....	69
Figura 5.2. Vista da laje <i>steel deck</i> .....	70
Figura 5.3. Dutos horizontais para passagem das instalações .....	71
Figura 5.4. Paginação dos painéis celulares autoclavados modulados .....	72
Figura 5.5. Fechamento externo em painéis de bloco celular autoclavados .....	73
Figura 5.6. Remoção dos painéis celular autoclavados da fachada .....	74
Figura 5.7. Montagem do <i>steel framing</i> .....	75
Figura 5.8. Detalhe da esquadria em toda a extensão da fachada .....	75
Figura 5.9. Edificação concluída revestida em chapas de alumínio .....	76

## **LISTA DE TABELAS**

### **CAPÍTULO 4**

Tabela 4.1. Definição do porte das empresas .....	51
Tabela 4.2. Caracterização das empresas entrevistadas .....	52

### **CAPÍTULO 5**

Tabela 5.1. Tabela do resumo das entrevistas com os arquitetos .....	56
Tabela 5.2. Tabela do resumo das entrevistas com os calculistas .....	58
Tabela 5.3. Tabela do resumo das entrevistas com os fornecedores .....	60

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural

ASTM – American Society for testing and Materials

CBCA – Centro Brasileiro de Construção em Aço

DEMC – Departamento de Engenharia de Materiais e Construção

FGV – Fundação Getúlio Vargas

FO 1 a FO 3 – Empresas de Fornecedores Entrevistadas

IABr – Instituto Aço Brasil

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBS – Instituto Brasileiro de Siderurgia

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

MPa – Mega Pascal

NBR – Norma Brasileira

PA 1 a PA 4 – Empresas de Projeto Arquitetônico entrevistadas

PE 1 a PE 4 – Empresas de Projeto de Cálculo Estrutural entrevistadas

PIB – Produto Interno Bruto

Sinduscon SP – Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de  
São Paulo

TRRF – Tempo requerido de resistência ao fogo

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

## RESUMO

O atual cenário da construção civil de crescente competitividade e aumento das exigências dos clientes nos leva a necessidade da redução dos prazos, melhoria da eficiência, aumento da produtividade e qualidade dos empreendimentos. A adoção de novas tecnologias e a racionalização construtiva por meio da construção metálica e de sistemas associados compatíveis se apresentam como uma alternativa de grande potencial com rapidez construtiva, leveza, redução do desperdício e melhor aproveitamento do espaço útil. Entretanto, é necessário que haja uma visão sistêmica de todo o processo e conhecimento dos materiais envolvidos para que se possa utilizar a construção metálica em toda a sua potencialidade e seja antecipado em nível de projeto todas as especificações de materiais e componentes construtivos. Aspectos como modulação, padronização e um maior nível de detalhamento das ligações nas associações dos materiais devem ser considerados desde a concepção do projeto arquitetônico e exigem a participação efetiva de todas as especialidades envolvidas no empreendimento, inclusive fornecedores, e uma coordenação de projetos com experiência em construção metálica. Este trabalho analisa e promove um diagnóstico do processo de especificação de materiais e componentes construtivos no processo de projeto de construções metálicas, para tal, foram feitas entrevistas com escritórios de projeto arquitetônico e cálculo estrutural que são representativos em Belo Horizonte e especialistas em estrutura metálica e com fornecedores de materiais que tem seu produto comumente associados a este tipo de obra. Foi apresentado também um estudo de caso de um empreendimento já executado na busca de ilustrar o que ocorre realmente no mercado. As respostas dos projetistas e fornecedores foram analisadas e aspectos como as particularidades dos projetos de construções metálicas, definição do sistema estrutural e construtivo (materiais e componentes) e integração entre os agentes do processo de projeto, foram levantados. Questões como a escolha tardia do sistema estrutural metálico, o pouco tempo gasto no planejamento da edificação e a deficiência de detalhamentos e especificações errôneas nos projetos são alguns dos pontos levantados durante este trabalho. Conclui-se que o processo de projeto e especificação de materiais e componentes construtivos em obras metálicas é ineficiente sobre alguns aspectos e pode comprometer a utilização do sistema estrutural metálico. Na busca da melhoria da qualidade dos empreendimentos que utilizam a estrutura metálica é que espera-se contribuir com este trabalho.

**Palavras-chaves:** especificações de materiais, componentes construtivos, processo de projeto, construções metálicas.

## ABSTRACT

The current scenario of high competitiveness in civil construction, coupled with increasing client demands, has led to a constant tightening of deadlines, improvement of efficiency, an increase in productivity and better quality of projects. The adoption of new technologies and the implementation of constructive rationalization through the use of steel construction and compatible associated systems present a potentially interesting alternative in building, due to its lightness, time efficiency, waste reduction and optimized use of space. However, it is necessary to maintain a systemic view of the entire process, as well as to have a good knowledge of the materials involved so that steel construction may be used to its highest potential, and that all materials specifications and constructive components may be anticipated at design level. Aspects such as modulation, standardization and detailing of ligaments in the association of materials should be considered from the initial concept of architectural design and demand active participation of all professionals – including suppliers – involved in the construction process, and a project management with experience in steel construction. This study aims to analyze and present a diagnosis of the materials specification process as well as the constructive components in the design process of steel constructions. To that end, a series of interviews were done with professionals working in architectural design and structural calculations firms, as well as experts in metallic structures and suppliers commonly associated with this type of construction, all of whom representative of the Belo Horizonte area. A case study of a finished project was also presented, with a view to illustrating the reality of the market. The answers provided by designers and suppliers were analyzed and aspects such as the particularities of steel construction designs, definition of both the structural and constructive systems (materials and components) and the integration of the different agents involved in the design process were also identified. Questions such as the late selection of the metallic structure system, the lack of time spent on planning and problems related to details and wrong specifications were some of the problems identified in this research. The study concludes that the design process and the specification of materials and constructive components in steel construction are still inefficient in some aspects and may limit the use of metallic structure systems. This study hopes to contribute to the improvement in quality of building projects which make use of this type of structure.

Key words: materials specifications, constructive components, design process, steel construction

# 1

## INTRODUÇÃO

Com a crescente competitividade no setor da construção civil e o aumento das exigências dos clientes, verifica-se a necessidade da redução dos prazos construtivos, da adoção de novas tecnologias e dos aumentos da eficiência (racionalização), produtividade e qualidade na execução dos empreendimentos.

O desenvolvimento de novas tecnologias construtivas que aumentem a produtividade, reduzam os prazos e os desperdícios, favoreceu o desenvolvimento da construção industrializada. Entretanto, o bom desempenho, depende da observação das peculiaridades, tanto na fase de concepção, desenvolvimento do projeto e especificação dos materiais associados, quanto na fase da execução.

As estruturas metálicas e seus sistemas associados apresentam potencialidades (rapidez construtiva, leveza, melhor aproveitamento do espaço útil e menor desperdício) e se apresentam como uma alternativa à industrialização, mas como qualquer outro sistema construtivo, também apresenta deficiências nos processos de projeto e de produção que devem ser apontadas, de forma a serem corrigidas.

A introdução de materiais industrializados isolados em uma obra na tentativa de melhorar a eficiência desta pode não ser suficiente. A visão sistêmica do processo e o conhecimento das potencialidades e limitações dos materiais envolvidos e a compatibilização com a estrutura metálica são necessários para o sucesso destes empreendimentos.

Encontra-se na literatura vários trabalhos sobre o processo de projeto na indústria da construção civil, entretanto, poucos abordam a questão da especificação dos materiais e componentes construtivos associados à construção metálica na fase projetual e as conseqüências no processo construtivo de não

se levar em consideração as características próprias de cada material envolvido. Este será o tema deste trabalho.

Na realização deste estudo foi feita uma análise dos trabalhos desenvolvidos por outros autores sobre o tema que foi abordado na revisão bibliográfica – capítulo 3. Foram feitas entrevistas com empresas representativas em Belo Horizonte de projeto arquitetônico, estrutural e com fornecedores de materiais ligados a construção metálica no intuito de investigar a prática da especificação dos materiais e componentes construtivos associados à construção metálica. No sentido de validar as constatações junto às empresas de projeto e os fornecedores foi analisado um estudo de caso de um empreendimento já executado na cidade de Belo Horizonte.

Sendo assim, pretendeu-se com este trabalho contribuir com o estudo do processo de projeto em construções metálicas e a influência da especificação dos materiais e componentes construtivos associados nesta fase na busca da melhoria da qualidade dos empreendimentos.

### **1.1. A Estrutura do Trabalho**

Na busca do cumprimento dos objetivos propostos, este trabalho foi organizado em 9 capítulos e 2 anexos. No primeiro capítulo (Introdução), são feitas algumas considerações caracterizando a construção civil na atualidade.

O segundo capítulo, Objetivos, apresenta o que se pretende fazer para alcançar os objetivos e quais serão eles.

O terceiro capítulo, Revisão Bibliográfica, apresenta o panorama do setor, a caracterização da indústria da construção, o processo de projeto, a racionalização construtiva e os sistemas e componentes associados a construção metálica, através de uma pesquisa bibliográfica sobre assuntos inerentes à construção metálica e os processos de projeto.

O quarto capítulo, Metodologia, apresenta como foi estruturada a pesquisa e os métodos utilizados para a busca dos objetivos.



O quinto capítulo, Análises e Discussões, apresenta os resultados após a análise das entrevistas com as empresas envolvidas com o processo de projeto, fabricação e fornecimento de materiais para a indústria da construção metálica em Belo Horizonte. Um relato sobre um empreendimento parcialmente metálico que apresentou problemas na especificação de materiais foi também abordado neste capítulo.

O sexto capítulo, Conclusões a Respeito das Entrevistas e do Caso apresentado, resume os principais pontos a respeito da associação dos materiais no processo de projeto em estruturas metálicas.

O sétimo capítulo, Considerações Finais, aponta uma síntese das análises e diagnóstico e apresenta diretrizes para o aprimoramento das especificações de materiais e componentes construtivos no processo de projeto em empreendimentos envolvendo construção metálica.

O oitavo capítulo, Sugestões para Trabalhos Futuros propõe novas pesquisas que poderiam ser feitas para explorar novas linhas na seqüência do presente trabalho.

O nono capítulo, Referências Bibliográficas, apresenta a bibliografia consultada para elaboração deste trabalho.

Encontra-se em anexo a planilha com as questões abordadas aos profissionais de projeto e fornecedores.

## 2

### **OBJETIVOS**

Pretende-se neste trabalho promover um diagnóstico de como se trata a questão da especificação dos materiais e componentes construtivos associados à construção metálica durante o processo de projetos através da realização de entrevistas com empresas representativas na cidade de Belo Horizonte de projeto arquitetônico, projeto estrutural e fornecedores de materiais que estão envolvidas com o setor da construção metálica.

Pretende-se também, através da realização de um estudo de caso, estabelecer a correlação entre incompatibilidades construtivas e o processo de especificação de materiais e componentes construtivos

Com base nesse diagnóstico e nessa análise, poderão ser traçadas diretrizes para uma melhor integração entre os projetistas, construtoras, fabricantes e fornecedores no tratamento das especificações de materiais associados, a fim de possibilitar uma melhor utilização das potencialidades da construção metálica.

A especificação de materiais e sistemas construtivos associados à estrutura metálica é o tema abordado por este trabalho que deverá tratar a importância da especificação de sistemas compatíveis à construção metálica como essencial na elaboração dos projetos.

# 3

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 Panorama do setor da construção civil

Segundo o IBGE (2008), em sua publicação do ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, 2004, o setor da construção civil, encontra-se em quinto lugar, sendo responsável por 6,70% do PIB (ver Figura 3.1), juntamente com o setor de comércio e reparação de veículos e de objetos pessoais e de uso doméstico, ficando atrás dos setores de indústria de transformação (29,1%), administração pública, defesa e seguridade social (15,10%), agropecuária ( 9,50%) e atividades imobiliárias, aluguéis e serviços prestados às empresas (9,30%).

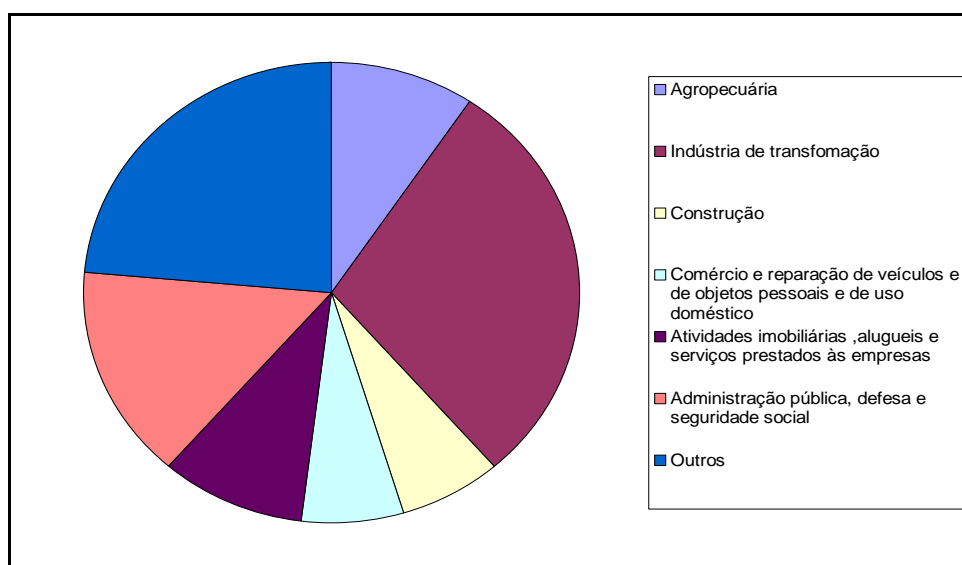


Figura 3.1. Composição do PIB por Atividade Econômica em 2004 (IBGE, 2008)

A partir da década de oitenta, a construção civil, em especial a construção de edifícios, vem sofrendo os impactos de uma série de modificações conjunturais que vem obrigando as empresas de construção a reorientarem suas estratégias de posicionamento no mercado no sentido de privilegiar a produtividade e a qualidade no processo de produção em detrimento das atividades de promoção e incorporação de edifícios.

O aumento da exigência dos clientes em relação a qualidade ocorre em todos os setores da economia nacional e, também, já afeta o de edificações. Quanto a esse aspecto, destacam-se o Código de Defesa do Consumidor de 1990 e o aumento da conscientização da sociedade quanto às exigências em relação a qualidade dos produtos. Na construção propriamente, a qualidade começa a ser valorizada como um elemento importante e o projeto tratado como aspecto relevante na competitividade entre as empresas.

Segundo publicação do Diário do Comércio (2008), o setor passou por um grande aquecimento que transformou o mercado da construção. A falta de mão de obra, equipamentos e insumos já é uma realidade. Segundo o Sinduscon SP (2008) e FGV Projetos (2008), no primeiro semestre de 2008 houve um crescimento de 106% de contratações de mão de obra em relação ao mesmo período do ano anterior e a expansão de 10,80% ante o acumulado do ano de 2007.

O número de trabalhadores na construção civil chegou a 2,063 milhões em junho de 2008, 12,4% a mais que o registrado em dezembro de 2007. Esta é a maior alta do índice para o período desde 1995. O nível de emprego reflete o aquecimento imobiliário e os investimentos em obras de infraestrutura.

Segundo o IBS (2008), 2008 foi um ano de sucessivos recordes da produção e do consumo de aço. Em 2008, a produção de aço bruto de 34 milhões de toneladas (+9,9%), em relação a 2007, enquanto as vendas internas, com o crescimento superior a 18% atingiram 20,6 milhões de toneladas de produtos acabados e semi-acabados.

O aumento de demanda no mercado interno em 2008 foi observado praticamente em todos os grandes setores consumidores com destaque aos bens de capital (+30,70%), construção civil (+16,20%), automotivo (+17,80%) e utilidades comerciais (+16,70%). O consumo aparente doméstico apresentou, assim, crescimento de 19,70% totalizando cerca de 22,2 milhões de toneladas de produtos. Índices comparados ao período de 2007.

Especificação	Maio		08/07 (%)	Jan/Maio		08/07 (%)
	2008	2007		2008	2007	
<b>PRODUÇÃO</b>						
Aço Bruto	2.972	2.891	2,8	14.513	13.594	6,8
Laminados	2.216	2.189	1,2	10.914	10.387	5,1
Planos	1.282	1.326	(3,3)	6.413	6.424	(0,2)
Longos	934	863	8,2	4.501	3.963	13,6
Semi-Acabados p/ vendas	549	542	1,3	2.673	2.285	17,0
<b>VENDAS INTERNAS (*)</b>	<b>2.007</b>	<b>1.777</b>	<b>12,9</b>	<b>9.516</b>	<b>7.938</b>	<b>19,9</b>
Semi-Acabados p/ vendas	1.939	1.716	13,0	9.191	7.699	19,4
Planos	1.142	1.059	7,8	5.460	4.749	15,0
Longos	797	657	21,3	3.731	2.950	26,5
<b>COMÉRCIO EXTERIOR</b>						
Exportações (10 <sup>3</sup> t)	727	880	(17,4)	4.211	4.714	(10,7)
(US\$ Milhões)	584	550	6,2	2.898	2.953	(1,9)
Semi-Acabados	414	462	(25,1)	2.508	2.126	18,0
Planos	172	266	(35,3)	988	1.656	(40,3)
Longos	141	152	(7,2)	715	932	(23,3)
Importações (10 <sup>3</sup> t)	181	140	29,3	867	551	57,4
(US\$ Milhões)	243	152	59,9	1.101	639	72,3
Semi-Acabados	4	133	(42,9)	15	33	(54,5)
Planos	102	97	5,2	551	339	62,5
Longos	75	36	108,3	301	179	68,2
<b>CONSUMO APARENTE (**)</b>	<b>2.185</b>	<b>1.906</b>	<b>14,6</b>	<b>10.375</b>	<b>8.456</b>	<b>22,7</b>
Planos	1.277	1.176	8,6	6.175	5.172	19,4
Longos	908	730	24,4	4.200	3.284	27,9

Figura 3.2 – Produção Siderúrgica Brasileira (IBS, 2008)

A Figura 3.2 demonstra que a produção brasileira de aço bruto em maio de 2008 foi de 3 milhões de toneladas, representando um crescimento de 2,8% na comparação com o mesmo mês em 2007. As vendas internas foram recordes tanto em laminados planos quanto longos, atingindo 1,9 milhão de toneladas, 13% superior ao mesmo mês do ano anterior. Houve crescimento de compras em todos os setores, mas especialmente no automotivo, construção civil e distribuição. As vendas para o mercado externo de produtos acabado tiveram queda de 25,6%, tendo em vista que houve o redirecionamento de produtos para o mercado interno.

Em outubro de 2008, com o advento da crise financeira internacional a siderurgia brasileira enfrentou forte queda da demanda. O consumo de aço nos países desenvolvidos caiu para cerca da metade dos níveis registrados até julho/agosto de 2008 (Figura 3.3). Como meio de defesa, em grande número de países houve a adoção de medidas de proteção aos mercados aumentando alíquotas de importação na tentativa de evitar danos à indústria local (IABr, 2009)

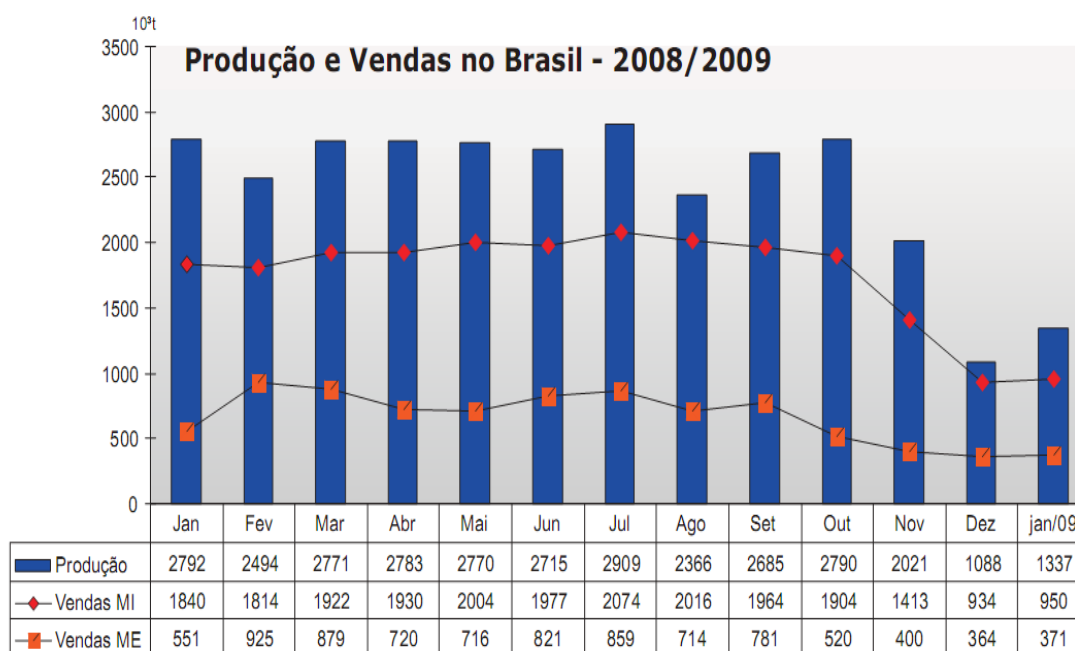


Figura 3.3 – Produção e vendas de aço no Brasil em 2008 e janeiro de 2009 (IABr, 2009)

Entretanto, desde janeiro de 2009 verificou-se a gradual melhora no mercado do aço, isto ocorreu graças ao amplo pacote de estímulo econômico adotado pelo governo para reativar a demanda e criar ou salvar empregos. Se confirmadas as previsões de retomada de crescimento da economia brasileira, em 2011 e 2012 será possível recuperar o nível do consumo interno registrado em 2008 de 24,0 milhões de toneladas de produtos por ano. (IABr, 2009)

### 3.2 Caracterização da indústria da construção

Segundo FABRÍCIO (1996), o setor da construção civil é marcado pela grande heterogeneidade e complexidade, onde atuam empresas que se utilizam de alta tecnologia em sua produção e outras com processos industriais rudimentares.

Em relação à atividade de construção, atuam, em sua maioria, empresas de pequeno e médio porte, que se utiliza de pouca tecnologia e mão-de-obra pouco qualificada levando o setor a uma estagnação, mantendo o modelo tradicional de construção.

O emprego de novas tecnologias é limitado aos componentes e materiais que são lançados no mercado pelos fornecedores, modificando os modelos de trabalho já consolidados. As empresas construtoras não colaboram com o desenvolvimento de novas tecnologias, ao invés disto ficam condicionadas às mudanças sugeridas pelas empresas fornecedoras.

Assim, como destaca VARGAS (1984), a produtividade na construção é, em relação a outras indústrias, *“(...) muito mais sensível e dependente do ‘braço operário’ e de seu saber difundido na estrutura dos ofícios. E, por outro lado, na construção, as determinações sociais e culturais são mais marcantes. Em particular as comunicações no processo produtivo são majoritariamente do tipo homem-homem do que do tipo homem-máquina. Onde a gestão humana no trabalho é mais determinante do que a gestão técnica do trabalho.”*

Vários trabalhos sobre a indústria da construção civil, dentre eles o programa do IPT (1988) consideram a mesma como atrasada se comparada a outros setores mais dinâmicos, resultando em características específicas do setor, como: mão de obra pouco qualificada, baixa mecanização, baixa produtividade, grande desperdício e alta incidência de patologias (Figura 3.4)

<b>Características do atraso tecnológico na construção</b>
base manufatureira da construção
baixa mecanização do setor
ausência de coordenação entre projetos
ausência ou carácter sumário do controle da qualidade
insuficiência, desatualização das normas técnicas do setor
desconhecimento ou desobediência das normas técnicas existentes
baixa produtividade da mão-de-obra
alta incidência de patologias no produto
grandes desperdícios ao longo da produção
ambiente de trabalho adverso: ausência de segurança, baixa higiene no local de trabalho
utilização intensiva de horas, serões e viradas..

Figura 3.4 – Fatores característicos do atraso tecnológico da construção com base no IPT 1988 - (apud. Fabrício, 1996)

De lá para cá, muitos destes pontos como o carácter sumário do controle da qualidade, a insuficiência de normas técnicas e o desconhecimento e desobediência das mesmas, o ambiente de trabalho adverso com ausência de segurança e baixa higiene no local de trabalho, foram resolvidos. Os programas de qualidade que têm sido desenvolvidos nas empresas, em parte, são responsáveis pelas melhorias destes aspectos. Entretanto, alguns destes pontos ainda são verificados como a base manufatureira da construção, a baixa mecanização do setor, a ausência da coordenação de projetos, a baixa produtividade da mão-de-obra e os grandes desperdícios.

Segundo KRÜGER (2001), o setor da construção civil é o que apresenta os menores índices de produtividade. O padrão convencional é ineficiente e apresentam desperdícios, atrasos e aumento de custos.

VARGAS (1984) destaca, ainda, a falta de domínio das empresas sobre o processo de trabalho por desconhecimento de técnicas construtivas e suas seqüências operacionais, os processos são descontínuos e variados, o que possibilita as inconsistências construtivas.



A falta de clareza e domínio sobre os processos e tecnologias a serem empregadas e a falta de um estudo mais detalhado da especificação dos sistemas construtivos complementares geram incompatibilidades construtivas, grande variabilidade e descontrole no processo construtivo acarretando a baixa qualidade das construções.

Uma forma que se apresenta na tentativa de controlar o processo de trabalho, segundo FABRÍCIO (1996), é a contratação de empresas terceirizadas que executam determinada etapa da obra. Entretanto, quando se tenta controlar apenas uma fase do processo a continuidade não é estabelecida e a entrada da nova tecnologia fica isolada sem significativos resultados no empreendimento.

Embora sejam muitos os fatores que inibem o progresso tecnológico e organizacional, recentemente mudanças no setor vêm pressionando a redefinição dos processos, na busca de uma melhor eficiência da produção.

A redução da disponibilidade da mão de obra com o grande aquecimento da economia imobiliária e o aumento dos salários, a escassez dos insumos e equipamentos, a necessidade de melhores planejamentos com a falta de mão de obra qualificada (projetistas, engenheiros), a pressão por menores prazos e custos, pressionam o mercado para uma maior eficiência e a racionalização dos processos construtivos.

MARTUCCI e FABRÍCIO (1998) consideram dois pontos como relevantes na busca de maior eficiência na produção: a melhoria da qualidade e da construtibilidade levada em consideração nos projetos e a definição pelas empresas de um Projeto da Produção, capaz de configurar processos construtivos coerentes e tecnologicamente dominados pela empresa.

### **3.3 O processo de projeto**

Segundo ANDERY e VIEIRA (2002), com a crescente pressão pela redução de custos, prazos e maiores exigências quanto à qualidade, os construtores estão mudando o foco de suas preocupações, tradicionalmente orientadas à melhoria da gestão financeira e dos instrumentos de marketing, e passam a concentrar seus esforços no emprego de novas formas de racionalização da produção, nos âmbitos administrativos e operacionais. Ou seja, há uma preocupação sem precedentes com a implantação de políticas e instrumentos de melhoria da qualidade nas empresas construtoras, que vêm atreladas a inovações nos processos construtivos. A isso se soma a consideração, ainda incipiente, de melhorias nas formas de integração entre projeto (desenvolvimento do produto edificação) e execução nos canteiros de obra.

A necessidade de maior integração entre diversos agentes do processo produtivo foi também identificada por BOBROFF (1993), segundo a qual, no momento atual, tenta-se reagrupar projetistas, construtoras e parceiros em uma mesma equipe de trabalho que possibilite a busca de melhores soluções dentro de uma visão global do empreendimento.

Um aspecto importante a se destacar é o da busca de mecanismos de integração entre projeto e produção nos canteiros. O estabelecimento de mecanismos de coordenação de projetos e de valorização dos mesmos, de forma que estejam efetivamente orientados à melhoria das condições de construtibilidade nos canteiros.

Segundo vários autores, dentre eles, PICCHI (1993), MELHADO (1994) e NOVAES (1996), o projeto é fundamental para que o empreendedor obtenha a qualidade almejada. Todos eles destacam a importância da utilização dos instrumentos para a garantia da qualidade do projeto de edificações, dentre as quais a coordenação de projetos, o planejamento de projetos, a sistematização das informações, a compatibilização dos projetos e a análise crítica. A não utilização destes implica em adoção de soluções não otimizadas para o sistema de produção do empreendimento, com conseqüente elevação dos custos da obra e ocorrência de patologias.

Segundo FRANCO e AGOPYAN (1993), a fase de concepção e de projeto desempenha um papel estratégico na medida em que as decisões tomadas trazem maior repercussão nos custos, velocidade e qualidade dos empreendimentos.

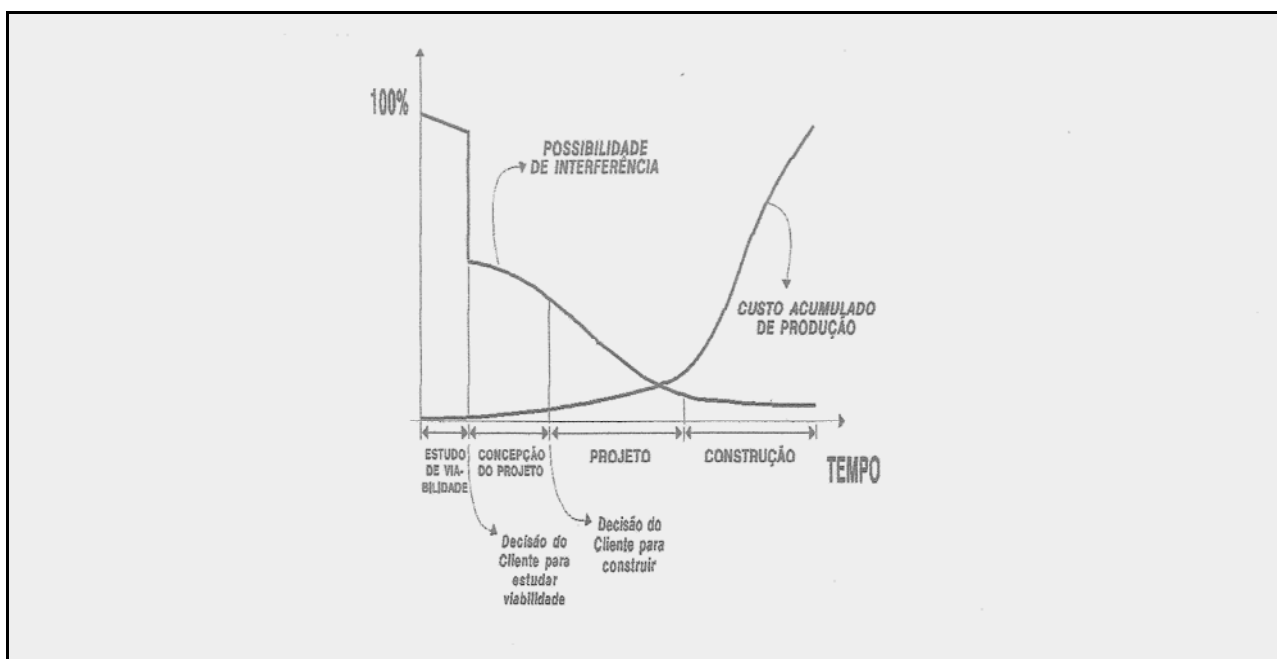


Figura 3.5 - Possibilidade de intervenção no empreendimento e custos acumulados ao longo das etapas de produção de um empreendimento (HAMMARLUND E JOSEPHSON,1992)

De acordo com a Figura 3.5, HAMMARLUND E JOSEPHSON (1992) mostram que as interferências no empreendimento feitas em fase inicial (estudo de viabilidade), apresentam grande possibilidade de implantação com baixos custos. Com o passar do tempo, durante a fase de concepção do projeto e do projeto propriamente dito, a possibilidade de interferências diminui e em contrapartida os custos se elevam, mas é na fase de execução do empreendimento que se diminui muito a possibilidade de interferência, estando essas sempre associadas com custos muito elevados.

CARDOSO *et al.* (1998) caracterizam o modelo atual do processo de projeto pela integração contratual dos agentes envolvidos, pela especialização dos projetistas e o fluxo sequencial de projetos.

FABRÍCIO e MELHADO (2001) configuram o desenvolvimento atual de novos produtos da produção, de forma fragmentada, em: programa, projeto e produção, com as equipes temporárias responsáveis por cada fase, de forma sequencial de acordo com o desenvolvimento do produto. De acordo com os autores, esta forma sequencial do processo não promove a integração entre os diversos agentes e prejudica a geração de soluções técnicas coordenadas no desenvolvimento dos empreendimentos. Eles se utilizam do conceito de Engenharia Simultânea para definir o conceito de Projeto Simultâneo orientado à construção civil. Os pontos básicos e frequentes entre os dois conceitos são:

- A realização em paralelo de várias etapas do processo de desenvolvimento do produto, de forma a reduzir o tempo de projeto e ampliar a integração entre as interfaces de projeto.
- A integração no projeto de visões de diferentes agentes do processo de produção, conformando equipes de projeto multidisciplinares capazes de considerar, precocemente as demandas dos clientes internos do processo de produção e o desempenho do produto ao longo de seu ciclo de vida.
- A orientação para satisfação dos clientes e usuários, identificando novas necessidades e desejos dos clientes, atendendo-os de forma rápida, por meio de um processo de projeto que garanta agilidade na geração e materialização de novos conceitos de produto.

Na Figura 3.6, FABRÍCIO e MELHADO (2004) apresentam a coordenação de projeto como uma atividade de suporte ao desenvolvimento do processo de projeto que deve integrar todos os requisitos que envolvem o projeto. A coordenação deve ser exercida durante todo o processo de projeto com o objetivo de interagir todos os agentes do processo e promover a melhoria da qualidade do produto. Os autores observam que as equipes multidisciplinares participantes do projeto simultâneo devem ser constituídas de profissionais qualificados da área, pois este grupo funciona como uma espécie de gestor da produção com a responsabilidade de estabelecer altos níveis de integração e comunicação.

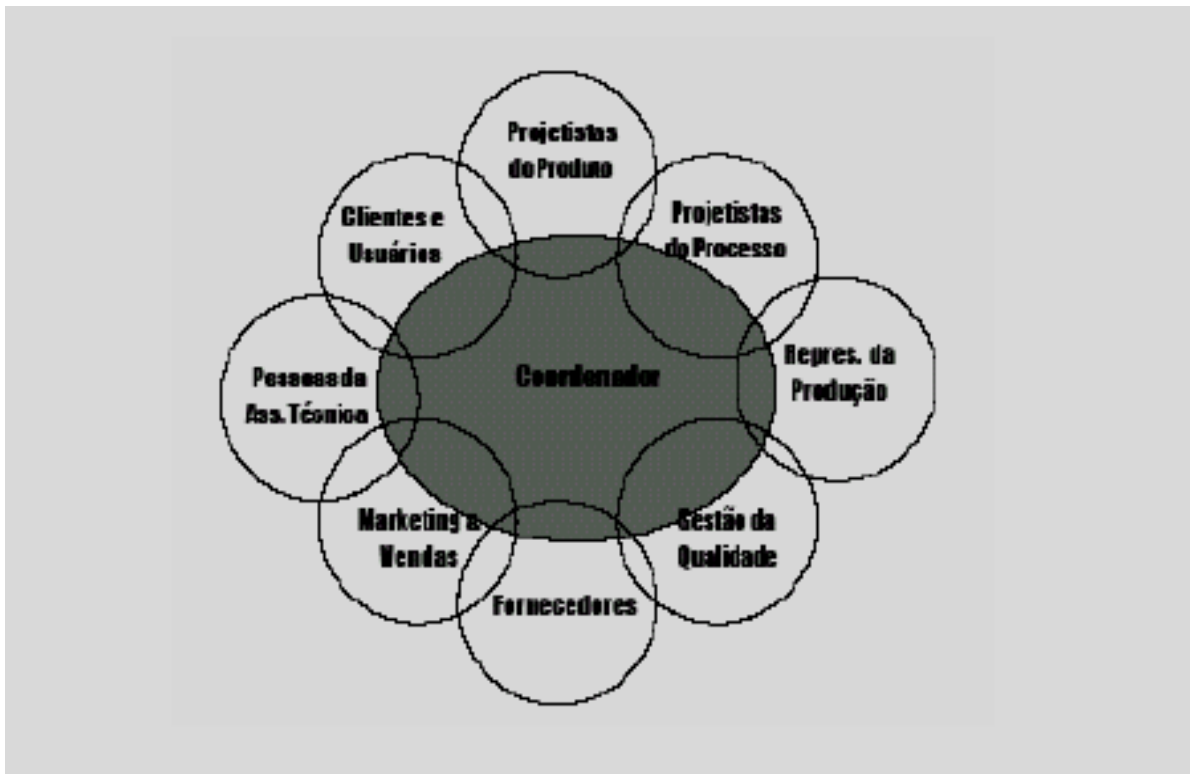


Figura 3.6. Equipe Multidisciplinar de projeto simultâneo (Fabrício e Melhado, 2004)

Na Figura 3.7, FABRÍCIO (2002) apresenta a possibilidade de se obter ganhos expressivos de tempo ao se desenvolver um produto utilizando-se o paralelismo na realização das atividades e a interação dos diversos agentes do processo a que se propõe a engenharia simultânea quando comparada ao processo sequencial utilizado usualmente.

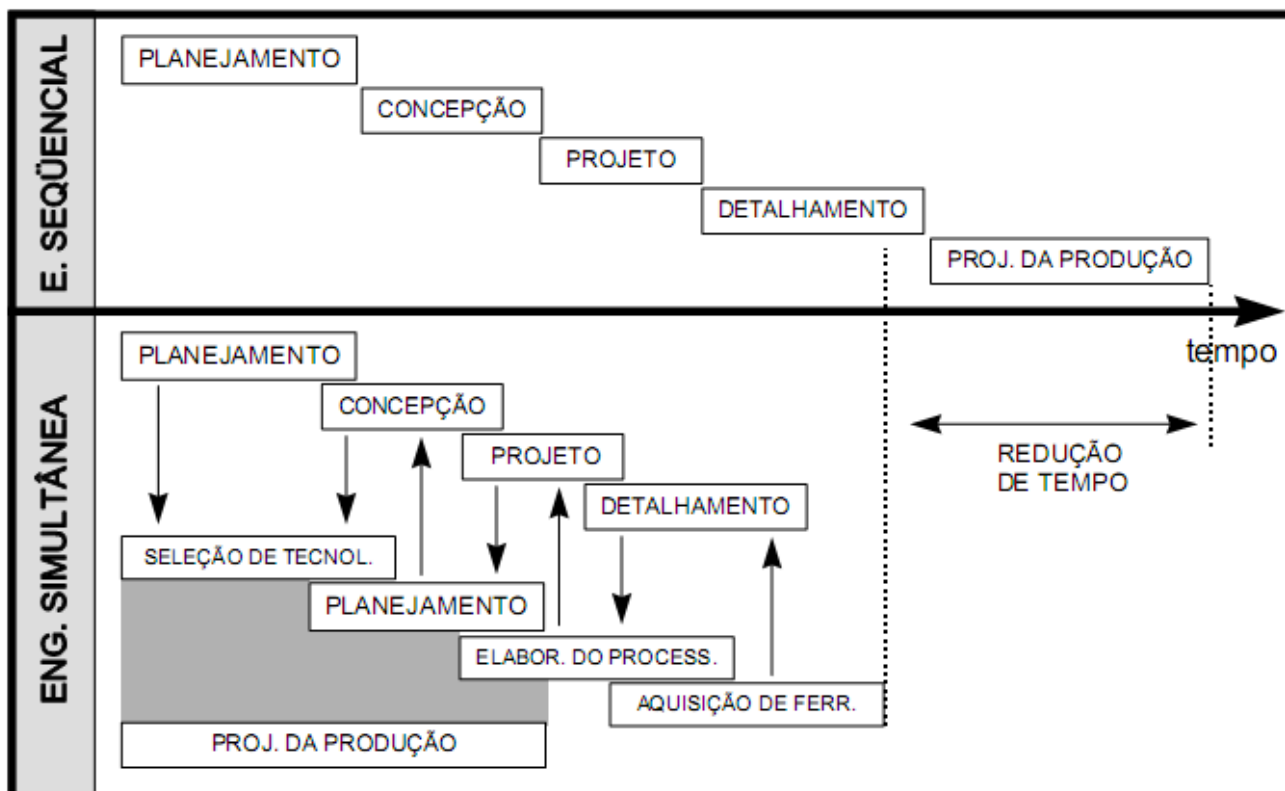


Figura 3.7 –Engenharia sequencial x engenharia simultânea (FABRÍCIO, 2002 apud. Takahashi, 1996)

Os objetivos da realização de projetos simultâneos no desenvolvimento de produtos são a redução do prazo de desenvolvimento dos projetos, aumentando a competitividade da empresa, agilizando a geração dos projetos e flexibilizando o atendimento ao tempo de mercado e a maior integração entre os agentes envolvidos no processo, empresa, cliente, fornecedores e projetistas, propiciando projetos mais robustos e capazes de interferir na melhoria da produtividade e na qualidade ao longo do ciclo de produção e utilização do produto.

Para FABRÍCIO e MELHADO (2004) pode-se identificar três mudanças necessárias para viabilizar a integração simultânea do processo de desenvolvimento e projeto:

1. A necessidade de transformação na organização das atividades de projetos, com uma coordenação precoce e o desenvolvimento de diferentes especialidades em paralelo;
2. A modificação da cultura para superar limites contratuais eventuais e criar uma disposição de cooperação técnica entre os projetistas, construtores e incorporadores;
3. A apropriação de novas tecnologias de informática e telecomunicação para facilitar a comunicação e a criação de um novo ambiente no processo de projeto.

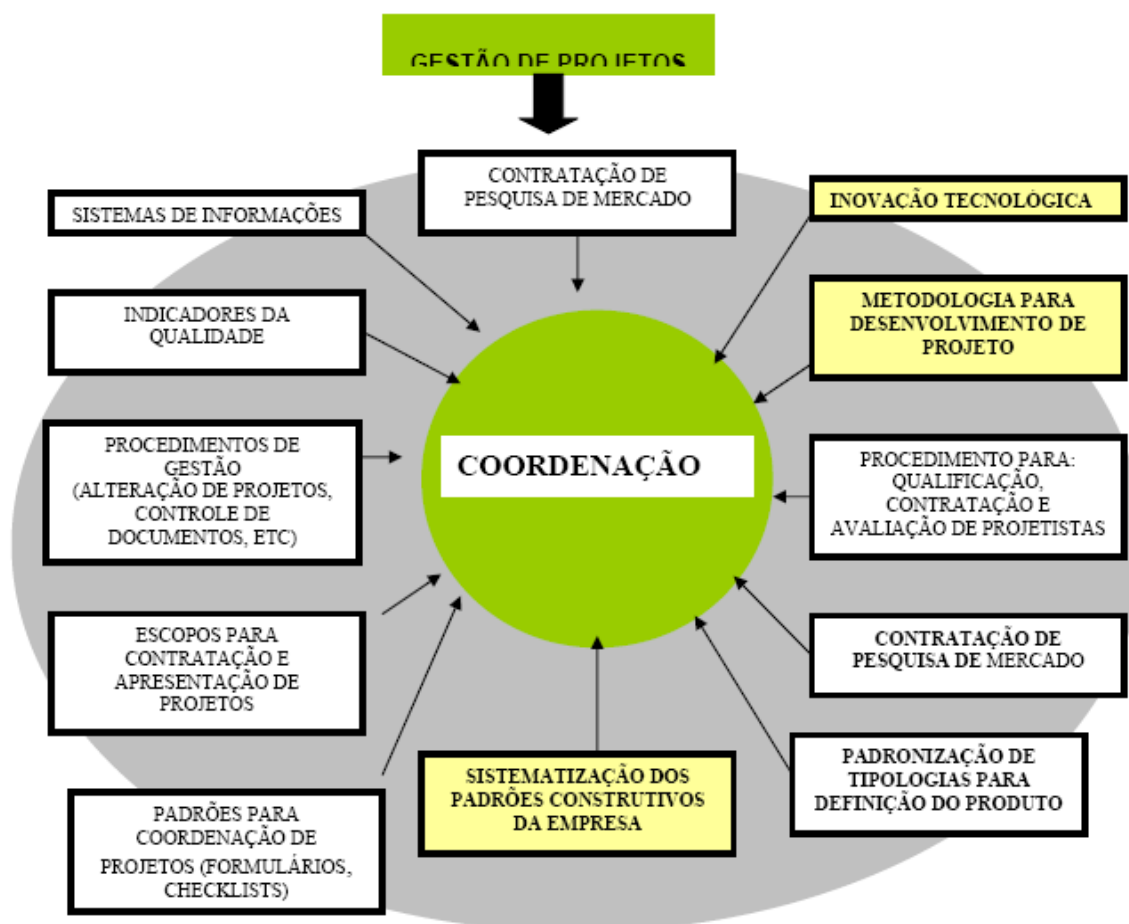


Figura 3.8 – Processo simultâneo de atividades de gestão e coordenação de projetos na construção civil. Fontenelle, 2002 (apud. Melhado *et al*,2005)

Na Figura 3.8, MELHADO *et al.*(2005) demonstram que à coordenação de projetos cabe a garantia que as soluções técnicas adotadas pelos vários projetistas envolvidos estejam de acordo com as necessidades e objetivos do cliente, sejam compatíveis entre si e com a cultura construtiva da empresa construtora. A coordenação dos projetos deve possuir autonomia no processo e ter início desde a fase de concepção do empreendimento. Devendo possuir funções gerenciais e técnicas. Ao coordenador cabe o estabelecimento dos objetivos e parâmetros a serem seguidos, a definição do escopo, o planejamento dos recursos, das etapas e prazos. A gestão do processo de projeto exige o controle dos prazos e custos, a garantia das soluções técnicas, a comunicação entre os

agentes, a compatibilização das interfaces entre as soluções das várias especialidades e a integração entre as soluções projetuais com a fase de execução, uso, operação e manutenção da obra. O coordenador deve possuir conhecimentos sobre técnicas e processos de projeto das várias disciplinas envolvidas, normas técnicas, legislações, códigos de construção, tecnologia construtiva e inovação tecnológica, técnicas de planejamento, programação e controle de projetos, informática e gestão da informação. As atividades como a sistematização dos padrões construtivos, a metodologia para o desenvolvimento do projeto e a inovação tecnológica, são as que mais impactam no desenvolvimento dos projetos simultâneos voltados para a produção.

### **3.4. O processo de projeto em construções metálicas**

Segundo TUNOUTI e NOVAES (2004), o sistema estrutural em aço constitui-se em uma interessante opção para as empresas que buscam por alternativas de melhores níveis de qualidade e produtividade nos processos de produção de edificações.

Por suas características industrializadas, na construção metálica a produção de seus componentes pré-fabricados se antecipa ao nível da fábrica, exigindo um detalhamento maior de todos os projetos desde os estágios iniciais do empreendimento. Isto requer aplicação mais efetiva dos instrumentos para a garantia da qualidade do projeto de edificações. Destaca-se a atuação da atividade de coordenação de projetos, com o intuito de se obter projetos com melhores níveis de detalhamento, compatibilizados, preocupados com a construtibilidade e com qualidade suficiente para satisfazer todas as necessidades dos clientes, minimizando a incidência de erros que ocasionam manifestações patológicas e maximizando a qualidade do produto final que é a edificação.

O canteiro de obras passa a ser um local de montagem de componentes com o projeto passando a ter importância fundamental no planejamento da produção, exigindo um maior nível de detalhamento e a participação mais efetiva de todas as especialidades envolvidas no empreendimento desde as fases iniciais do empreendimento.

O projeto de edifício com sistema estrutural em aço exige do projetista conhecimento do material estrutural (aço), ou seja, de suas características, possibilidades e limitações. Ignorar as propriedades do aço incorre em mau uso do material e perda da qualidade da edificação.



De acordo com a AÇOMINAS (2004), em artigos publicados, algumas das particularidades devidas às propriedades mecânicas do aço, devem ser aproveitadas desde a concepção dos projetos na construção metálica:

- Condições para projetar economicamente grandes vãos livres;
- Vãos livres maiores, implica em redução do número de pilares;
- Maior área líquida para a comercialização;
- A altura da viga pode representar 2/3 da altura das vigas do sistema convencional;
- Uma edificação metálica permite facilidades na utilização de materiais complementares pré-fabricados, flexibilidade de utilização dos espaços construídos, desmontagem e remontagem da edificação em outro local e ampliação e reforma da edificação com o mínimo de interferências e transtornos na utilização normal deste edifício.

BAUERMANN (2002) analisa as rotinas de projeto de edifícios de andares múltiplos estruturados em aço, avaliando as dificuldades e problemas enfrentados por equipes multidisciplinares e, propõe alternativas como forma de minimizar as patologias, como:

- os sistemas industrializados sejam definidos anteriormente ao início do desenvolvimento dos projetos para execução;
- o planejamento do processo de execução seja iniciado tão logo sejam definidos os sistemas construtivos e as tecnologias;
- a compatibilização das soluções comece ainda no planejamento do processo de projeto.
- No desenvolvimento do projeto para execução, as atividades sejam planejadas com os pré-requisitos necessários, que seja levado em consideração a logística, os prazos de fabricação e o transporte dos componentes industrializados.

CALMON e MORAES (2000) citam algumas observações importantes que se relacionam com o projeto em construções metálicas baseados em CASTRO (1999):

- Concepção: a compatibilização e o planejamento de modificações devem ser previstos anteriormente, já que as peças são produzidas fora da obra e montadas no canteiro;
- Projeto estrutural: deve levar em conta a padronização, modulação, para melhoria da produtividade na fabricação e montagem.

Assim, a estrutura metálica depende da etapa de projetos, da sua compatibilização a sistemas complementares associados para o bom desempenho da fabricação e montagem, ganhos de produtividade, prazos e custos e a diminuição de desperdício.

Segundo CASTRO (1999), deficiências oriundas da fase de projeto com a adoção de soluções incompatíveis com o sistema estrutural, ocasionam problemas e até mesmo criam uma imagem negativa do sistema. Incompatibilidades de projetos ou modificações no decorrer da obra geram conseqüências que por vezes são ignoradas.

BAUERMANN (2002) estende o conceito de “patologia da construção” não só como problemas físicos, mas de diferentes naturezas, resultante de um conjunto de fatores que faz com que uma edificação não satisfaça completamente os critérios que a ela se aplicam. Neste conceito as “patologias” não se restringem às físicas, mas podem ser consideradas como de projeto, execução, uso ou manutenção. Chamaremos neste trabalho este conceito estendido de “patologia” de inconsistências ou incompatibilidades construtivas.

Ainda segundo BAUERMANN (2002), a autora propõe que no desenvolvimento dos projetos leve-se em conta todo o processo de produção, e no caso das construções metálicas, incluem-se a fabricação de componentes industrializados, o transporte e a montagem dos mesmos, resultando em um plano de atividade que deve ser desenvolvida pelos especialistas envolvidos no projeto.

TEIXEIRA (2007) constatou em seu trabalho de dissertação alguns problemas no processo de projeto em empreendimentos de estrutura metálica, dentre eles:

1. Prazos insuficientes para execução dos projetos;
2. Baixa remuneração dos projetistas, forçando-os a trabalhar com diversos projetos ao mesmo tempo e não se comprometendo com a qualidade desejável no projeto;
3. Contratação tardia dos profissionais de projeto estrutural;
4. Escolha tardia do sistema estrutural metálico. O empreendimento não é concebido com todas as potencialidades do sistema construtivo metálico;
5. Falhas na definição dos requisitos de projeto. Alterações de projeto durante a execução do empreendimento, especificações tardias de equipamentos, falta de integração com os projetos complementares que geram incompatibilidades, retrabalhos e improvisações.
6. Falta de profissionais especializados em projetos estruturais de construção metálica de edifícios de andares múltiplos;
7. Ausência de visão da produção;
8. Baixa qualidade na representação gráfica dos desenhos e detalhados em três dimensões;
9. Falta de retroalimentação, ocasionando os mesmos erros em projetos futuros;
10. Deficiência na comunicação entre os projetistas; falta de registros entre os agentes, rara existência de um coordenador de projeto;
11. Dificuldade na especificação de sistemas construtivos industrializados associados à estrutura metálica leva a não utilização da mesma, acarreta em baixa qualidade nas edificações e gera o aumento do custo do empreendimento.

TEIXEIRA (2007) apresenta como um dos problemas enfrentados na escolha da construção metálica a falta de sistemas construtivos complementares compatíveis com a mesma, especialmente nos acabamentos e vedações. As opções são pouco difundidas e escassas. Ocorre à utilização da industrialização no momento da montagem da estrutura metálica, sendo que as demais etapas não acompanham, utilizam sistemas convencionais não industrializados da construção, o que gera problemas de interface com a estrutura metálica e atrasa o desenvolvimento da construção.

A dificuldade em especificar materiais que sejam compatíveis com a estrutura metálica provoca a não utilização em larga escala da construção metálica em edifícios de andares múltiplos, gera baixa qualidade final da edificação com a utilização incorreta dos materiais e aumenta o custo final do empreendimento.

### **3.5 A Racionalização Construtiva**

ROSSO (1980) conceitua a racionalização do processo de produção como “um conjunto de ações reformadoras que se propõe substituir as práticas rotineiras por recursos e métodos baseados em raciocínio sistemático, visando eliminar a casualidade das decisões”.

FRANCO (1996) coloca a introdução dos princípios da racionalização construtiva como o aumento do nível organizacional dos mesmos, um conceito abrangente que vai além da aplicação de medidas de otimização na fase de execução do empreendimento.

SABBATINI (1989) define a racionalização construtiva da seguinte forma: “racionalização construtiva é um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases.”

Dadas as definições, o conceito de racionalização mostra-se mais extenso do que a simples melhoria de determinados procedimentos construtivos, implica na aplicação dos princípios em todos os recursos envolvidos: o planejamento, o projeto e a execução.

Os princípios que se destacam na racionalização construtiva são:

- Construtibilidade;
- Desempenho;
- Garantia da qualidade

### CONSTRUTIBILIDADE

O`CONNOR *et al* (1987) distinguem a construtibilidade através de ações como:

- Orientação do planejamento e programação para as necessidades da construção;
- Simplificação dos projetos, tornando-os soluções eficientes
- Padronização;
- Modulação e pré-montagens;
- Acessibilidade (“manuseabilidade”);
- Projeto orientado para condições ambientais adversas;
- Especificações.

TATUM (1987) coloca como benefícios da construtibilidade:

- A diminuição das tarefas na construção;
- A diminuição das dificuldades durante a execução;
- O reconhecimento das limitações e práticas locais;
- A melhoria dos métodos construtivos e da tecnologia;
- A melhoria da coordenação entre projetistas e construtores com a adoção do mesmo ponto de vista por todos os membros da equipe

## DESEMPENHO

SABBATINI (1989) conceitua desempenho para caracterizar o “comportamento de um produto em utilização”, o produto deve apresentar determinadas propriedades que o habilitem cumprir suas funções, quando submetidos a certas ações.

O conceito de desempenho associado ao processo construtivo se caracteriza por identificar o edifício como produto que deve atender a exigências e as necessidades dos usuários para o qual este destina-se e a de todos envolvidos pelo projeto, planejamento e execução de edifício.

O conceito de desempenho não induz a uma solução tecnológica rígida, pelo contrário, estimula o desenvolvimento de inovações tecnológicas otimizadas de forma racional e tecnicamente aceitável às soluções.

Segundo Sabbatini, os campos de aplicação para o desempenho devem ser estendidos a todo tipo de construção e são eles:

- Desenvolvimento de produtos: no desenvolvimento de componentes e elementos da construção, devem ser estabelecidos os requisitos e critérios de desempenho que devem ser atendidos;
- Elaboração de projetos: com as especificações de desempenho estabelecidas, o projetista trabalha com parâmetros, especificações racionais e adequadas para atender às expectativas;
- Avaliação de desempenho: avaliação de novos produtos e processos com base nos requisitos que estes devam atender; normalização para estabelecer as condições qualitativas e quantitativas que um produto deve atender;
- Controle da qualidade: implantação de um sistema de controle de qualidade baseado em certificados técnicos que caracterizam o desempenho de inovações tecnológicas, avaliando o potencial destas antes da disseminação no mercado. Quanto aos produtos existentes, o controle de qualidade em propriedades que avaliem o comportamento do produto em sua utilização.

## GARANTIA DA QUALIDADE

Conceitos como Qualidade Total e Gestão da Qualidade vêm se firmando como verdadeiras estratégias empresarias para expansão ou permanência dentro de um mercado cada vez mais competitivo.

ANDERY (2004) tratando o projeto como um processo que deve ser gerido, apresenta como as empresas de projeto são afetadas pelos sistemas de gestão da qualidade. A implementação desses são avaliados no processo projetual e não encaram o projeto como “produto”. As rotinas de elaboração desses projetos e suas interfaces são o foco dessas empresas. “Ao se projetar com qualidade têm-se a qualidade do projeto”.

ANDERY (2004) apresenta a eficácia da implantação desses sistemas na melhoria dos projetos se alguns requisitos forem observados: forte comprometimento dos profissionais envolvidos, uma análise crítica do processo de implementação, cautela com “burocracias” desnecessárias e maior uso de tecnologia da informação.

Como principais benefícios na implementação dos sistemas de gestão têm-se a re-estruturação do processo de projeto, a diminuição dos erros e do retrabalho devido a uma melhor documentação do processo, maior clareza (transparência) das informações, delegação de responsabilidades e a introdução de uma cultura de melhoria contínua.

### **3.5.1. A Racionalização em Projetos**

A qualidade do projeto é condição necessária para implantação de uma política de racionalização. Para tal, a coordenação de projetos eficaz dando suporte ao desenvolvimento dos projetos para que estes sejam elaborados de forma a atender as expectativas, proporcionando à fase de projetos e execução a eficiência almejada. FRANCO (1996)

De acordo com o autor os principais objetivos da coordenação de projetos são:

1. Garantir a perfeita comunicação entre os participantes do projeto;
2. Garantir a comunicação e a troca de informações entre os diversos integrantes do empreendimento;
3. Garantir a comunicação e integração entre as diversas etapas de empreendimento;
4. Coordenar o processo de forma a solucionar as interferências entre as partes do projeto elaboradas pelos distintos projetistas;
5. Garantir a coerência entre o produto projetado e o modo de produção, com especial atenção para a tecnologia do processo construtivo utilizado;
6. Conduzir as decisões a serem tomadas no desenvolvimento do projeto;
7. Controlar as etapas de desenvolvimento do projeto, de forma que este seja executado em consonância com as especificações e requisitos previamente estabelecidos, incluindo custos, prazos e especificações técnicas.

FRANCO e AGOPYAN (1993) defendem a aplicação da racionalização construtiva desde a fase da elaboração do projeto que contemple um alto nível de qualidade e garanta a eficiência na execução da obra, resultando em diminuição de custo e aumento do desempenho da edificação. A coordenação de projetos é fundamental para atingir estes objetivos e deve prever a aplicação de princípios como construtibilidade, desempenho, definir objetivos condicionantes e especificações dos projetos e controlar a qualidade dos mesmos.



### **3.5.2. A Racionalização na execução**

FRANCO (1993) coloca a etapa de execução como crítica pelo investimento de recursos materiais e humanos que é feito nesta fase e apresenta algumas medidas para a implantação da racionalização na etapa da execução:

- A organização do processo de produção. Criação de infra-estrutura básica do canteiro, definição de técnicas e métodos da produção, elaboração de planejamento e programação eficientes;
- Treinamento e motivação dos operários envolvidos;
- A padronização das técnicas construtivas na busca da maneira mais eficiente de desenvolvimento de uma atividade, a diminuição da complexidade e a busca da continuidade das tarefas com o aumento da produtividade como consequência;
- Controle da produção como ferramenta de gestão do processo permitindo correção e alteração durante o mesmo.

Sobretudo, a mudança da postura das empresas diante de procedimentos arraigados com a implementação das medidas de racionalização como essencial para evolução tecnológica da construção civil.

### **3.5.3. As novas formas de racionalização**

Os problemas relacionados com o processo de produção na construção civil têm levado à busca de novos paradigmas de gestão. Desta forma, novos conceitos e técnicas foram concebidos buscando esta melhoria. A *lean Construction* surgiu com o objetivo de aplicar os conceitos lean da produção na construção civil e desde então muita contribuição tem havido neste campo.

Segundo KOSKELA (1992) a Construção Enxuta apresenta um conjunto de princípios para a gestão de processos que podem ser aplicados na construção civil, observando-se as particularidades do setor:

- a) Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor. A eficiência dos processos pode ser melhorada e as suas perdas reduzidas, não só através da melhoria da eficiência das atividades de conversão e fluxo, mas também pela eliminação de algumas das atividades de fluxo.
- b) Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes: as necessidades dos clientes (internos e externos) devem ser identificadas claramente e devem ser consideradas no projeto do produto e na gestão da produção.
- c) Reduzir a variabilidade: as variabilidades podem estar associadas ao fornecedor, ao processo e a demanda. Um produto uniforme, em geral, traz mais satisfação, pois a qualidade do produto corresponde às especificações previamente estabelecidas e a variabilidade tende a aumentar a parcela de atividade que não agregam valor e o tempo para execução do produto, pois interrompe o fluxo de trabalho e pode resultar em retrabalho ou rejeição do cliente por não atender às especificações.
- d) Reduzir o tempo de ciclo: a redução do tempo de ciclo é um princípio que tem origem na filosofia “just in time”. O tempo de ciclo pode ser definido como a soma de todos os tempos (transporte, espera, processamento e inspeção) para produzir um determinado produto. A aplicação deste princípio está fortemente relacionada à necessidade de comprimir o tempo disponível como mecanismo de forçar a eliminação das atividades de fluxo. Além disto, a redução do tempo de ciclo traz outras vantagens como:
  - Entrega mais rápida ao cliente: tende a reduzir o custo financeiro do empreendimento. Além disto, em alguns segmentos de mercado a velocidade de entrega é uma dimensão competitiva importante.
  - A gestão dos processos torna-se mais fácil: o volume de produtos inacabados em estoque (denominados de trabalho em progresso) é menor, o que tende a diminuir o número de frentes de trabalho, facilitando o controle da produção e do uso do espaço físico disponível.

- O efeito aprendizagem tende a aumentar: como os lotes são menores, existe menos sobreposição na execução de diferentes unidades. Assim, os erros podem ser identificados e corrigidos.
  - A estimativa de futuras demandas são mais precisas: como os lotes de produção são menores e concluídos em prazos mais reduzidos, a empresa trabalha com uma estimativa mais precisa da demanda. Isto torna o sistema de produção mais estável.
  - O sistema de produção torna-se menos vulnerável à mudanças de demanda: pode-se obter um certo grau de flexibilidade para atendimento da demanda, sem elevar substancialmente os custos.
- e) Redução do número de passos ou partes: quanto maior o número de componentes ou de passos num processo, maior tende a ser o número de atividades que não agregam valor. Isto ocorre em função das tarefas auxiliares de preparação e conclusão necessárias para cada passo no processo.
- f) Aumentar a flexibilidade de saída: refere-se à possibilidade de alterar as características dos produtos entregues aos clientes, sem aumentar substancialmente os custos dos mesmos.
- g) Aumentar a transparência do processo: o aumento da transparência tende a tornar os erros mais fáceis de serem identificados no sistema de produção, ao mesmo tempo que aumenta a disponibilidade de informações, necessárias para a execução das tarefas, facilitando o trabalho. Este princípio pode também ser utilizado como um mecanismo para aumentar o envolvimento da mão de obra no desenvolvimento de melhorias.

Segundo CALMON e MORAES (2000), a construção metálica possui grande relacionamento com os conceitos da produção industrializada e tem nos princípios, métodos e técnicas da nova filosofia de produção, uma promessa para melhoria e solução de problemas, de forma a alavancar este sistema construtivo nos próximos anos.

### **3.6. Materiais e Componentes construtivos industrializados para a construção metálica**

Segundo TUNOUTI e NOVAES (2004), as alternativas de componentes, técnicas e sistemas construtivos que objetivam a padronização, a racionalização do processo produtivo e a construtibilidade nos projetos de edificações têm sido os meios mais eficientes que as empresas utilizam para satisfação das exigências do mercado.

Os sistemas construtivos industrializados, por suas características racionalizadas, vêm se tornando cada vez mais uma alternativa pois, promovem uma transformação no processo de produção das edificações, tornando o canteiro de obra um local de montagem, trazendo redução de desperdício e aumento de produtividade dos serviços.

O sistema estrutural em aço por ser naturalmente industrializado, força a adoção de outros componentes também industrializados na construção, promovendo mudanças significativas nos processos de produção da edificação. Apesar do sistema estrutural em aço ser racionalizado e apontar positivamente em vários aspectos, em termos de aumento de produtividade e redução de desperdícios, alguns cuidados são necessários na utilização deste sistema. Segundo CASTRO (1999), em muitas edificações estruturadas em aço, as manifestações patológicas são decorrentes de erros na concepção do projeto a partir da conjugação com outros sistemas construtivos incompatíveis ou inadequados à estrutura metálica.

De acordo com o autor, a edificação em aço tem que nascer com a concepção considerando aspectos como modulação, grandes vãos, lajes pré-fabricadas, painéis de fechamento e levar em consideração aspectos importantes, como a proteção contra incêndios, para o aproveitamento de todas as potencialidades deste tipo de obra.

O conhecimento das características físicas dos principais materiais e isolamentos envolvidos são fundamentais. Além da concepção adequada e o dimensionamento estrutural estável, deve-se avaliar a interação com os demais componentes construtivos. Algumas propriedades importantes dos materiais associados à estrutura metálica devem ser consideradas:

1. Propriedades isolantes de condutibilidade ou de inércia térmica;
2. Taxa de absorção da umidade;
3. Capacidade para uma rápida dissipação da umidade e de secamento;

4. Capacidade higroscópica dos materiais;
5. Inalterabilidade estrutural do material ante a presença da umidade;
6. Inalterabilidade de forma e volume ante mudança de temperatura e umidade;
7. Comportamento do material diante de temperaturas extremas, más condições de ventilação, mudanças rápidas de temperatura e exposição aos raios solares;
8. Conservação ou variação das propriedades ante a influencia da umidade ou temperatura;
9. Resistência à corrosão;
10. Propriedades eletrolíticas nos metais;
11. Envelhecimento pelo tempo ou por influencias atmosféricas.

Segundo SALES (2001), um dos problemas mais comuns em edifícios com este sistema estrutural ocorre nas interfaces com outros elementos. O uso de sistemas tradicionais pode ocasionar trincas na junção das estruturas. Isto decorre devido à diferença de coeficientes de deformação entre o aço e outro elemento, mas que podem ser evitados, optando-se por outros sistemas mais adaptados a estrutura metálica.

De acordo com BAUERMANN (2002), sistemas construtivos, tanto racionalizados como industrializados, tem sido desenvolvidos ou aperfeiçoados. Os sistemas industrializados disponíveis abrangem, painéis de fachada, vedações, módulos de banheiro, lajes e sistemas estruturais. A utilização desses sistemas torna o processo de construção mais complexo e há necessidade da exigência por melhores desempenhos do processo de projeto em termos de eficiência, tempo e qualidade.

Segundo TEIXEIRA (2007), é necessário o desenvolvimento de pesquisas sobre os materiais de acabamento e sistemas construtivos industrializados destinados à construção civil, bem como o desenvolvimento de novos produtos e tecnologias e a realização de pesquisas que solucionem a interface entre os materiais de acabamento e a estrutura metálica. Ainda, segundo TEIXEIRA (2007) é necessário que sejam disponibilizadas mais informações sobre os materiais e sistemas construtivos industrializados complementares à estrutura metálica. Há poucas opções e fabricantes voltados para este mercado e a necessidade de investimentos, principalmente na área de pesquisa e desenvolvimento. O subsídio das empresas produtoras de aço pode possibilitar o desenvolvimento de materiais de acabamento e de sistemas construtivos industrializados complementares à indústria

metálica, com isso haveria maior motivação para novos empreendimentos em estrutura metálica e novos produtos seriam fabricados, formando um ciclo para o desenvolvimento de produtos adequados.

De acordo com TEIXEIRA (2007) há dificuldades na especificação de sistemas construtivos industrializados e complementares à estrutura metálica e mesmo materiais de acabamento que sejam compatíveis. Isto gera a não utilização em larga escala em empreendimentos de andares múltiplos da estrutura metálica, acarreta baixa qualidade da edificação e gera aumento do custo final do empreendimento.

Alguns materiais existentes no mercado apresentam sistemas mais compatíveis com a estrutura metálica, levando em consideração o aspecto da construtibilidade e as ligações entre os diversos componentes como lajes, sistemas de vedação externa e interna, esquadrias, proteção térmica e materiais utilizados na estrutura. A compatibilização de cada uma com a estrutura metálica deve ser analisada, cabendo ao projetista determinar a melhor escolha segundo análise técnica e econômica.

### **3.6.1. LAJES**

Diversos tipos de lajes podem ser associadas à estrutura metálica: maciças, pré-moldadas, nervuradas, pré-lajes e outras, com características próprias, vantagens e desvantagens (CASTRO, 1999). Dentre estas, destaca-se o *steel deck*, que é uma laje composta por uma telha de aço galvanizada e uma camada de concreto. O aço como bom material para ser trabalhado à tração é utilizado no formato de uma telha trapezoidal que serve como forma durante a concretagem e como armadura positiva para as cargas de serviço. (Metálica, 2009).

Conformado a frio e cobrindo uma largura útil de 820 a 840 mm, o *steel deck* possui nervuras largas e com a utilização de conectores de cisalhamento (stud bolts) permite a interação do concreto com o aço, o que possibilita o cálculo de vigas mistas, permitindo uma redução do peso da estrutura.

Dentre as suas vantagens para a construção, destacam-se:

- Alta qualidade de acabamento da laje;
- Dispensa o escoramento e reduz os gastos com desperdício de material;
- Facilidade de instalação e rapidez construtiva;
- Funciona como plataforma de serviço e proteção aos operários, propiciando maior segurança;
- Facilidade para passagem de dutos e instalações;
- Favorece a fixação de forros.

O *steel deck* constitui com a estrutura metálica um sistema construtivo de grande eficiência, com grande rapidez construtiva podendo ser aplicado na construção de shoppings, edifícios comerciais, escolas, hotéis e edifícios industriais. (Metálica, 2009)

A montagem de uma laje *steel deck* se dá nas seguintes etapas (Téchne, 2008):

1. Antes de se elevar as chapas, é necessário que a estrutura metálica esteja totalmente executada (Figura 3.9). A montagem das chapas deve ser realizada de acordo com os planos de execução. Para um espaçamento entre vigas de suporte superior a 2,50 m, torna-se necessário o escoramento durante a concretagem e o endurecimento do concreto. É usual os recortes e ajustes nos cantos e pilares, a fim de adaptar os painéis da fôrma à geometria da edificação. Uma vez realizado os ajustes, os painéis devem ser fixados por meio de pontos de solda.



Figura 3.9 – Montagem da estrutura metálica (Téchne, 2008).

1. Após o término da montagem da forma de aço, devem ser fixados os conectores de cisalhamento (Figura 3.10). Esses conectores deverão ser soldados à viga, através da forma de aço, com um equipamento de solda por eletrofusão. O conector mais utilizado no sistema de laje e vigas mistas é o tipo pino com cabeça (*stud bolt*). Os conectores são colocados normalmente nas nervuras, alternadamente, em alguns casos aos pares.



Figura 3.10 – Fixação dos stud bolt (Téchne, 2008).

2. Concluída a montagem, a fixação da forma e a instalação dos conectores de cisalhamento, pode-se dar início à instalação das armaduras adicionais das lajes (Figura 3.11). Como regra, utiliza-se armaduras em malha quadrada e de pequeno diâmetro, exceto em grandes vãos, onde é necessário proceder ao cálculo de uma armadura superior.



Figura 3.11 – Armaduras adicionais da laje (Téchne, 2008).



3. Parte-se, então, para o lançamento do concreto por meio de bomba (Figura 3.12). A saída do concreto deve ser movimentada frequentemente e cuidadosamente para minimizar os problemas de acumulação em zonas críticas da laje, como no meio do vão.



Figura 3.12 – Concretagem da laje *steel deck* (Téchne, 2008).

4. Como em toda concretagem, o tempo de cura deve ser respeitado. O cobrimento mínimo definido em normas estrangeiras, bem como na NBR 14323 – “Dimensionamento de Estruturas de Aço de Edifícios em Situação de Incêndio” é de 50 mm de concreto acima do topo do *steel deck*. Para lajes de piso, recomenda-se cobrimento maior ou igual a 65 mm (Figura 3.13).



Figura 3.13 – Acabamento e cobrimento mínimo da laje *steel deck* (Téchne, 2008).

O *steel deck*, segundo o artigo (Téchné, 2008) pode representar economia na execução das lajes, se tirado o proveito da construção racionalizada e atrelado, de preferência, a outros elementos industrializados. A economia estaria na rapidez da execução e a necessidade de se vencer prazos curtos de obras, a dispensa do escoramento, total ou parcial, permite o trabalho em vários pavimentos sem a necessidade da espera do tempo de cura do concreto. A redução de custos como o aluguel de escoras e a mão de obra de montagem e desmontagem do escoramento também são fatores a serem considerados. Entretanto, o projeto deverá prever o uso do *steel deck* desde o início, respeitando os limites de vãos, sobrecargas, espessuras de chapas, especificação do concreto e sistemas de fixação e apoio. Alguns tipos de painéis para laje *steel deck* são apresentados na Figura 3.14.

PAINÉIS PARA LAJES TIPO STEEL DECK	
Dimensões usuais (painel de aço)	Espessuras usuais: 0,80 mm, 0,95 mm e 1,25 mm. Largura útil: 820 mm, 840 mm e 915 mm. Comprimento: até 12 m, conforme o projeto.
Peso	Em torno de 10 kg/m <sup>2</sup> .
Composição	Aço ASTM A-653 Grau 40 (ZAR 280).
Tipo de concreto utilizado	Concreto estrutural convencional, com resistência à compressão (f <sub>ck</sub> ) maior ou igual a 20 MPa.
Outros componentes do sistema	Armaduras em telas soldadas, para controle de fissuração.
Normas técnicas	Não há uma norma brasileira específica para <i>steel deck</i> , mas são usadas as normas NBR-6118, 8800, 10735 e 14323 no seu conjunto e também as normas ASTM ou européias.
Incêndio	Devido à utilização das armaduras adicionais em telas soldadas, as lajes executadas com o <i>steel deck</i> estão aptas a trabalhar em situações de incêndio, de acordo com as condições da NBR-14323/99 – Estruturas de Aço em Situação de Incêndio, com a possibilidade de se eliminar a aplicação de materiais de proteção em sua superfície.
Fornecimento	Os fabricantes oferecem projeto de paginação e montagem de acordo com a obra, além de assistência técnica.
Competitividade	O custo da laje acabada com <i>steel deck</i> , incluindo projeto, transporte, montagem, concreto, armaduras em telas e adicionais, serviços de concretagem e colocação de armadura da laje gira em torno de R\$ 95,00/m <sup>2</sup> .

Figura 3.14 – Tipos de painéis para laje *steel deck* (Téchné, 2008).

A atenção às especificidades do *steel deck* utilizado com a estrutura metálica são importantes na prevenção de problemas como fissuras, descolamento e corrosão. Castro (1999) destaca os três como sendo os maiores problemas neste tipo de laje.

As fissuras são decorrentes da falta de armadura negativa ou resultante da retração do concreto durante a cura. São percebidas apenas na face superior da laje e não constituem um problema grave. Nos dois casos, se as fissuras forem pequenas é melhor deixá-las ou fazer o contrapiso para cobri-las, se as

fissuras forem maiores, a laje terá que ser demolida e deverá ser redimensionada contemplando-se as armaduras negativas ou de combate a fissuração devido à retração.

Outro problema de fissuras é a presença de vigas secundárias apoiadas sobre as principais. O cálculo, normalmente é feito para vigas bi-apoiadas, porém existe uma tendência de continuidade destas nas regiões de ligação, podendo provocar as fissuras paralelas ao eixo das vigas principais.

Para se evitar este tipo de ocorrência, deve-se utilizar uma armadura adicional sobre as vigas principais, além da armadura de retração, que pode ser executada em tela soldada ou barras, colocadas na região de ligação das vigas secundárias e principais com cobrimento de cerca de 2 cm.

No descolamento o concreto começa a se destacar do aço devido a uma sollicitação cisalhante acima de sua resistência mecânica, levando a laje à ruína. As causas podem ser: sobrecarga excessiva e corrosão na chapa de aço. É necessária a demolição e reconstrução da laje.

A corrosão acontece pela infiltração da água que se acumula entre a chapa de aço e o concreto. O concreto não é um material impermeável e pode permitir a infiltração de água na estrutura atacando não só a chapa de aço como as outras armaduras. Quando a corrosão só é detectada após o grande comprometimento da chapa é necessária a demolição da laje, caso contrário, fazem-se os reparos da impermeabilização e da laje.

### **3.6.2 VEDAÇÃO EXTERNA**

KRÜGER (2000) avalia a utilização de painéis de vedação associados à estrutura metálica como uma vantagem que se traduz na racionalização do processo construtivo, na eliminação de re-trabalho e na minimização de desperdícios.

Segundo o autor, alguns dos painéis utilizados em fechamentos verticais externos são:

### - Painéis em placa cimentícia:

São compostos, basicamente, de placa de cimento reforçado com fibras de celulose ou telas de fibra de vidro. Podem ser adicionados quartzos ou utilizada argamassa de baixa densidade. As dimensões variam de acordo com o fabricante, podendo ser de 900 mm de largura, 1250 mm de comprimento e 12,5 mm de espessura ou de 1200 mm de largura, 2400 mm de comprimento e diversas espessuras. A fixação se assemelha aos painéis de gesso acartonado (Figura 3.15).



Figura 3.15 – Pannel de placa cimentícia (Decorlit, 2009).

### - Painéis pré-moldados em concreto:

Não possuem limites dimensionais por sua composição ser basicamente em concreto armado com resistência entre 21 e 45 MPa e espessura mínima de 12,50 cm. Possibilitam a incorporação de esquadrias. Permitem revestimento prévio com cerâmica, pastilha, pinturas e texturas. A fixação é feita por “*inserts*” ou consolos de concreto e sua instalação exige equipamentos de içamento (Figura 3.16). As juntas horizontais e verticais são tratadas com mástiques para garantir a estanqueidade.



Figura 3.16 – Painel pré-moldado de concreto (Premo, 2009).

#### **- Painéis em concreto celular autoclavado:**

O painel em concreto celular autoclavado (Figura 3.17) é constituído por cimento e cal (aglomerante), material rico em sílica, agente formador de gás e água (COSTA,1995).

É utilizado quando se deseja aliviar o peso e obter melhor desempenho acústico através dos vazios internos. Estão disponíveis nas seguintes dimensões: comprimentos a partir de 1,0 m, de 10 em 10 cm até 3,0 m de comprimento, larguras de 30 e 55 cm e espessuras de 10, 12,5, 15 e 20 cm. Apresentam bom isolamento acústico devido a sua estrutura interna porosa. A estrutura do concreto celular proporciona boas propriedades de isolamento térmico, o que reduz o consumo de energia para refrigeração ou aquecimento.



Figura 3.17 – Placa para painel em concreto celular (Precon, 2009).

### **3.6.3. VEDAÇÃO INTERNA**

O sistema de vedação interna é um dos mais importantes no processo construtivo. Percebe-se que sua racionalização pode resultar em redução de custos e desperdícios e, como se deseja chegar a um processo eficiente na construção metálica tem-se a necessidade do desenvolvimento de subsistemas complementares que funcionem e sejam aceitos pelos usuários e comunidade técnica (BARROS, 1999).

O mesmo autor refere-se à utilização de vedações convencionais em alvenaria sendo amplamente utilizadas em associação à estrutura metálica. Entretanto, esse tipo de sistema apresenta incompatibilidades pelo tempo de execução e interfaces, nem sempre bem resolvidas. A associação entre a estrutura metálica e a alvenaria convencional não significa a ocorrência de problemas, mas algumas diferenças devem ser consideradas durante as etapas de concepção, projeto e execução para o não surgimento das incompatibilidades.

Do ponto de vista físico-construtivo, as edificações ficaram mais leves e esbeltas, assim como a execução mais rápida devido a inserção de novas tecnologias. Entretanto, as interfaces entre os subsistemas e a garantia da eficácia ainda são um problema prático (SALES, 2001).

LOSSO e VIVEIROS (2004) citam o gesso acartonado como componente de construção de paredes internas a muitas décadas e afirmam que nos últimos anos o mesmo vem obtendo mais espaço no mercado nacional (Figura 3.18). A existência de uma busca contínua por materiais de alto desempenho com baixo custo de implantação, manutenção e rapidez de execução são propriedades importantes consideradas pelos usuários.

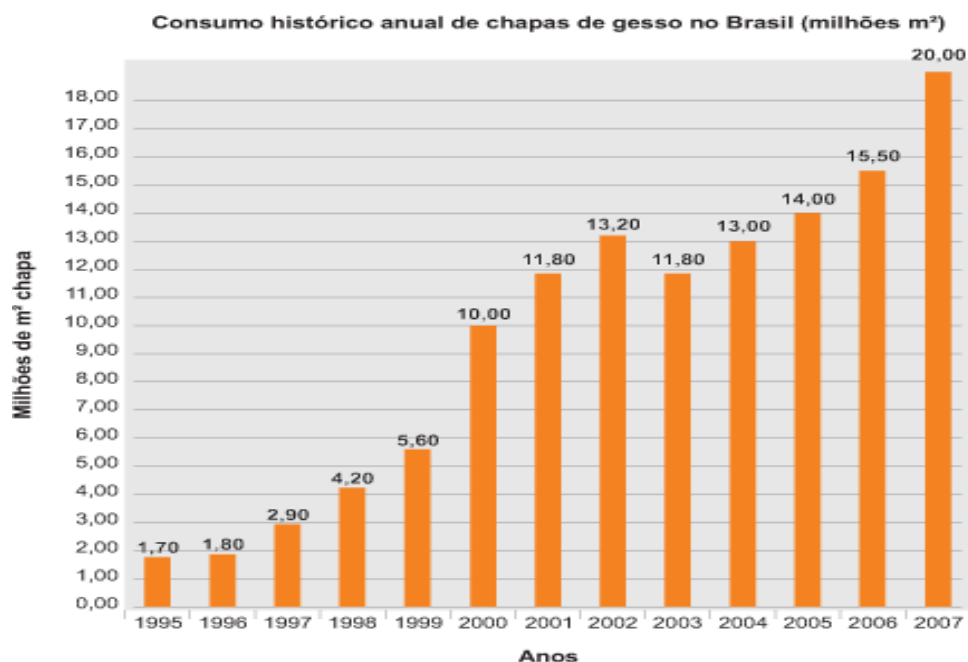


Figura 3.18 – Histórico do consumo de chapas de gesso acartonado no Brasil

Fonte: Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Dry wall*, 2008.

Os painéis de gesso acartonado são compostos de placas de gesso revestidos com folhas de papelão em ambos os lados, que conferem as placas estrutura necessária para resistir à tração e compressão. O papelão garante resistência à tração (similar ao aço) e o gesso a resistência a compressão (similar ao concreto). As placas possuem dimensões de 1,20 m de largura e 2,60 m a 3,00 m de comprimento, sendo as espessuras de 12,5 mm, 15,0 mm e 18,0 mm, as mais utilizadas. Em ambientes sujeitos a umidade são empregadas placas hidrófugas e, de acordo com a exigência, placas resistentes ao fogo. Para fixação destes, são usados guias e montantes em madeira e aço com tratamento superficial em alumínio e zinco (SALES, 2001).

Em se tratando de um sistema industrializado, os improvisos durante a obra não são permitidos. Os painéis devem ser montados após a elaboração e compatibilização de todos os projetos, arquitetônico e complementares. As instalações elétricas, hidráulica, entre outras, devem ser previstas com a abertura de passagens nos montantes e painéis e a previsão de reforços na necessidade de fixação de bancadas, tanques, etc. Os painéis de gesso acartonado são colocados após a instalação de eletrodutos e tubos (KRUGER, 2000).



Para cada sistema os fabricantes possuem um conjunto de acessórios específicos. Os básicos são os parafusos para fixação das chapas de gesso acartonados à estrutura, fita de papel reforçado (empregado nas juntas entre chapas, reforços ou acabamentos de canto), cantoneiras metálicas para acabamento e proteção das chapas nos cantos das paredes e bordas cortadas, lã de vidro para preenchimento entre as placas que melhoram o desempenho acústico e massa especial para rejuntamento a base de gesso e aditivos (inclusive resinas) que conferem maior trabalhabilidade e plasticidade, Figura 3.19 (KRUGER, 2000).

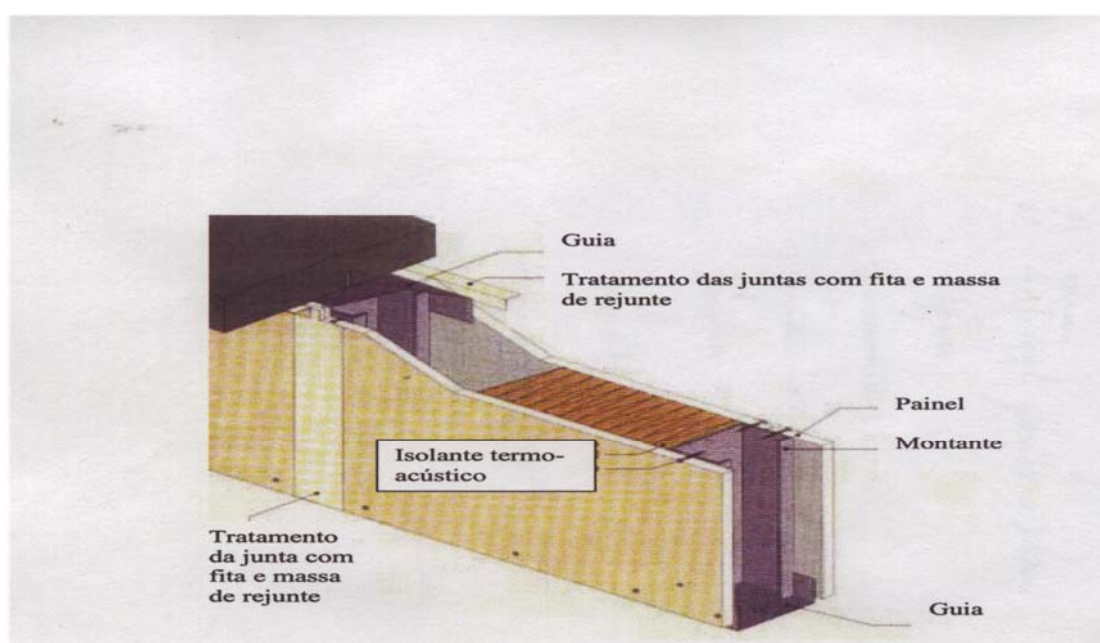


Figura 3.19 – Sistema completo para divisória (Kruger, 2000).

Entretanto, o carregamento que deveria ser transmitido somente para a estrutura, de forma que os fechamentos não sofressem solicitações mecânicas, acabam ocorrendo na vedação provocando fissuras. Os fechamentos de forma geral apresentam bom comportamento quando submetidos a tensões de compressão e pouca resistência quando submetidos a esforços de tração ou cisalhamento (CASTRO, 1999).

Segundo CASTRO (1999), dentre as diversas causas para a ocorrência das fissuras associadas ao sistema de vedação e à estrutura metálica estão as movimentações da estrutura e as movimentações higrotérmicas



### **Fissuras causadas pela movimentação da estrutura**

O excesso de sobrecarga, o mau dimensionamento ou detalhamento podem causar deformações excessivas e a formação de fissuras que variam de acordo com o tipo de fechamento e o tipo de solicitação. No caso das estruturas metálicas, principalmente, devido a solicitações de cisalhamento e flexão.

**As fissuras de cisalhamento** ocorrem em função de movimentações diferenciadas dos materiais que compõe a edificação, pois possuem propriedades físicas distintas. Em estruturas metálicas o importante é a velocidade desta movimentação. Se for gradual e lenta, os materiais terão mais facilidade de assimilá-la. Se houver uma rápida dilatação dos perfis que não for acompanhada pelo fechamento ocorrerá o destacamento na interface entre o fechamento e a estrutura inclinadas à 45°. Nestes casos, a solução consiste na adoção de detalhes construtivos como telas metálicas, juntas, ferros de espera e a utilização de selantes na ligação estrutura-fechamento procurando isolar o pano de fechamento da estrutura.

**As fissuras de flexão** excessiva acontecem pela formação das flechas em elementos estruturais. Um tipo comum é em regiões de alta concentração de esforços de flexão, tais como em balanços e em vigas contínuas, que podem provocar altos valores de flecha que podem exceder os limites de flexão dos fechamentos.

Nestes casos, a adoção de pilaretes e vigas intermediárias com função de dividir os panos é uma medida preventiva.

Nas regiões de grande concentração de tensões onde os momentos atingem os valores máximos positivos, a flecha pode atingir grandes valores e nos painéis de gesso pode ocorrer a fissura no ponto de emenda entre as placas, normalmente provocada por deformação em vigas ou lajes.

### **Fissuras causadas pela movimentação higrotérmica**

Variações de temperatura e umidade provocam movimentos de dilatação e contração nos diversos materiais envolvidos. Como estes normalmente são restringidos pelos vínculos, a tendência é que a movimentação diferenciada provoque fissuras na interface entre a estrutura e o fechamento. A principal consequência é o destacamento dos panos de vedação em relação aos componentes estruturais e acontecem principalmente nos seguintes casos:

1. Quando a estrutura é de aço aparente, resultando em maior absorção de calor pela estrutura e provocando maior dilatação em relação ao fechamento;
2. Quando não há detalhes construtivos nas ligações entre a estrutura e o fechamento (juntas, telas, selantes, etc)

O tratamento dado às interfaces entre a estrutura e o sistema de fechamento pode influir na qualidade de uma edificação. A fixação, as quinas e as junções de painéis de fechamento industrializados com a estrutura em aço, devido a deformabilidade dessas estruturas apresentam dificuldade que podem ser contornadas com recursos adequados a cada tipo de fechamento. O tratamento das junções deve permitir a dilatação térmica diferenciada dos componentes (COSTA, 2004).

### **3.6.4 – MATERIAIS DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO**

BERNARDES (2002) classifica as proteções contra incêndio em ativas e passivas, sendo as ativas as que mais contribuem no combate ao incêndio e devem ser pensadas desde a concepção do projeto arquitetônico visando a redução da probabilidade da ocorrência de incêndios severos. As proteções passivas atuam na ocorrência de um incêndio para reduzir a possibilidade de um colapso estrutural.

Segundo STARLING (2000), a capacidade de uma estrutura resistir ao fogo depende do material utilizado, no caso da construção metálica, de aços mais resistentes às temperaturas elevadas ou da aplicação de materiais de revestimento que melhorem sua resistência.

## **Proteção Passiva**

Todos os elementos estruturais devem ser verificados quando solicitados em uma situação de incêndio em relação ao TRRF (Tempo requerido de resistência ao fogo) adotado no projeto. Quando algum elemento tem uma perda de sua resistência mecânica é necessário a utilização da proteção passiva como isolante térmico (BERNADES, 2000).

Alguns dos materiais utilizados como proteção contra incêndio, são:

### 1. Argamassas Projetadas (SILVA, 2001; REFRASOL, 2009):

As argamassas projetadas leves (densidades nominais aparentes de cerca de 300 a 400 kg/m<sup>3</sup> são os materiais mais utilizados internacionalmente para a proteção de estruturas metálicas, devido a sua alta eficiência e baixo custo de aplicação (Figuras 3.20 e 3.21). São aplicados por projeção pneumática de baixa pressão.

Protegem a estrutura contra corrosão, eliminando a necessidade de qualquer tipo de prime, devido a composição química destes materiais, à base de fibras minerais e cimentos (ligantes).

Podem ser divididos entre os cimentícios – compostos pelo alto índice de material aglomerante, como gesso, cimento e minerais inertes e as fibras projetadas, compostas por fibras minerais, geralmente lã de rocha misturada com baixo teor de aglomerante.



Figura 3.20 – Garagem da Central dos Correios em Santo Amaro – SP, protegida com argamassa projetada.



Figura 3.21 – Pilar metálico protegido com argamassa projetada.

## 2. Tintas intumescentes (REFRASOL, 2009):

As tintas intumescentes são aplicadas na superfície do perfil como uma pintura espessa, são produtos reativos ao calor, que, à aproximadamente 200° C, iniciam um processo de expansão volumétrica atingindo muitas vezes seu volume inicial, dependendo da espessura e temperatura a qual sejam expostos (Figura 3.22). Neste processo são liberados gases atóxicos que atuam em conjunto com resinas especiais formando uma espuma rígida na superfície da estrutura, provocando o retardamento da elevação das temperaturas nos elementos metálicos.

As tintas intumescentes são os produtos de melhor acabamento estético para a proteção de estruturas metálicas, todavia são materiais caros e que devem ser utilizados com cautela para garantir a viabilidade econômica do empreendimento.

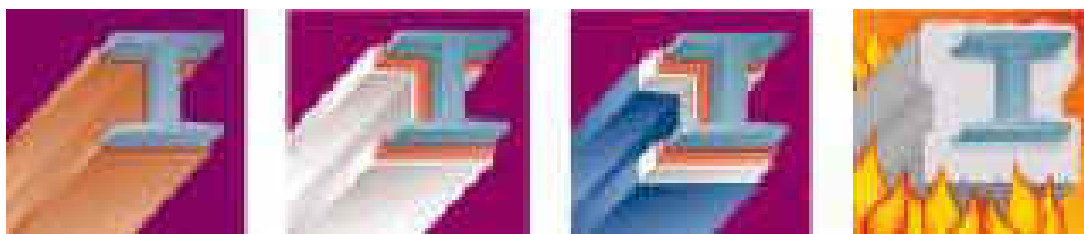


Figura 3.22 – Esquema de aplicação da tinta intumescente e sua expansão volumétrica em situação de incêndio.

## 3. Mantas e Painéis de materiais fibrosos (REFRASOL, 2009):

As mantas de fibra cerâmica e placas de lã de rocha são boas alternativas para a proteção de estruturas de edificações já em funcionamento, uma vez que estes sistemas geram menos sujeira que materiais projetados. Estes elementos são fixados em pinos previamente soldados à estrutura e possuem acabamento rústico, devendo ficar ocultos sobre forros ou envolvidos por materiais específicos de acabamento.

4. Placas de gesso acartonado (REFRASOL, 2009):

São placas de gesso acartonado com características específicas para proteção contra fogo em estruturas metálicas. Estas placas possuem custo que pode ser superior ao custo de placas *dry wall* convencionais de acabamento, mas podem ser uma boa solução em projetos onde existam requisitos como isolamento acústico ou compartimentação com paredes corta-fogo, além da proteção passiva contra fogo.

5. Argamassa de vermiculita (SILVA, 2001; REFRASOL, 2009):

Este tipo de sistema é composto de argamassa de agregado leve a base de vermiculita expandida, cimento hidráulico e aglomerante minerais. Tem densidades nominais aparentes a partir de 600 kg/m<sup>3</sup>, podendo chegar a mais de 900 kg/m<sup>3</sup> dependendo da formulação e respectiva finalidade e utilização e ponto de fusão em torno de 1370° C. A vermiculita quando aquecida, perde água, intumescce e se expande.

Possui a vantagem de ter grande resistência mecânica, suportar intemperismos e atmosferas quimicamente agressivas. É muito utilizado em indústrias petroquímicas, plataformas de petróleo ou em estruturas sujeitas a abusos mecânicos elevados e atende a exigências de proteção contra incêndio de hidrocarbonetos.

### **3.7.Considerações finais a respeito da revisão bibliográfica**

Dentro do que foi apresentado na revisão bibliográfica, percebe-se que o sucesso de um empreendimento depende diretamente da qualidade do processo de projeto e que a interferência nas etapas iniciais é extremamente eficaz, com maiores possibilidades de redução de custos e aumento do desempenho da edificação. HAMMARLUND E JOSEPHSON (1992), apresentam de forma clara que a medida que o projeto e a execução do empreendimento evoluem, as interferências se tornam mais caras e menos eficazes.

Em construções metálicas, o processo de projeto é ainda mais complexo pelas suas peculiaridades. O desenvolvimento dos projetos de forma simultânea e não seqüencial como propõe FABRÍCIO (2002), é essencial para uma visão mais ampla de todos os envolvidos e a antecipação de eventuais inconsistências construtivas propiciando o ganho de prazo na fase projetual, uma maior interação entre os agentes e a melhoria da qualidade do projeto e do produto final.

A opção pela estrutura metálica deve acontecer desde a concepção do projeto arquitetônico, o projeto deve “nascer” metálico para que se torne economicamente viável. Um projeto metálico deve satisfazer alguns conceitos básicos como modulação e padronização para aproveitar todo o potencial deste tipo de construção.

A racionalização da construção, utilizando-se a construção metálica como princípio, deve se dar desde a etapa de projetos, e para que esta seja eficaz, todo o sistema construtivo e os materiais envolvidos devem estar definidos para a otimização e compatibilização na execução do empreendimento.

TEIXEIRA (2007) aborda os sistemas construtivos complementares industrializados associados à estrutura metálica, como uma forma mais competitiva e pouco explorada no mercado de Belo Horizonte, utilizados de maneira parcial. Otimiza-se a estrutura, porém os outros materiais associados possuem características manufatureiras.

Entender como se dá o processo de especificação de materiais e componentes dentro do processo de projeto nas construções metálicas é o que se busca com este trabalho. Pretende-se realizar um diagnóstico do mercado e uma análise crítica que levarão à conclusões e à apresentação de diretrizes na melhoria da qualidade das edificações metálicas.

# 4

## **METODOLOGIA**

As pesquisas segundo GIL (2002) são classificadas em três grandes grupos: as exploratórias, as descritivas e as explicativas.

As exploratórias têm como objetivo o aprimoramento das idéias ou a descoberta de intuições, envolvendo na maioria dos casos levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e a análise de exemplos que estimulem a compreensão.

As pesquisas descritivas têm como objetivo o estabelecimento de relações entre variáveis e, uma de suas características é a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como questionários e a observação sistemática.

As pesquisas explicativas se preocupam em identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos e valem-se quase exclusivamente do método experimental.

Com base nessa descrição de GIL (2002) em relação às pesquisas, pode-se dizer que esta têm caráter exploratório e descritivo.

Quanto ao procedimento técnico, GIL (2002) define dois grandes grupos: no primeiro grupo se inserem as pesquisas bibliográficas e documentais e no segundo grupo as pesquisas experimentais, a pesquisa *ex - post facto*, o levantamento e o estudo de caso.

Para esta pesquisa utilizou-se da pesquisa bibliográfica, do levantamento de dados através de questionários, da observação sistemática dos acontecimentos e da pesquisa a partir do fato passado.



A pesquisa bibliográfica foi apresentada no capítulo 3, revisão bibliográfica, e possibilitou o refinamento e a base crítica para a análise das especificações dos materiais e componentes construtivos no processo de projeto de construções metálicas.

Como forma de ilustração, foi descrito o processo de projeto e execução de um empreendimento parcialmente metálico que já foi realizado.

#### **4.1. A Metodologia do levantamento de dados através das entrevistas e a caracterização das empresas envolvidas**

O levantamento de dados por meio de questionários previamente estruturados foi possível através de entrevistas com empresas de projeto e empresas fornecedoras de materiais e componentes construtivos do setor da construção metálica. As empresas foram selecionadas por sua experiência com o sistema construtivo metálico e são relevantes na participação do mercado da região metropolitana de Belo Horizonte. As empresas, em um total de 11, foram separadas em: empresas que desenvolvem projetos estruturais (04), empresas que desenvolvem projetos arquitetônicos para construções metálicas (04) e empresas fornecedoras de materiais e componentes associados à construção metálica (03), sendo uma fornecedora de lajes *steel deck* e coberturas metálicas, uma fornecedora de painéis externos e *dry wall* e a outra fornecedora de esquadrias de alumínio. Buscou-se desta forma envolver os principais agentes no processo de especificação de materiais e componentes construtivos na fase de projeto.

Quanto às características das empresas entrevistadas utilizou-se o sistema SEBRAE para classificá-las quanto ao porte. O SEBRAE utiliza como critério para definir o porte das empresas em micro empresa, pequena empresa, média empresa e grande empresa, o número de pessoas ocupadas, o que inclui também os proprietários das empresas. A divisão estabelece da seguinte forma:

Tabela 4.1. Definição do porte das empresas (SEBRAE)

PORTE / SETOR	COMÉRCIO / SERVIÇOS
MICRO EMPRESA	Até 9 pessoas
PEQUENA EMPRESA	Até 49 pessoas
MÉDIA EMPRESA	Até 99 pessoas
GRANDE EMPRESA	Mais de 100 pessoas

Foi feito, a princípio, um contato telefônico para verificar a disponibilidade das empresas em fornecer as informações por meio das entrevistas. Foram então enviadas cartas com a finalidade de esclarecer os objetivos da pesquisa. Foi dada a garantia às empresas que as mesmas ficariam em sigilo, para tal, adotou-se neste trabalho uma nomenclatura para identificar as empresas: PE (empresas que desenvolvem Projetos Estruturais), PA (empresas que desenvolvem Projetos Arquitetônicos) e FO (empresas fornecedoras de materiais e componentes associados à construção metálica). As empresas selecionadas, em sua maioria, possuem mais de 15 anos de atuação no mercado (Tabela 4.2) e, portanto, possuem grande experiência com o sistema estrutural metálico e podem contribuir com informações consolidadas.

Tabela 4.2. Caracterização das empresas entrevistadas.

CÓD.	TEMPO DE MERCADO (ANOS)	PORTE		ESPECIALIDADE		
		Nº FUNC.	CLASSIFICAÇÃO SEBRAE	DESCRIÇÃO (PROJETO, DETALHAMENTO, ETC)	ED. ANDARES MÚLTIPLOS	ED. IND.
PA 1	19 ANOS	10	PEQUENA	PROJETOS DE ARQUITETURA, COMPLEMENTARES E GERENCIAMENTO DE EDIFICAÇÕES COMERCIAIS, RESIDENCIAIS E INDUSTRIAIS	X	X
PA 2	16 ANOS	40	PEQUENA	PROJETO ARQUITETÔNICO E GERENCIAMENTO DE EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS E PRINCIPALMENTE COMERCIAIS	-	X
PA 3	13 ANOS	14	PEQUENA	PROJETO ARQUITETÔNICO DE EDIFICAÇÕES COMERCIAIS, RESIDENCIAIS E INDUSTRIAIS	X	X
PA 4	37 ANOS	15	PEQUENA	PROJETOS URBANÍSTICOS E ARQUITETÔNICOS RESIDENCIAIS, COMERCIAIS E INDUSTRIAIS E DESIGN DE MÓVEIS	X	X
PE 1	16 ANOS	12	PEQUENA	PROJETOS ESTRUTURAIS METÁLICOS E EM CONCRETO ARMADO	X	X
PE 2	19 ANOS	03	MICRO	PROJETOS ESTRUTURAIS METÁLICOS	X	X
PE 3	34 ANOS	05	MICRO	PROJETOS ESTRUTURAIS METÁLICOS E EM CONCRETO ARMADO E COMPLEMENTARES	X	X
PE 4	32 ANOS	25	PEQUENA	ENGENHARIA CONSULTIVA E PROJETOS ESTRUTURAIS METÁLICOS E EM CONCRETO ARMADO	X	X
FO 1	15 ANOS	150	GRANDE	FORNECIMENTO DE DRY WALL E GESSO	X	X
FO 2	10 ANOS	100	GRANDE	FABRICAÇÃO E FORNECIMENTO DE TELHAS, STEEL DECK E ACESSÓRIOS.	X	X
FO 3	7 ANOS	70	MÉDIA	FORNECIMENTO DE ESQUADRIAS E VIDROS	X	X

OBS: Legenda: CÓD. – Código atribuído às empresas entrevistadas; Nº FUNC. – Número de funcionários das empresas entrevistadas; ED. – Edificações; IND. – Industriais.

Para a realização das entrevistas foram desenvolvidos dois questionários de acordo com a especialidade de cada empresa, ou seja, empresa de projeto ou empresa fornecedora de materiais e componentes associados à construção. Os questionários são apresentados em anexo a presente dissertação.

#### **4.2. O Desenvolvimento das Entrevistas**

As entrevistas foram realizadas no ambiente de trabalho dos entrevistados. Procurou-se abordar questões referentes à especificação de materiais e componentes construtivos no processo de projeto de construção metálica. Com o intuito de obter respostas que relatassem o que acontece realmente na prática nas empresas e não o que o profissional considera ideal nesses processos, as perguntas foram feitas de forma indireta e posteriormente confrontadas com outras questões relativas ao mesmo assunto. Desta forma, um assunto era tratado e a posteriori comprovado através de outra questão. Ou seja, confrontando as respostas dos entrevistados foi possível verificar se existia algum tipo de contradição nas respostas.

Os profissionais entrevistados na área de projetos arquitetônicos e de cálculo estrutural eram os sócios titulares das empresas. Nas empresas fornecedoras de materiais e componentes construtivos, por seu porte maior, os entrevistados eram da área técnica; gerentes ou diretores.

As entrevistas foram gravadas e as suas principais idéias transcritas da forma interpretativa. Os resultados foram agrupados em três tabelas de acordo com a especialidade das empresas (projeto arquitetônico, cálculo estrutural e fornecedoras de materiais e componentes construtivos). A partir daí foram feitas correlações entre as empresas (baseadas em suas respostas em relação às perguntas semelhantes) buscando-se diferenças, semelhanças e particularidades no processo de especificação de materiais e componentes construtivos no processo de projeto de construção metálica.

### **4.3. A Metodologia do estudo de caso**

Como forma de analisar algumas questões levantadas durante as entrevistas em uma situação real, foi verificado o processo de projeto e execução de um empreendimento que utilizou a construção metálica. O empreendimento em questão sofreu várias interrupções ao longo de 14 anos, pois a obra iniciou-se em 1994 e terminou ao final de 2008. Assim, o mesmo já se encontrava pronto quando iniciou-se a presente análise e razão pela qual não foi possível fazer o acompanhamento da obra.

Trata-se de uma edificação de andares múltiplos com 16 pavimentos. Foi concebido inicialmente para ser executado em concreto armado, e sofreu a mudança para estrutura metálica durante o andamento da obra. Foi possível o levantamento do processo de projeto e do histórico de todas as etapas da execução da edificação com alguns dos profissionais envolvidos.

Foram feitas entrevistas com a arquiteta responsável pelo projeto arquitetônico e pela coordenação de projetos e, também, com o engenheiro responsável pela execução da obra. Foram disponibilizados pela construtora que concluiu a obra laudos técnicos e fotografias que possibilitaram a verificação das questões levantada pelos profissionais entrevistados.

Durante o processo de análise da documentação, projetos e relatos buscou-se uma correlação entre o empreendimento executado e as entrevistas com os profissionais de projetos e fornecedores de materiais e componentes construtivos entrevistados durante este trabalho.

# 5

## **RESULTADOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO**

O presente capítulo apresenta os resultados das entrevistas indicadas no capítulo anterior, correlacionando as afirmações dos arquitetos, calculistas e fornecedores. Posteriormente, é apresentado o estudo de caso de um empreendimento já executado que utilizou o sistema estrutural metálico e analisado a execução deste empreendimento e as respostas dos profissionais entrevistados.

### **5.1. Resultados, Análises e Discussões Referentes às Entrevistas**

A partir dos dados obtidos nas entrevistas, foi feita uma análise das respostas, com foco no estudo do processo de projeto e seu impacto na especificação de materiais e componentes construtivos.

As perguntas feitas aos calculistas e aos arquitetos foram as mesmas e, por isso, foram analisadas de forma direta para avaliar a concordância entre eles ou não. Os fornecedores de materiais e componentes construtivos foram questionados de forma a confirmar ou não as respostas dos projetistas. As questões foram abordadas de forma diferente no contexto da realidade destes profissionais.

O primeiro aspecto a ser mencionado é que as respostas dos calculistas e dos arquitetos foram semelhantes, com pequenas variações entre elas. Os profissionais concordam quanto ao motivo da escolha pela estrutura metálica se dar pela agilidade da execução da obra com a redução do prazo, o ganho de maiores vãos, a maior esbeltez da estrutura com uma boa resposta arquitetônica e a facilidade de expansões e ampliações com menores impactos. As tabelas 5.1; 5.2 e 5.3 apresentadas a seguir resumem os resultados das entrevistas realizadas com os arquitetos, calculistas e fornecedores. Na seqüência, serão destacados alguns pontos resultantes da análise das entrevistas.

Tabela 5.1 – Resumo das entrevistas com os Arquitetos

Resumo das entrevistas com os arquitetos		Arquitetos			
Item	Questionamento	PA.1	PA.2	PA.3	PA.4
1	Qual o principal motivo que leva os clientes a escolha da construção metálica?	Rapidez e ganho de vãos maiores.	Rapidez, maior flexibilidade com possibilidade de ampliações futuras com menor impacto.	Rapidez, ganho de vãos maiores, esteticamente agradável e impacto ambiental menor.	Outras originais, esteticamente relevantes, velocidade e ganho de vãos.
2	Quais os pontos importantes a serem observados em um projeto voltado a construção metálica?	O importante é o projeto metálico ser modular.	O projeto é mais complexo, precisa contemplar detalhes de fechamentos e vedação, é mais especializado.	Partir da modulação da estrutura metálica, pensar na associação dos materiais para não gerar incompatibilidades com a estrutura.	O projeto precisa nascer em aço, tudo é mais estético, tracionado e elegante.
3	Quem define o sistema construtivo a ser adotado? Sua empresa tem alguma participação nesta escolha?	A empresa participa diretamente na decisão, muda até especificações pré determinadas pelo cliente.	A empresa é quem define.	A empresa de arquitetura é quem define.	O arquiteto é quem define.
4	Quem define as especificações de projeto e os materiais a serem utilizados? Tipo de perfil, laje, esquadrias, fechamentos, fachada?	O tipo de perfil é escolhido juntamente com o calculista, mas as outras especificações são do arquiteto.	O tipo de perfil é escolhido juntamente com o calculista, mas as outras especificações são do arquiteto.	As lajes e perfis são escolhidas junto ao calculista, as outras especificações são do arquiteto.	O arquiteto é quem define.
5	As definições do sistema construtivo a ser adotado se dá antes da contratação do seu projeto?	Não, é o arquiteto que define.	Não, é a empresa quem define.	Não, é a empresa quem define.	Não, é o arquiteto quem define. Cabe o projeto sem se preocupar com o sistema construtivo p/ não limitar a criação.
6	O que o material ou sistema construtivo precisa ter para se adequar bem a estrutura metálica?	Os problemas sempre acontecem na associação dos diversos materiais, precisa atenção as ligações. O material precisa ser compatível e, se possível, industrializado.	Precisão, soluções técnicas e um bom corpo técnico das empresas de materiais envolvidas, soluções industrializadas.	Qualquer material pode se adequar bem a estrutura metálica, o cuidado é na associação, cuidados com os vínculos, deixar a estrutura trabalhar livremente.	A estrutura metálica é inrígida, qualquer material pode se adequar, desde que se tenha cuidado no detalhe das juntas.
7	O prazo da execução da obra é relevante na escolha dos sistemas envolvidos?	O prazo é determinante na escolha do sistema.	Sim, totalmente relevante.	Sim, é determinante na escolha do sistema.	A 1ª coisa é satisfazer o projeto arquitetônico, mas o prazo é uma condição. E concluída antes do início da obra.
8	A definição dos sistemas envolvidos é concluída antes do início da obra durante a execução?	Modificações durante a obra são comuns, por solicitação do cliente.	E concluída antes do início da obra.	Quando se trata da estrutura metálica, tudo precisa ser pensado antes, pois a possibilidade de um retendo é complicada, o projeto é mais completo, o que é vantajoso.	O projeto metálico é mais leve, estético e tracionado. A precisão é maior e dá mais liberdade ao arquiteto na criação.
9	Qual é a principal diferença entre um projeto voltado para a construção metálica e o convencional?	Não deveria haver distinção, o processo de projeto racional deve ser o mesmo, entretanto o projeto metálico não aceita improvisos, deve haver maior planejamento e a padronização é de grande importância.	O projeto metálico exige uma precisão maior, é mais detalhado, o nível de interferências é maior.	Todos os sistemas podem se adaptar. Os industrializados tiram proveito da rapidez da montagem da estrutura.	As charnecas obras secas combinam bem com a estrutura metálica.
10	Quais os sistemas associados que se adaptam melhor a estrutura metálica?	Sistemas industrializados que acompanham a rapidez da montagem da estrutura, entretanto sente falta de painéis de fechamento externo compatíveis.	Sistemas industrializados, mas falta um padrão integrado, na estrutura metálica é importante trabalhar com módulos, mas há sistemas diferentes que não integram.	Todos os materiais podem ser utilizados, tem que tomar cuidado com os vínculos.	Membranas, vidros, perfis tubulares, pré moldados de concreto.
11	Quais os principais materiais utilizados para fechamentos, lajes, fachadas, materiais isolantes e estrutura?	Dry wall, steel deck, coberturas metálicas.	Steel framing, pele de vidro, steel deck, dry wall. Todos os materiais podem ser associados, contanto que haja cuidado com os vínculos.	As conexões tem que ser previstas desde o projeto p/ não gerar incompatibilidades.	As juntas precisam ser planejadas desde o projeto, mas o concreto e o aço trabalharam muito bem juntos.
12	Qual o principal problema na utilização de sistemas mistos?	O problema pode acontecer na associação dos sistemas, as ligações são o ponto fraco.	A diminuição de interfaces é importante, os problemas podem ocorrer nos vínculos.	Não, normalmente as especificações se dão durante o projeto.	As especificações se dão após a concepção do projeto arquitetônico.
13	Definições de especificações de materiais durante a execução da obra são prática comum?	Não, normalmente as especificações se dão durante o projeto.	Não, normalmente as especificações se dão durante o projeto.	Não, normalmente as especificações se dão durante o projeto.	Não há preferência, o importante é a concepção do arquiteto, não se prende ao sistema construtivo.
14	Há alguma preferência por sistemas construtivos convencionais ou industrializados?	Há preferência por sistemas industrializados que permitam maior precisão associados a estrutura metálica.	Sistemas industrializados mas depende do tipo de obra.	Não há preferência, tem utilizado sistemas industrializados isolados, depende do projeto.	A estética do projeto arquitetônico fica em 1º lugar, se puder, associa a modulação.
15	Existe alguma preocupação com a padronização, modulação na execução do projeto?	Sim, a preocupação com a modulação e com a padronização são pré requisitos no projeto metálico.	Sim, a modulação é a 1ª coisa a ser definida, é um dos pilares da construção metálica.	Sim, a modulação deve ser pensada desde o início do projeto e a padronização de vigas e pilares facilitam na execução da obra.	Não, os materiais depois se adaptam ao projeto arquitetônico e se não adaptar pode criar soluções alternativas.
16	Os fornecedores são envolvidos em alguma etapa durante a execução do projeto?	Sim, entretanto o projetista precisa estar preparado para distinguir se o material é adequado e se atende a necessidade.	A participação dos fornecedores se restringe a soluções acústicas e automação industrial.	Os fornecedores não interferem no processo, o projeto é quem define, são colocados à parte do processo.	



Tabela 5.1 – Resumo das entrevistas com os Arquitetos (continuação)

Item	Questionário	Resumo das entrevistas com os arquitetos			
		PA 1	PA 2	PA 3	PA 4
17	Existe a preocupação do estúdio dos sistemas construídos e serem adotados na execução do projeto?	Sim, de preferência sistemas industrializados associados a estrutura metálica são mais práticos, precisos e limpos.	Sim, todos os sistemas são levados em consideração para atender o desejo do cliente, seja prazo ou estético. O importante é o material ser compatível.	Não respondeu.	O importante é prever as juntas desde o projeto e trabalhar com materiais de acabamento e vedação que absorvam os esforços.
18	Ha algum estudo sobre materiais específicos utilizados para a construção metálica?	Desconhece.	Steel Framing associado com a estrutura metálica e as esquadrias.	Steel framing.	Gabernar em terralino, telhado, pinturas que não fissuram, painéis, vidros de alta performance.
19	Existe carência de sistemas complementares a construída metálica?	Sim, sente falta de painéis de fechamento externo maiores e mais baratos.	Não, os materiais estão disponíveis só que não são economicamente acessíveis, como no caso dos painéis externos.	Não, tem muito material, mas se compararmos ao exterior, ainda estamos muito defasados.	Não, temos materiais que se adaptam, tem que tomar os cuidados na utilização.
20	Normalmente, são apresentadas inovações tecnológicas?	Sente falta de materiais voltados a construção metálica, há poucas inovações.	Não há muitas inovações no mercado.	Não tem utilizado muitas inovações.	Os programas computacionais permitem hoje a utilização das formas curvas, podendo criar uma mudança na concepção.
21	São avaliadas as ligações entre os diversos sistemas componentes?	Muitas vezes um material é escolhido pelo seu custo, mesmo o cliente sendo alertado que pode haver problemas ou desconforto térmico, por exemplo, opita pelo material e acredita que mais tarde resolve o problema.	A compatibilização entre os diversos sistemas envolvidos na estrutura metálica é mais difícil, as interações são maiores e as ligações precisam ser avaliadas e detalhadas para que não haja problemas entre os vínculos.	Sim, o projeto arquitetônico contém, a os detalhes de ligações baseado em manuais entre interfaces da Usiminas, Agominas e CCA.	Sim, as juntas precisam ser planejadas no projeto e a utilização de materiais como as telas, sílices e polímeros que absorvem os esforços da estrutura.
22	Há a preocupação com a racionalização da execução da obra no momento do projeto?	A racionalização precisa ser dar em nível prático, em obras de porte maior a preocupação é feita com a padronização e a racionalização.	É importante que o projeto para produção seja visto de forma dissociada do projeto arquitetônico, não há essa cultura. O arquiteto não leva em consideração a padronização das peças e esquadrias.	Sim, a preocupação com a racionalização existe desde a concepção do projeto.	Não, é importante e a criação, a estética do projeto arquitetônico, precisa ser sustentável e não seguir o meio, tem que ter harmonia com o meio.
23	As empresas de projeto envolvidas no processo assumem trabalhar com equipes multidisciplinares?	Sim, os complementares e o executivo interagem durante todo o processo, mas em geral o prazo é curto para o desenvolvimento dos projetos.	Os projetos se tornaram mais complexos, ao mesmo tempo, as grandes empresas de consultoria que compatibilizam esses projetos não existem mais. O projeto é artesanal e a integração é importante, mas não há tempo e dedicação suficientes, o acesso a comunicação é grande, mas não substitui a integração física.	Isic depende da visão de quem está gerenciando o processo, há empresas que sabem a importância da compatibilização dos projetos, para minimizar os problemas no decorrer da obra, o arquiteto tenta garantir a coordenação para não haver incompatibilidades com os complementares.	O projeto arquitetônico não sofre influência de outros projetos, o arquiteto precisa ter liberdade de criação e não pode se apegar aos problemas executivos no momento da concepção.
24	O prazo, normalmente é suficiente para a elaboração dos projetos?	Não, normalmente o prazo é curto para o desenvolvimento dos projetos.	O prazo é sempre apertado, há falta de planejamento por parte dos contratantes. O investimento no projeto é pequeno e as interações poderiam ser melhores. Em projetos o que conta é o homem que está trabalhando, não pode gastar mais.	Não, o prazo é sempre apertado, quando a empresa procura o escritório de arquitetura é porque já viabilizou a obra e que dar início o quanto antes.	Não respondeu.
25	Existem deficiências tecnológicas para atender o mercado da construção metálica?	Sim, em relação aos painéis de fechamento externo.	Não.	Não.	Não.
26	Os profissionais envolvidos com a construção metálica estão suficientemente capacitados?	Não, a não ser das empresas especializadas. As empreiteiras de menor porte não tem qualificação. A estrutura metálica exige profissionais com experiência, capacitados e especializados. Há também poucas serralherias sem qualificação fazendo a estrutura metálica, mesmo assim é melhor que no concreto.	As empresas de projeto especializadas são capacitadas, mas as escolas não preparam os arquitetos para a função de concepção. A falta de prazo também é um problema para o desenvolvimento do projeto e o planejamento da obra, o que pode refletir depois durante a execução da mesma.	Profissionais que são especializados na área são capacitados, entretanto há o profissional que se aventura na construção metálica e o projeto fica incompatível com a realidade deste tipo de obra. Há projetos que foram totalmente recalculados pelo tomador da estrutura.	Não, nem os construtores, nem os arquitetos, as escolas não tem preparado profissionais, os mestres não tem vivência com a estrutura metálica e não despertam o interesse aos alunos.
27	Em empreendimentos de execuções, existe algum registro de incompatibilidades associada e escolha do material envolvidos?	O maior problema é na associação dos materiais, o metal e o concreto sempre dão trincas nas juntas. Problemas de ligação de fechadas, vedações internas e externas e pisos.	É difícil haver o feed back no pós ocupação, os problemas que teve notícia foram de resaca e desconforto térmico.	Problema de vibração em laje pré moldada e problema acústico.	Problemas de trincas pela movimentação de estrutura metálica que movimenta e provoca de liberação.



Tabela 5.2 – Resumo das entrevistas com os Calculistas

Resumo das entrevistas com os calculistas		Calculistas			
Item	Questionamento	PE 1	PE 2	PE 3	PE 4
1	Qual o principal motivo que leva os clientes a escolher a construção metálica?	Garpo de prazo e vãos, facilidade de dar um up grade na estrutura.	Rapidez, boa resposta arquitetônica com menores dimensões que o concreto, ganho vãos maiores.	Conceito do arquiteto, agilidade e ganho de vãos maiores.	Rapidez e ganho de vão maiores.
2	Quais os pontos importantes a serem observados em um projeto voltado a construção metálica?	O projeto precisa ficar enxuto para ser competitivo e atender ao projeto arquitetônico.	O projeto tem que ser o mais leve possível, ter soluções de estabilidade e padronização.	É importante observar a adequação ao projeto arquitetônico com seus aspectos construtivos peculiares.	As juntas exigem um cuidado maior, as ligações precisam trabalhar livremente, articular o sistema.
3	Quem define o sistema construtivo a ser adotado? Sua empresa tem alguma participação nessa escolha?	O arquiteto. Não tem participação na escolha.	Quando o projeto não vem todo definido pelo arquiteto, tenta participar das especificações. Quando chega como concreto tenta adaptar a estrutura metálica.	Normalmente vem pronto do arquiteto, pode influir quando há espaço.	Normalmente vem do arquiteto ou do cliente, especialmente em obras industriais, às vezes consegue interferir no processo.
4	Quem define as especificações de projeto e os materiais a serem utilizados? Tipo de perfil, laje, esquadrias, fechamentos, fachada?	O arquiteto é quem define, com exceção do perfil que é definido pelo calculista.	O arquiteto é que define, mas o perfil é definido pelo calculista, que prefere o laminado ao soldado.	O arquiteto é quem define, com exceção do tipo de perfil.	Normalmente o que chega é um projeto arquitetônico aprovado, sem detalhamento, durante o cálculo que as definições acontecem.
5	As definições do sistema construtivo a ser adotado se dá antes da contratação do seu projeto?	Durante o decorrer do projeto.	Geralmente é antes. Quando o projeto não está todo definido tenta participar para ter ganhos financeiros para o cliente.	Geralmente é antes.	O material precisa trabalhar livre, utilizar pinos nas juntas e emunhamento expansivo.
6	O que o material ou sistema construtivo precisa ter para se adequar bem a estrutura metálica?	O material precisa ser mais elástico. Precisa se adaptar bem nas ligações, juntas dos materiais. Os problemas ocorrem nas associações dos materiais.	Todo material pode se adaptar, mas os que propiciam rapidez tem provável de estrutura metálica. As obras modulares também viabilizam a construção metálica.	O material precisa trabalhar com uma certa liberdade nos vínculos para não gerar patologias.	O material precisa trabalhar livre, utilizar pinos nas juntas e emunhamento expansivo.
7	O prazo da execução da obra é relevante na escolha dos sistemas envolvidos?	Sim, é um dos motivos que define o sistema construtivo a ser adotado.	Sim, é o que viabiliza a construção metálica.	Sim, o prazo é determinante na escolha do sistema.	Sim, a escolha do sistema depende totalmente do prazo desejado para a entrega da obra.
8	A definição dos sistemas envolvidos é concluída antes do início da obra ou durante a execução?	Normalmente é antes do início da obra.	Geralmente as definições se dão a nível projetual, só se houver solicitação do cliente.	As definições tem que acontecer antes do projeto para observar as sobrecargas.	Normalmente, as definições acontecem durante a execução dos projetos.
9	Qual é a principal diferença entre um projeto voltado para a construção metálica e o convencional?	No projeto convencional os vínculos são mais rígidos, o comportamento dos materiais é diferente, precisa detalhar mais as fixações das juntas.	Rapidez e custo. Entrelamo o concreto leva vantagem na proteção contra incendio.	Todas as diferenças, são processos distintos, as deformações na estrutura metálica são mais refinadas, o concreto aceita mais mudanças de projeto.	Na estrutura metálica as ligações precisam de liberdade pois são o ponto fraco, se for ter algum problema de trincar, é na ligação que vai acontecer.
10	Quais os sistemas associados que se adaptam melhor a estrutura metálica?	Em relação as lajes está bem ressovido, pode ser madeira, steel deck ou pré moldada, o problema está no fechamento externo.	Soluções industrializadas que acompanham a velocidade da montagem da estrutura, os sistemas associados não podem atrasar a obra.	Sistemas industrializados.	Sistemas industrializados.
11	Quais os principais materiais utilizados para fechamentos, lajes, fachadas, materiais isolantes e estrutura?	Lajes pré moldadas ou steel deck, vedação interna em dry wall, painéis externos ainda são caros.	Pré laje, Steel deck, painéis em dry wall.	Steel deck, dry wall, banheiros prontos.	Steel deck, pré-laje, dry wall em fechamentos internos e painéis com esquadrias como fechamento externo.
12	Qual o principal problema na utilização de sistemas mistos?	O problema é da possibilidade de fissuras nas juntas.	Sistemas mistos perdem agilidade.	Os problemas ocorrem nas interfaces, que precisam de atenção especial.	Podem ocorrer nas juntas entre os diferentes materiais associados.
13	Definições de especificações de materiais durante a execução da obra são prática comum?	Acontece, normalmente.	Acontece por dúvida do cliente, aí precisa calcular com margem de segurança, sobrecargas maiores.	Falta planejamento, gasta-se pouco tempo em projetos, o que acaba resultando em modificações durante a obra.	Acontecem definições durante a obra porque não perde-se o tempo necessário com os projetos como deveria.
14	Há alguma preferência por sistemas construtivos convencionais ou industrializados?	Não há preferência, cada caso é um caso.	Prefere sistemas industrializados associados a estrutura metálica.	Não há preferência, o importante é observar a integração entre os materiais envolvidos.	Prefere sistemas industrializados que acompanhem a rapidez da estrutura
15	Existe alguma preocupação com a padronização, modelação na execução do projeto?	Essas preocupações precisam vir do arquiteto, os especialistas da área tem que pensar em modular e padronizar.	As obras modulares viabilizam a construção, quando o arquiteto é um especialista da área leva isso em consideração.	Desde o arquitetônico deve haver a preocupação com as modulações para o melhor aproveitamento da estrutura metálica.	A modulação é muito importante e deve ser pensada desde o projeto arquitetônico, mas normalmente, isso não ocorre.



Tabela 5.2 – Resumo das entrevistas com os Calculistas (Continuação)

Resumo das entrevistas com os calculistas		Calculistas			
Item	Questionamento	PE 1	PE 2	PE 3	PE 4
16	Os fornecedores são envolvidos em alguma etapa durante a execução do projeto?	Em casos específicos, quando um material precisa ser desenvolvido especialmente para a obra obra.	Em casos específicos, ou quando há dúvida de especificação.	São envolvidos em casos específicos.	Só quando a necessidade de adaptação do material para determinada obra.
17	Existe a preocupação do estudo dos sistemas construídos a serem adotados na execução do projeto?	Quando são equipes multidisciplinares as coisas acontecem melhor, sendo as adequações vão acontecer durante a execução da obra.	Normalmente isso já vem definido pelo arquiteto.	Muitas vezes por falta de diálogo entre os profissionais envolvidos o projeto volta para adequações.	Há a falta de integração entre os projetos, muitas vezes o cálculo acaba de terminado porque o arquiteto não definiu.
18	Há algum estudo sobre materiais específicos voltados para a construção metálica?	Não se lembra.	Não se lembra.	Fiso leve, onde as instalações passam entre os alvéolos.	Não se lembra.
19	Existe carência de sistemas complementares a construção metálica?	Não sente carência.	Há carência de mais fornecedores de certos tipos de material, como o steel deck.	A fixação da laje alveolar e pré moldada na estrutura metálica precisa ser estudada melhor.	Não sente carência, as empresas lançam os produtos e o mercado vai assimilando.
20	Normalmente, são apresentadas inovações tecnológicas?	Sim, em relação a perfis, materiais com maior capacidade de absorção de esforços e conforto térmico e acústico.	Sim, da década de 90 para cá, foram lançados perfis, dry wall, steel deck e soluções mistas.	Sim, as inovações na área de metálica têm surgido mais do que no concreto.	Sim, a estrutura metálica tem avançado com uma certa rapidez, o lançamento de perfis, o aparecimento do dry wall e do steel deck.
21	São avaliadas as ligações entre os diversos sistemas componentes?	Sim, mas os problemas de interface acontecem.	Sim, as ligações tem que ser previstas e preferencialmente parafusadas na estrutura metálica, ligações feitas no concreto podem ficar arquitetônico.	As ligações precisam ser avaliadas, a estrutura metálica precisa trabalhar livremente, soltar as alvenarias é importante para se evitar trincas.	A estrutura metálica movimenta, alguns materiais associados como a alvenaria podem dar problemas. Pode-se utilizar pilares H para travar a alvenaria e tecer a estrutura em balanço para escondê-la.
22	Há a preocupação com a racionalização da execução da obra no momento do projeto?	A racionalização da obra depende de um projeto modulado, a repetitividade é importante e precisa partir desde o projeto arquitetônico.	A racionalização é de extrema importância para não perder o conceito da estrutura metálica, precisa ser pensada desde o projeto arquitetônico.	A racionalização da obra, a utilização dos equipamentos adequados, precisa ser prevista desde o projeto arquitetônico.	A racionalização, a modulação é muito importante, mas no geral os arquitetos não pensam nisso no momento de projetar.
23	As empresas de projeto envolvidas no processo costumam trabalhar com equipes multidisciplinares?	Quando o porte da obra é maior, sim.	Depende do tipo da obra, obras comerciais de maior porte exigem equipes multidisciplinares, entretanto em obras menores os problemas vão sendo solucionados a medida em que a obra está sendo executada.	A empresa é multidisciplinar, quando consegue fechar todos os projetos, o processo é muito mais fácil, quando são várias empresas envolvidas é mais difícil a disponibilidade dos profissionais.	Quando se trata de obras comerciais de porte maior e industriais com suas especificidades, normalmente são equipes multidisciplinares, em obras menores não.
24	O prazo, normalmente é suficiente para a elaboração dos projetos?	O tempo normalmente é curto e o envolvimento das equipes é pequeno.	Normalmente o prazo é curto, o cliente gasta pouco tempo planejando e projetando, quando decide pela obra já quer dar início imediato.	Normalmente, o prazo é curto, as empresas concebem o arquitetônico e quando resolvem fazer o estrutural já estão atrasadas, não dá para trabalhar muito no projeto ou sugerir mudanças.	O prazo é curto, quando as empresas contratam o projeto de cálculo já queiram dar início na obra, o que prejudica o maior amadurecimento e a troca de idéias.
25	Existem deficiências tecnológicas para atender o mercado da construção metálica?	Não.	Não.	Não. As deficiências estão muitas vezes na execução da obra.	Não. Existem problemas de execução da obra.
26	Os profissionais envolvidos com a construção metálica estão suficientemente capacitados?	Não tem muitos profissionais envolvidos com a construção metálica, o mercado está ruim e os alunos não são incentivados. Há profissionais capacitados que seguem as normas e também os serroteiros que se julgam fabricantes e os clientes que acham que não precisam de projetos.	Sim. Os profissionais que estão envolvidos com a construção metálica são especialistas e muito bem preparados. O que tem acontecido é que menos profissionais tem se interessado pela área e há necessidade de reciclagem dos projetos, precisa haver o incentivo acadêmico e no mercado.	Os profissionais que estão envolvido com a área estão capacitados, entretanto, há os que não são especializados, o que dificulta o processo. A estrutura metálica exige que a pessoa tenha know how neste tipo de obra.	Existe todo tipo de profissional, entretanto a estrutura metálica exige um nível de conhecimento e uma experiência com a área. No concreto armado existem mais aventureiro que na metálica.
27	Em empreendimentos já executados, existe algum registro de incompatibilidades associada a escolha do material envolvido?	Os problemas que tem conhecimento são de recalque, montagem errada, aço que não apresenta o módulo de elasticidade definido pela norma e gerou uma flecha maior que a prevista.	Os problemas que se lembra, foram de recalque que montagem errada da estrutura e ocorrência de trincas em alvenarias.	Problemas de contra flecha, falta de reforço em cantos de lajes steel deck que geraram trincas.	Problemas de recalque, troca de especificação de materiais, montagem errada, trincas em alvenarias.



Tabela 5.3 – Resumo das entrevistas com os Fornecedores

Resumo das entrevistas com as empresas fornecedoras

Item	Questionamento	Empresas fornecedoras		
		FO 1	FO 2	FO 3
1	Quem contata sua empresa? Clientes, construtoras ou projetistas?	Clientes, construtoras e projetistas	Clientes, construtoras e projetistas	Clientes, construtoras e projetistas
2	Existe integração entre projetistas e sua empresa?	É mais fácil o contato com o construtor do que com o projetista	Os projetistas muitas vezes não solicitam o apoio técnico da empresa	Muitos projetistas não admitem interferências no projeto
3	Há um trabalho na fase de projeto junto aos projetistas para definição dos produtos?	Os projetistas muitas vezes buscam o profissional da execução diretamente	O projetista da empresa precisa intervir após a elaboração do projeto para adequação do produto	Normalmente, o projeto já chega definido.
4	Quem define o sistema construtivo a ser adotado? Sua empresa tem alguma participação nesta escolha?	O construtor convence o cliente baseado em custo e prazo	Normalmente é o construtor, o projetista muitas vezes desconhece o produto	O arquiteto e o construtor
5	Quando contratado participa das especificações de projeto?	O produto exige um projeto específico para ser aplicado, mas se adequa as condições de projeto	O produto exige certos cuidados para ser aplicado, portanto precisa intervir para adequar o produto.	As vezes interfere no tipo de linha porque o restante já está pronto quando é contratado
6	Existe interferência direta do seu produto e projeto?	Sim, o produto exige a integração de vários projetos, como o de instalações, definição de pé direito e performance acústica	Sim, o produto é muito específico, o projeto precisa ser concebido de acordo com dados técnicos bem estruturados	Sim, de acordo com o tipo de esquadria a ser adotada precisa ser analisado desde o cálculo estrutural.
7	Quando contratado, quais as especificações solicitadas para a elaboração do produto?	Definição de pé direito e performance acústica	Detalhamento da estrutura, definição entre eixos de vigas, sobrecargas,	Desenhos técnicos, a linha e a cor
8	Você considera que as informações recebidas são suficientes para elaboração do seu produto?	Chega todo tipo de projeto, na maioria dos casos são incompletos	Em geral, as informações não são suficientes.	Em 80% dos casos, os projetos chegam com informações errôneas
9	Quando sua empresa é contratada todos os projetos necessários já estão definidos?	As empresas especializadas sabem a importância das definições, mas existem os aventureiros no mercado.	Não, normalmente precisa intervir no projeto	Quando é contratado a obra já está no fim, não há muito como intervir.
10	Existe integração simultânea entre os projetos envolvidos?	Não, falta conhecimento técnico e até especificações erradas.	No geral, não há integração e faltam profissionais voltados para o setor da construção metálica	tem que ajustar o produto.
11	Há alguma diferença do produto voltado a construção metálica e a convencional?	A diferença está somente no tipo de ligação, o material é o mesmo.	A diferença está no preparo das peças para o recebimento da laje steel deck.	Não, o que gera incompatibilidades até no uso da edificação.
12	O prazo para entrega do produto é suficiente?	Existe a falta de hábito do planejamento, quando é contratado normalmente o prazo já está esgotado.	Não há planejamento por parte do cliente, quando solicita o material é porque já está necessitando.	A esquadria pode ser parafusada diretamente na estrutura sem o contra marco
13	As construtoras buscam informações técnicas e compatibilização do produto especificado?	Sim. O produto tem suas peculiaridades e precisa seguir a metodologia correta.	Sim. Os construtores buscam mais do que os projetistas.	Normalmente, o cliente já solicita o material com o prazo esgotado.
14	Soluções de projeto durante a execução da obra são práticas comuns?	Sim. Modificações são comuns, por problemas de compatibilização ou mudança do cliente.	Não, porque o produto só pode ser produzido após todas as definições necessárias.	Não. Existe muito desconhecimento técnico dos profissionais.
15	Há alguma preferência por sistemas construtivos convencionais ou industrializados?	Sim. Preferência por sistemas industrializados, maior produtividade.	Sim. Preferência por sistemas industrializados, os resultados financeiros e de qualidade da obra são melhores com as reduções do prazo e mão de obra.	Sim. Como falta a integração dos profissionais no momento do projeto, acaba sendo comum as modificações.



Tabela 5.3 – Resumo das entrevistas com os Fornecedores (Continuação)

Resumo das entrevistas com as empresas fornecedoras				
Item	Questionamento	Empresas fornecedoras		
		FO 1	FO 2	FO 3
16	Existe alguma preocupação com a padronização, modulação na execução do produto?	Depende da empresa, se for especializada neste tipo de construção, sim.	O produto exige a padronização e a modulação, se não for pensada a empresa tem que intervir para ajustar o produto.	Não, as modulações e padronizações não são pensadas no momento do projeto, o que acarreta e elevação dos custos.
17	São avaliadas as ligações entre os diversos componentes do sistema?	Existem problemas de especificação pela falta de diálogo na fase projetual.	As ligações da estrutura e do steel deck precisam ser todas pensadas na fase projetual.	Não são avaliadas as ligações, e aí que surgem os problemas de infiltração e do uso.
18	Há a preocupação com o planejamento, logística e execução da obra?	Quando a empresa entende o conceito da construção seca, sim.	Quando a empresa é especializada neste tipo de construção, mas na maioria dos casos, não.	Não, o que se encontra são obras pouco planejadas e um grande desperdício de material e mão de obra.
19	As normas brasileiras quanto a execução dos produtos são suficientes?	As normas utilizadas pela empresa que é multinacional é estrangeira.	As normas utilizadas pela empresa é americana.	Sim, mas em geral ninguém segue as normas.
20	Os profissionais envolvidos com a construção metálica estão suficientemente capacitados?	Não, existe carência de profissionais e falta o incentivo para este tipo de obra. Não se gasta o tempo necessário em projetos.	Existem deficiências, mas empresas especializadas neste tipo de construção estão mais preparadas.	Não, na maior parte dos casos, há o desconhecimento técnico e falta planejamento.
21	Qual a diferença entre os produtos nacionais e os estrangeiros?	Maior variação de materiais com soluções acústicas e na área hospitalar.	O produto americano está muito mais evoluído e o profissional estrangeiro mais qualificado, pois investem bem mais em pesquisas.	Em relação ao produto, não há diferença, o nível de exigência na fabricação é maior e as modulações são pensadas na fase de projeto.
22	Existe a necessidade de um maior aprofundamento em pesquisas voltadas a construção metálica?	Existe uma carência de profissionais na área compartilhando as interfaces e incentivando o uso. Precisa começar no meio acadêmico.	Existe carência de profissionais, as universidades não investem na qualificação dos alunos nesta área, precisam buscar na pós graduação ou no mercado.	A construção civil é a maior geradora de empregos e o déficit habitacional é imenso, a construção metálica poderia ser uma solução se fosse incentivada.
23	Qual a maior dificuldade para o investimento em pesquisas voltadas a construção metálica?	A construção metálica precisa ser viabilizada para se tornar mais visível, sem casos de sucesso o tipo de construção não é difundido. Precisa resolver a questão dos painéis externos, ainda não há boas opções no mercado.	Existe carência de profissionais voltados para a área, não se gasta tempo suficiente em projetos e em estudos para viabilizar a construção metálica. Precisa o incentivo do governo e o investimento em infra estrutura.	A construção metálica não é incentivada em obras públicas e no meio acadêmico, logo os profissionais acabam indo para outras áreas.
24	A cultura do país interfere no desenvolvimento de produtos para a construção metálica?	Sim. A esofia dos 3 porquinhos que as casas sólidas são as de pedra, influencia no mercado imobiliário e inviabilizam a construção metálica.	Sim. O lançamento de produtos é difícil, o mercado é desconfiado e não gosta de inovações.	De qualquer forma, o lançamento de um produto no mercado é muito difícil, não é só com a construção metálica.
25	Como se dá a escolha do lançamento de um produto no mercado? É necessidade avaliada pela empresa ou pelo cliente?	Normalmente parte da empresa.	Normalmente parte da empresa.	Normalmente é a Alcoa que lança, o cliente não solicita mudanças.
26	Quais as restrições encontradas no mercado para o lançamento de um produto?	O mercado é muito desconfiado, precisa sair da zona de conforto. Transmitir segurança a um produto é difícil e leva tempo.	Aquirir credibilidade no mercado quando lançar um produto é difícil e o cliente normalmente não aceita fácil a introdução de novos produtos.	No mercado brasileiro é muito difícil lançar um produto, é muito fechado e não há incentivo

### **5.1.1. Particularidades dos projetos de construções metálicas apresentadas pelos projetistas**

Pode-se perceber que, na maioria dos casos, as respostas dos profissionais são uniformes e apresentam as mesmas preocupações em relação ao projeto de um empreendimento em estrutura metálica. Somente PA 4 coloca a estética a frente de todos os outros requisitos.

A escolha pela estrutura metálica se dá sempre pelos mesmos motivos, ou seja, rapidez e agilidade, o ganho de vãos maiores, boa resposta arquitetônica (estética) e facilidade de futuras ampliações.

A modulação e a padronização em uma obra de construção metálica são essenciais, pré-requisito e devem ser definidos desde o início da concepção do projeto arquitetônico, sendo fundamentais por viabilizar este tipo de empreendimento. O profissional desta área tem que estar atento para tirar proveito de todo o potencial da construção metálica.

Os profissionais apresentam as juntas (ligações) e as associações entre os materiais como os maiores problemas que podem ocorrer em uma edificação de estrutura metálica. As conexões têm que ser previstas no projeto para não gerar incompatibilidades e os materiais associados precisam se adaptar bem às ligações deixando a estrutura trabalhar livremente. Os materiais precisam ser mais elásticos e a utilização de telas, silicones, poliuretanos e pinos de fixação para absorver esforços da estrutura foram citados como sendo importantes neste tipo de sistema construtivo.

Os projetistas foram unânimes em dizer que o responsável pela especificação dos materiais e componentes construtivos a serem associados é o arquiteto e que a experiência do mesmo é fundamental para o sucesso do empreendimento, já que o projeto estrutural, segundo eles, é mais preciso, não aceita improviso e o nível de interferências é maior do que em outros tipos de obra. O fato de as deformações serem mais críticas nesse sistema construtivo exige materiais que se adaptem melhor para não haver trincas ou fissuras nas ligações.

### **5.1.2. Definição do sistema estrutural**

Apesar dos projetistas concordarem com o fato de que a escolha pelo sistema construtivo e pela especificação dos materiais e componentes construtivos associados deve ser de responsabilidade do arquiteto e que o projeto arquitetônico deve ser concebido com todas as definições e interfaces resolvidas, os calculistas relataram que acontecem casos do projeto ser pensado originalmente pelo arquiteto para uma edificação convencional em concreto armado ou outro sistema construtivo e, ao se verificar exigências para vãos, prazos e necessidade de maior esbeltez da estrutura, recorrem à estrutura metálica, o que exige adequações que poderiam ter sido evitadas se os calculistas fossem consultados com mais antecedência.

Em todas as empresas de arquitetura entrevistadas, os profissionais foram unânimes em dizer que são responsáveis pela definição do sistema construtivo adotado, entretanto os fornecedores de materiais relatam a dificuldade da integração com os projetistas e a ocorrência de incompatibilidades dos projetos que chegam para a produção dos materiais. A empresa FO 3 cita a falta de integração dos profissionais no momento do projeto como sendo responsável por modificações correntes durante a execução da obra.

Ao que tudo indica, durante as entrevistas os arquitetos relataram o que deveria ser feito idealmente durante a concepção do projeto arquitetônico e não a prática do mercado. Há contradições entre a percepção dos arquitetos e o relato dos calculistas e fornecedores.

TEIXEIRA (2007) constatou que é muito raro os profissionais de engenharia estrutural e fabricantes da estrutura participarem da escolha do sistema estrutural dos empreendimentos, ficando a cargo do arquiteto a decisão. A contratação dos calculistas se dá tardiamente e assim, alguns parâmetros importantes na construção metálica como modulação estrutural, padronização dos elementos estruturais, precisão milimétrica e a facilidade de fabricação da estrutura, que devem ser definidos desde a concepção do projeto arquitetônico para aproveitar toda a potencialidade da construção metálica, podem não ser abordados da forma correta. Normalmente, em edifícios de andares múltiplos, a opção pela estrutura metálica acontece após o projeto arquitetônico já estar bastante adiantado. Após estudos de viabilidade técnica e econômica, o sistema estrutural sofre adaptações do concreto para a estrutura metálica.

### **5.1.3. Definição do sistema construtivo (materiais e componentes)**

De acordo com os projetistas entrevistados, a definição dos materiais e componentes construtivos envolvidos se dá a nível projetual, inclusive para definições de sobrecargas como requisito do projeto estrutural. Entretanto, quando questionados sobre o envolvimento dos fornecedores de materiais e componentes, percebe-se que estes são colocados à parte no processo, sendo chamados em casos específicos quando há necessidade de adaptação do material para uma determinada obra. Este fato é confirmado pelos fornecedores quando questionados sobre a integração entre eles e os projetistas. Os fornecedores afirmaram que não são solicitados tecnicamente, que muitos projetistas não admitem interferências e que as adequações acontecem após a elaboração dos projetos.

No caso dos calculistas, estes afirmam que, na maioria dos casos, os projetos já chegam definidos e que não conseguem interferir no processo de especificação de materiais e componentes construtivos. Fica, assim, a idéia de que os arquitetos têm trabalhado de forma isolada e que não há a necessidade da participação dos calculistas e fornecedores e que o mais importante é a experiência do arquiteto.

Segundo a ABECE (2000), as empresas de projeto estrutural deveriam ser contratadas ainda no início da concepção do empreendimento, permitindo a racionalização e compatibilização prévia dos projetos a fim de minimizar improvisações e aumentar a qualidade da edificação. Em se tratando de edifícios em estrutura metálica, esta necessidade se torna ainda maior devido ao processo de produção da estrutura ser industrializado, exigir precisão milimétrica e maior capacitação técnica.

Os fornecedores afirmam que o responsável pela definição do sistema construtivo a ser adotado é o construtor, baseado em custo e prazo, o que nos leva a uma contradição entre as respostas dos arquitetos e calculistas, que afirmam que a definição dos materiais e componentes construtivos é responsabilidade do arquiteto. Como os profissionais afirmam que os maiores problemas ocorrem na associação dos materiais e que as ligações são um ponto crítico devendo ser previstas com antecedência, é importante que as definições ocorram durante a execução do projeto arquitetônico e que haja a participação do calculista e dos fornecedores envolvidos.

De acordo com as respostas dos projetistas percebe-se que não há a utilização recorrente dos sistemas construtivos industrializados e que é comum a utilização de materiais e componentes construtivos convencionais associados à estrutura metálica. Os profissionais afirmam que não há carência de

sistemas complementares, com exceção de painéis de fechamento externo, que foram citados como inadequados e economicamente inviáveis. Em contrapartida, quando abordados sobre os sistemas que melhor se adaptam à estrutura metálica, houve unanimidade entre os calculistas, arquitetos e fornecedores em citar os sistemas industrializados como os mais apropriados, pois tiram proveito da rapidez da montagem da estrutura.

Conforme abordado na revisão bibliográfica (item 3.6), os sistemas construtivos que objetivam a padronização e a racionalização do processo produtivo têm sido as alternativas mais eficientes. A construção metálica não pode ser dissociada dos materiais a serem utilizados em conjunto com a mesma. O desenvolvimento de projetos que levem em consideração todo o processo de produção é essencial para não gerar inconsistências construtivas que inviabilizem a construção metálica.

Outro ponto abordado pelos fornecedores FO 1 e FO 2 é em relação às normas quanto a execução dos produtos, ambas empresas utilizam normas internacionais. A empresa PA 2 prefere trabalhar com sistemas industrializados associados a estrutura metálica, entretanto, reclama que falta um padrão integrado, que há sistemas que não interagem. Há a necessidade de melhorar o sistema normativo brasileiro para que este atenda as condições específicas da nossa realidade, mais ainda, criar padrões de especificações que possam orientar aos arquitetos e aos outros projetistas no momento da elaboração de seus projetos e na decisão dos materiais a serem associados a estrutura metálica.

#### **5.1.4. Integração entre os agentes do processo de projeto**

Em relação ao trabalho com equipes multidisciplinares, as empresas concordam que é muito importante que todos os agentes do processo estejam envolvidos desde a concepção do projeto arquitetônico (com exceção de PA 4 que coloca a estética acima de todos os outros projetos e não se preocupa com a integração entre eles). Entretanto, percebe-se que essa necessidade de trabalho com equipes multidisciplinares varia de acordo com o porte e a finalidade do empreendimento. Em obras comerciais de grande porte e industriais o cuidado com a integração entre os projetos é maior. As obras de menor porte e residenciais, não exigem tantos cuidados. Outro ponto citado é que, dependendo do tipo de contrato, o profissional se disponibiliza mais ou menos para interagir no processo de projeto. Nem sempre há a figura do coordenador de projetos, às vezes este papel é feito pela empresa de arquitetura, quando esta é contratada para tal.

A comunicação existente entre os agentes é feita por telefonemas e e-mails e há a queixa de que, apesar do acesso à informação ser grande, a integração física nem sempre é possível pelos prazos reduzidos. A questão do pouco investimento no projeto por parte do cliente foi unânime. Os profissionais reclamam que gasta-se pouco tempo planejando e projetando o que dificulta a troca e o amadurecimento das idéias. O que se percebe é que os projetos continuam a serem feitos de forma seqüencial e não simultânea. Como sugere FABRÍCIO (2000), este fluxo corrente resulta em aumento dos prazos e das incompatibilidades construtivas e em redução da qualidade do projeto e do produto.

Os profissionais de projeto arquitetônico, ao serem abordados a respeito da especificação dos materiais e componentes construtivos envolvidos com a construção metálica, responderam que todas as definições são concluídas durante o projeto. Entretanto, os calculistas afirmam que as definições de materiais e componentes durante a execução da obra são práticas comuns, seja por dúvida do cliente ou falta de envolvimento dos profissionais.

Os fornecedores de materiais e componentes afirmam que os projetos quando recebidos são incompletos, com informações insuficientes e erros de concepção. Assim, os fornecedores normalmente precisam intervir no projeto para ajustar o produto. A falta de integração entre os projetos, além de pequeno conhecimento técnico e qualificação dos projetistas foram pontos abordados pelos fornecedores.



Essa constatação, que, quando confrontada com a percepção dos arquitetos, demonstra certa contradição, permitindo levantar uma hipótese: a de que as definições e parâmetros de saída de um projeto em estrutura metálica – quer seja do ponto de vista arquitetônico, quer seja do ponto de vista estrutural – ainda não estão claramente definidos no mercado. Mais ainda, o que se entende por um bom detalhamento desses projetos tem variado de acordo com o entendimento do profissional envolvido – engenheiro ou arquiteto – ou ainda em função do tipo de edificação. Isso explicaria, de certa forma, porque os arquitetos acham que os projetos estão suficientemente detalhados, em contradição com a percepção de alguns calculistas e fornecedores de materiais e serviços.

A necessidade de uma coordenação entre os agentes envolvidos no processo de projeto que favoreça a integração é reforçada nas entrevistas. Um profissional que possua a visão sistêmica de todo o empreendimento, com experiência em construção metálica, é essencial no bom andamento de todo o processo de projeto e minimiza os possíveis problemas que ocorreriam na execução da obra. Nesse sentido, o coordenador deveria ter as atribuições de centralizar todas as informações dos projetos, fazer uma análise crítica, coordenar a comunicação entre os agentes (inclusive fornecedores), gerenciar as reuniões, identificar problemas de interfaces e compatibilizar os projetos.

Essa atividade torna-se especialmente crítica quando se consideram algumas práticas de mercado. Com efeito, os calculistas entrevistados afirmaram, quase unanimemente, que as definições do sistema construtivo vão sendo estabelecidas durante o decorrer do projeto estrutural, com pouca ou nenhuma interação com os arquitetos. A empresa PA 2 relata que apesar dos projetos terem se tornado mais complexos não há tempo e dedicação suficientes.

Outro ponto abordado pelos fornecedores quanto à integração com os projetistas é que o contato com os mesmos é difícil e não solicitam o apoio técnico das empresas fornecedoras. Muitos projetistas admitem interferências no projeto somente através do construtor, no momento da execução do empreendimento. Quando os fornecedores são procurados interferem somente adaptando seus produtos aos projetos já existentes.

Alguns dos aspectos importantes levantados pelos profissionais em relação aos projetos na construção metálica foram: (a) devem ser modulares, (b) devem contemplar os detalhes de fechamento e vedação, (c) devem ter cuidado na associação entre os materiais para não gerar incompatibilidades, (d) devem promover soluções de estabilidade e padronização e (e) devem articular os sistemas para as

ligações trabalhem livremente. Para tais aspectos serem observados é importante que todos os materiais e componentes construtivos envolvidos sejam previamente estudados e especificados. A integração entre fornecedores e projetistas é um ponto fundamental para se atender aos requisitos da construção metálica. O processo de projeto sequencial que não promove a integração dos diversos agentes, inclusive fornecedores, parece ser ainda o método adotado pelas empresas de projeto, em especial, de projeto arquitetônico.

Quando questionados a respeito de incompatibilidades associadas à escolha dos materiais e componentes construtivos envolvidos em obras já executadas, os calculistas relataram problemas que são típicos da execução da obra, como: troca de especificação de material, montagem errada da estrutura, falta de contra-flecha e reforços de cantos em lajes *steel deck*.

Se, de acordo com os fornecedores, os construtores têm sido responsáveis pela definição, compatibilização e detalhamento de produtos específicos para a construção metálica, ficam algumas questões. Será que os projetos executivos têm sido suficientemente detalhados e que os profissionais de projeto têm realmente participado da especificação dos materiais e componentes construtivos no momento da concepção do empreendimento? Será que a comunicação entre projetistas e construtores tem sido realmente eficaz? É possível que os projetistas não tenham *feedback* dos seus projetos (como foi citado pela empresa PA 2) e que os problemas ocorridos na execução da obra se dê pela falta de integração entre os agentes e uma análise crítica dos projetos?

## **5.2. Descrição, Resultados, Análises e Discussões Referentes ao Estudo de Caso**

### **5.2.1. Descrição do empreendimento e do seu processo de projeto**

A concepção do projeto do empreendimento a ser analisado, nasceu da necessidade da ampliação e adequação às normas de um hospital em Belo Horizonte. Trata-se de um empreendimento comercial de andares múltiplos de 16 pavimentos com 4.500 m<sup>2</sup> divididos em 2 etapas: a base, com 4 pavimentos que abrigaria toda a parte técnica (salas de exames, bloco cirúrgico e consultórios), serviços e apoio operacional e a torre, com 12 pavimentos tipo que serviria de hotelaria. O projeto arquitetônico foi concebido, em princípio, para a estrutura em concreto armado. A figura 5.1 ilustra como seria o projeto arquitetônico inicialmente.

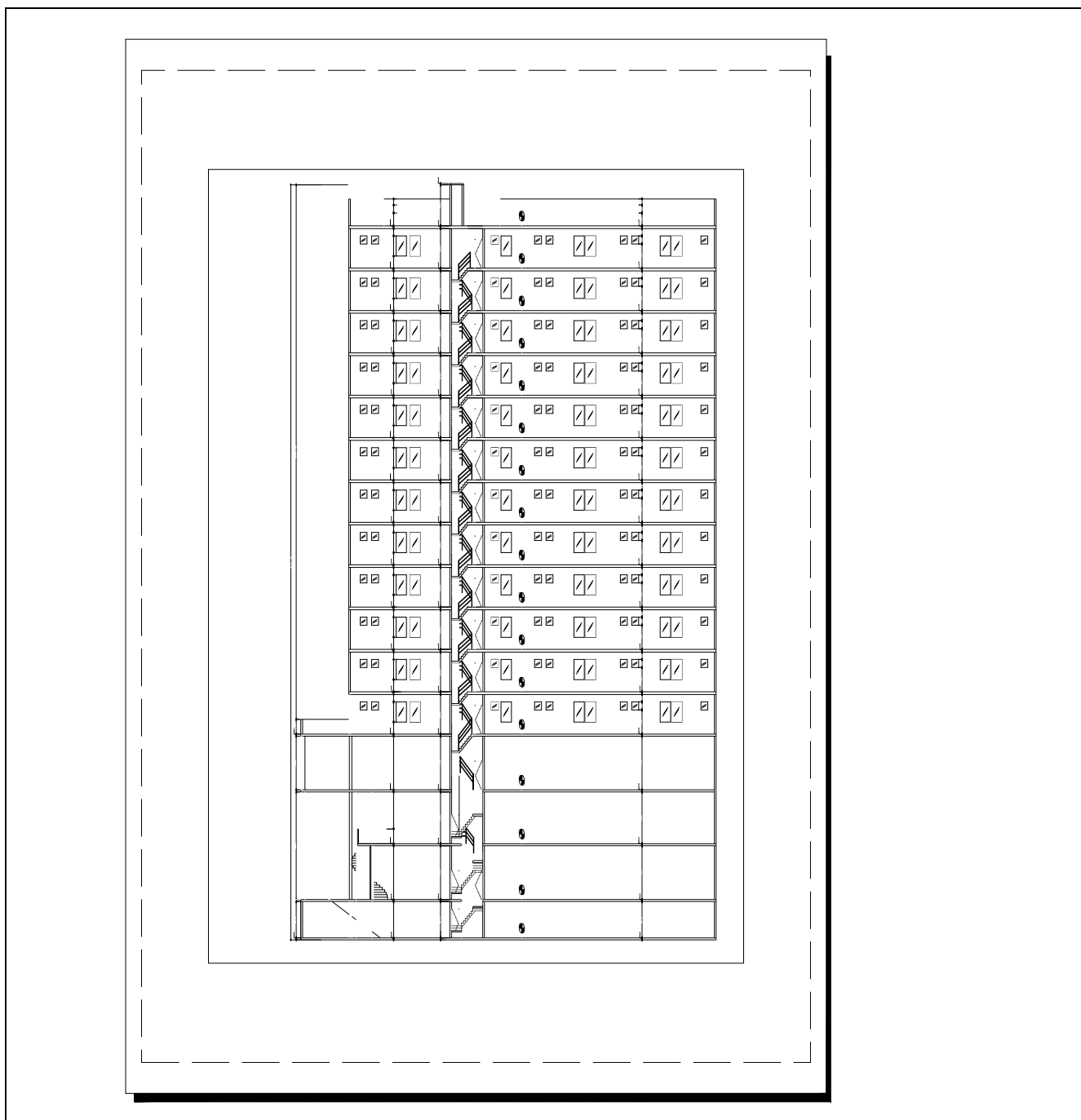


Figura 5.1 - Corte lateral do projeto arquitetônico inicial.

A obra foi iniciada em 1994 em concreto armado, quando foram executadas as fundações e a primeira etapa, a base. Problemas relacionados a planos econômicos desestabilizaram os sócios do hospital e inviabilizaram a continuação da obra, que até então havia sido executada com pessoal próprio e coordenados pela arquiteta. A paralisação da obra se prolongou durante 12 anos. Após este tempo, a necessidade de concluir a obra para transferir o antigo hospital para a nova sede era urgente. Foi então, decidido juntamente com uma empresa fornecedora de aço a viabilidade da transição da estrutura em concreto armado para metálica para execução da segunda etapa da obra, a torre.

A transição do concreto armado para a estrutura metálica foi executada por uma montadora de estrutura metálica e todo o processo foi agilizado. A transição e a conclusão da estrutura se deram sem grandes problemas sendo a intenção a de finalizar o quanto antes a obra. O sistema de laje adotado foi do tipo steel deck (Figura 5.2), que era utilizado como forma para o concreto e armadura positiva para as cargas de serviço. Foi utilizado o sistema de dutos horizontais e shafts verticais nos andares corridos para facilitar as instalações (Figura 5.3).



Figura 5.2 - Vista da laje *steel deck*.



Figura 5.3 - Dutos horizontais para passagem das instalações.

O próximo passo a ser dado seria o fechamento externo, o que viabilizaria inclusive o início das atividades na base, possibilitando a transferência da parte técnica e operacional do hospital. Foi apresentada a proposta de uma empresa de painéis de concreto celular autoclavado para a fabricação de painéis modulados na medida de 330 x 50 x 12,5 cm nos pavimentos térreo, 313 x 50 x 12,5 cm nos pavimentos tipo e a platibanda com 155 x 50 x 12,5 cm, conforme ilustra a Figura 5.4.

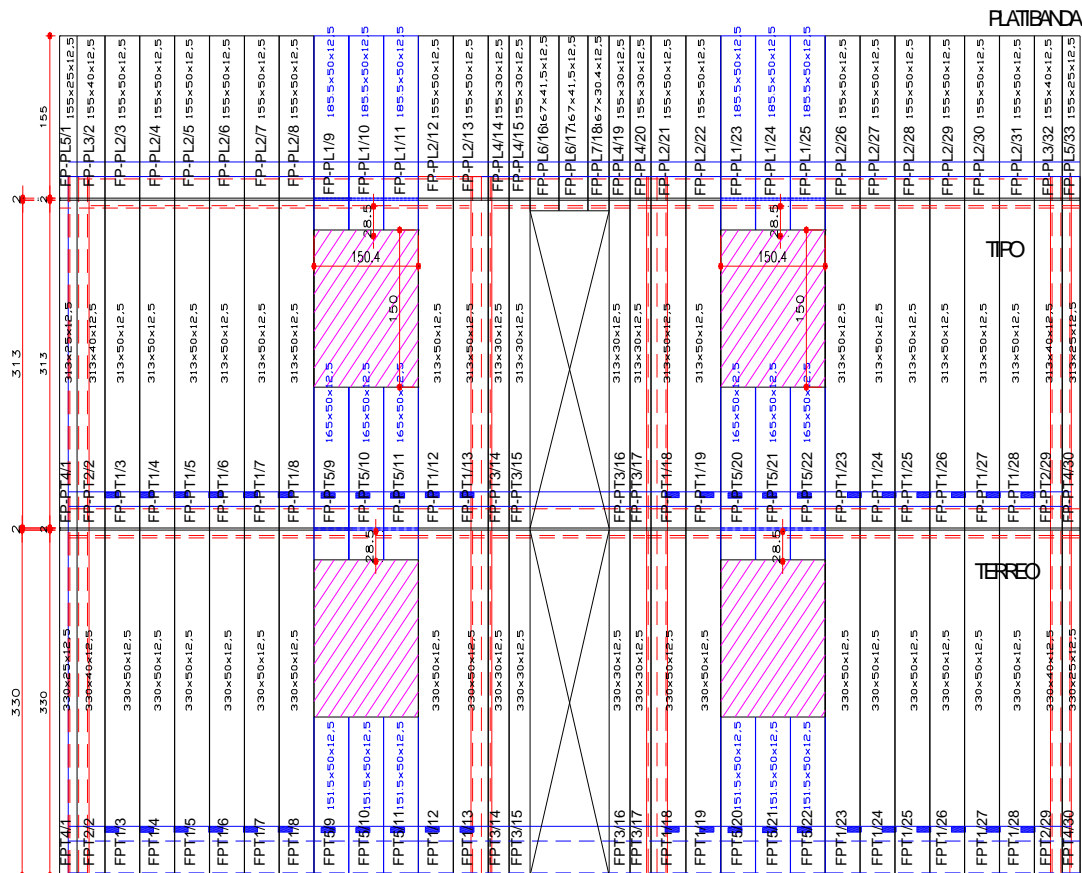


Figura 5.4 - Paginação dos painéis celulares autoclavados modulados.

Os painéis foram executados em todo o fechamento externo da edificação, conforme demonstra a Figura 5.5. Segundo relatos da coordenadora, as dificuldades para montagem dos painéis foram imensas. A produção, transporte e logística de montagem exigiram um esforço imenso e grandes adaptações por parte dos fornecedores e concessões financeiras por parte dos clientes, inclusive o aluguel de uma grua, detalhes desconhecidos por parte dos responsáveis pela aquisição do material, pois a edificação foi pioneira neste tipo de sistema de fechamento. A programação inicial de fechamento de 1 pavimento por semana passou a 1 pavimento por mês.





Figura 5.5 - Fechamento externo em painéis de bloco celular autoclavados.

Após o fechamento externo dos painéis verificou-se que o revestimento externo em granito que era o desejado pelos sócios e pela arquiteta não era possível, pois os painéis não suportariam o peso do material. O sistema de fachada ventilada (aerada) que afasta o revestimento da fachada e é assentado sobre uma estrutura fixada nos perfis também exigiria a impermeabilização de todo o painel de concreto celular autoclavado. Foram feitos testes e emitidos laudos que verificaram a permeabilidade dos painéis e possivelmente problemas futuros de infiltração caso este tipo de sistema fosse adotado sem a impermeabilização da fachada, o que inviabilizou financeiramente esta solução.

Outros materiais foram cogitados, entretanto, devido à diferença das deformações da estrutura metálica, dos painéis celulares e do revestimento a ser colocado todos eles foram descartados, pois apresentariam os problemas nas ligações. A solução apresentada pela empresa fornecedora dos painéis foi a utilização da pintura epóxi, o que foi rejeitado por sua estética e inviabilidade financeira. Novamente a obra foi paralisada, agora pela incompatibilidade na associação dos materiais.

A obra voltou a ser retomada após negociações com uma construtora para conclusão desta com a solução dos problemas de incompatibilidades. Foram feitos vários estudos e testes laboratoriais, inclusive de arrancamento, e através de laudos foram atestados os problemas de permeabilidade dos painéis e a incapacidade de suportar a fixação de certos materiais diretamente na superfície destes. A solução adotada pela empresa foi a remoção dos painéis conforme ilustra a figura 5.6 e a substituição dos mesmos pelo sistema steel frame, Figura 5.7.



Figura 5.6 - Remoção dos painéis celular autoclavados da fachada.





Figura 5.7 - Montagem do *Steel Framing*.

Foram feitas adaptações no projeto arquitetônico inicial, os vãos de esquadrias foram ampliados em toda a extensão da fachada. Foram extintos os pequenos trechos entre vão de esquadrias, conforme Figura 5.8.



Figura 5.8 - Detalhe da esquadria em toda a extensão da fachada.

A obra foi concluída no final de 2008 e encontra-se hoje ocupada. Teve sua fachada revestida com placas de alumínio. Seu uso foi alterado, trata-se hoje de um prédio comercial com diversas atividades distintas (Figura 5.9).

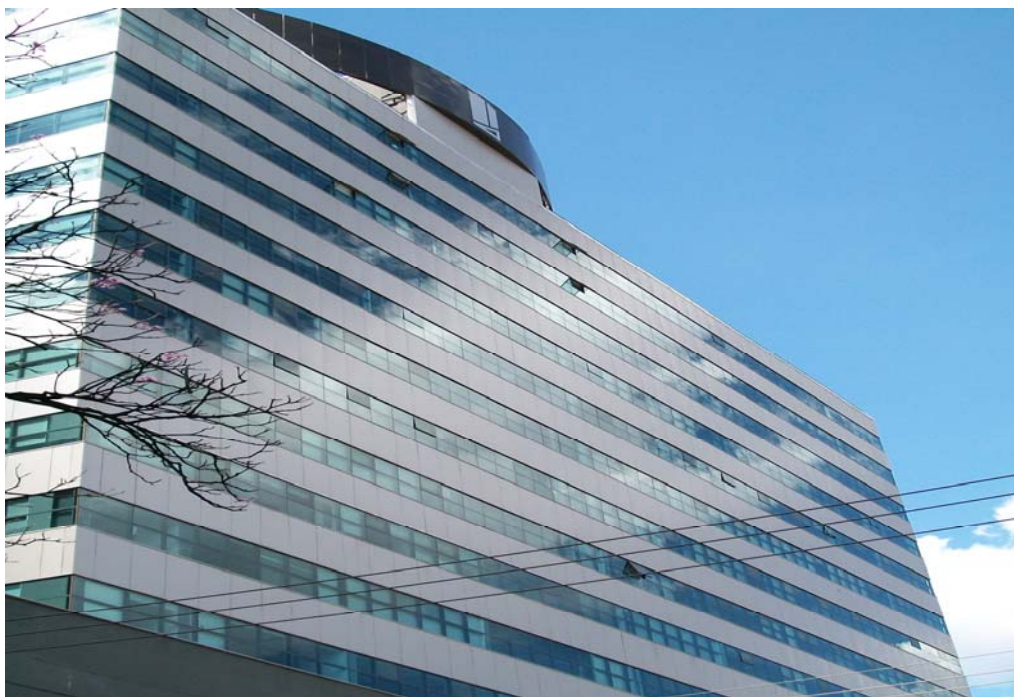


Figura 5.9 - Edificação concluída revestida em chapa de alumínio.

### **5.2.2. Resultados, análises e discussões**

Nas entrevistas, um ponto observado pelos profissionais foi a diferença entre um projeto voltado para a construção metálica em relação a outras soluções estruturais. A necessidade de um maior planejamento, a não aceitação de improvisos, a necessidade de padronização, a exigência de maiores detalhamentos devido ao maior nível de interferências, a questão das deformações mais críticas e o cuidado com as ligações foram questões abordadas pelos calculistas.

Entretanto, os calculistas haviam relatado (item 5.1.2) que acontecem casos onde o projeto arquitetônico é concebido inicialmente para um sistema estrutural convencional em concreto armado e posteriormente se opta pela mudança para o sistema estrutural metálico, gerando a necessidade de adequações do projeto arquitetônico, o que poderia ser evitado caso os calculistas e fabricantes fossem envolvidos antes no processo de projeto.

O relato dos calculistas entrevistados ficou comprovado no caso do empreendimento objeto do presente estudo de caso (item 5.2.1). A obra foi concebida e iniciada em concreto armado e mais tarde é que a estrutura metálica foi colocada como opção, envolvendo o fabricante e os calculistas para viabilizar a transição. Neste caso, parâmetros importantes como modulação, padronização e cuidado na associação entre os materiais ficaram comprometidos.

TEIXEIRA (2007) afirma que um empreendimento deve ser concebido em estrutura metálica e que não se deve projetar uma estrutura em concreto e posteriormente adaptá-la. A tomada de decisões estéticas, construtivas, planejamento de projetos complementares, fluxo e cronograma da obra dependem da definição da estrutura a ser feita. Sendo assim, todos os detalhes têm que ser definidos no início do projeto, inclusive a escolha da estrutura metálica. Segundo a ABECE (2000), análises comparativas das alternativas de estrutura a serem adotadas deveriam ser desenvolvidas na fase da concepção e definição do empreendimento, desta forma os profissionais conceberiam o empreendimento aproveitando todas as potencialidades do sistema construtivo para não haver desperdícios, re-trabalhos e improvisações no momento da execução da obra.

Outra questão abordada pelos profissionais de projeto é que as juntas e as associações entre os materiais exigem um cuidado especial e precisam ser previstas desde o projeto para não gerar incompatibilidades. Foi citada também a importância das ligações trabalharem livremente e a necessidade da utilização de materiais mais elásticos (item 5.1.1). Os arquitetos estão de acordo, segundo as entrevistas, de que as definições dos materiais e componentes construtivos envolvidos deve se dar a nível projetual e afirmam que não é prática comum ocorrerem definições durante a execução da obra. Os calculistas afirmam que definições de especificação ocorrem durante execução da obra, as empresas PE 3 e PE 4 afirmam que não se gasta o tempo necessário com os projeto como se deveria, o que acaba gerando modificações durante a obra (item 5.1.4). Os fornecedores afirmam que as definições do sistema construtivo não se dão a nível projetual, que é o construtor (baseando-se em custo e prazo) o principal responsável pela definição.

O estudo de caso vem corroborar a afirmação dos calculistas e dos fornecedores. No empreendimento em questão, a decisão pelo fechamento externo em painéis de concreto celular autoclavado se deu após a montagem da estrutura. A proposta do fornecedor de uma montagem rápida e eficiente fez com que os clientes optassem por este tipo de fechamento. Não foram feitos estudos preliminares para verificar a compatibilidade dos painéis com o revestimento externo a ser adotado posteriormente. As etapas

foram pensadas de forma fragmentada e após a montagem dos painéis (mediante estudos técnicos e testes laboratoriais) é que constatou-se que a pretensão da arquiteta em revestir a edificação em granito não seria bem sucedida, o que ocasionou a substituição dos painéis.

Com isso, fica mais uma vez reforçada a necessidade de uma coordenação eficaz do processo de projeto, que possua uma visão sistêmica de todo o empreendimento e experiência com a estrutura metálica, que possibilite a produção dos projetos de forma simultânea e não sequencial, o que geraria uma maior integração entre os agentes (projetistas, construtores e fornecedores) e possibilitaria a busca de melhores soluções dentro de uma visão global do empreendimento. A definição a nível projetual significa grande possibilidade de intervenção a baixo custo, redução de prazos e incompatibilidades construtivas e o aumento da qualidade do projeto e do produto, FABRÍCIO (2000).

Conforme verificado nas entrevistas, os fornecedores não são chamados a participar na fase projetual. Entre os arquitetos pode-se perceber que o projeto é concebido e depois e que se verifica a compatibilidade do material ao projeto. Os fornecedores de materiais e componentes construtivos entrevistados discorrem sobre a dificuldade de integração entre eles e os projetistas. Também citam a não admissão de interferências nos projetos e a falta de solicitação de apoio técnico aos fornecedores como um problema, o que acaba gerando adaptações futuras no projeto. Em alguns casos, produtos específicos exigem a integração dos projetos e a observação de dados técnicos bem estruturados. Se isso não ocorre, os projetos se tornam incompatíveis na fase de produção. Os fornecedores reclamam de especificações errôneas e da insuficiência de informações como consequência da pequena integração entre os agentes de projeto. No momento da execução da obra é que os construtores buscam a ligação entre o projeto concebido e a utilização do material especificado.

Isto também é verificado no estudo de caso, quando a arquiteta discorre sobre os problemas enfrentados com a produção, transporte e a logística da montagem dos painéis em concreto celular autoclavados, que exigiram grandes adaptações ao projeto inicial, concessões financeiras e geraram atrasos no cronograma da obra, além das incompatibilidades na associação do revestimento externo da fachada pretendido e os painéis. Foram problemas enfrentados pela falta de conhecimento técnico do material e pelas peculiaridades que o mesmo exigia para sua utilização.

No item 3.4 da revisão bibliográfica foram abordados pontos importantes no processo de projeto em construções metálicas. Um destes pontos é a importância de se antecipar ao nível da fábrica os componentes pré-fabricados, detalhando melhor todos os projetos desde o início do empreendimento. Foram destacados fatores importantes como a coordenação de projetos, a compatibilização dos mesmos e a preocupação com a construtibilidade como essenciais à qualidade da edificação. O planejamento da produção deve ocorrer com um nível maior de detalhamento e com a participação efetiva de todas as especialidades, inclusive dos fornecedores. Nesse sentido, BAUERMANN (2002) descreve alternativas para minimizar possíveis problemas com o processo de produção: (a) os sistemas industrializados devem ser definidos na fase projetual, (b) o planejamento da execução deve ser feito quando os sistemas construtivos e as tecnologias estiverem definidos, (c) a compatibilização das soluções deve ser feita na fase de planejamento do processo de projeto, (d) devem ser desenvolvidos projetos para a execução levando-se em consideração requisitos como a logística, os prazos de fabricação e os transportes dos componentes industrializados. Se falta esse planejamento, ou se os sistemas construtivos industrializados não são pensados na fase projetual, corre-se o risco de aumentar o custo sem auferir os resultados positivos da utilização do material industrializado e do tempo de execução, como ocorreu no estudo de caso apresentado.

## 6

### CONCLUSÕES

Foi possível verificar durante todo o processo de entrevistas que envolveram calculistas, arquitetos e fornecedores de materiais e componentes construtivos que existem problemas relacionados à concepção dos projetos e à definição de materiais envolvidos que prejudicam o bom andamento dos mesmos e geram inconsistências construtivas, sejam elas patologias, atrasos de obra ou aumento do custo da construção. No caso da construção metálica, a situação torna-se ainda mais crítica, já que, conforme abordado anteriormente, a mesma exige cuidados especiais nas associações entre os materiais e um maior detalhamento dos projetos.

O estudo de caso vem corroborar alguns dos problemas que foram verificados durante as entrevistas. Não se pode atribuir a um só fator as falhas demonstradas em todo o processo. Algumas serão apresentadas a seguir:

#### **I. A concepção da obra em concreto armado e posteriormente a decisão pela estrutura metálica**

Aspectos importantes que precisam ser levados em consideração em obras construções metálicas (como projetos modulares, detalhes de fechamento e vedação, cuidados na associação entre materiais, soluções de estabilidade, padronização da estrutura e articulação dos sistemas para as ligações trabalharem livremente) não são contemplados porque o projeto não “nasce” metálico, é adaptado posteriormente após a verificação da necessidade do atendimento de certos fatores (como o vencimento de maiores vãos, necessidade de maior esbeltez da estrutura ou menor prazo de execução). A contratação tardia do projeto estrutural implica em adaptações no projeto arquitetônico.

## **II. Pequeno tempo gasto no planejamento da edificação**

Quando um empreendimento é viabilizado, o cliente pressiona para que a obra comece prematuramente sem o planejamento adequado e tendo gasto pouco tempo nos projetos. O prazo gasto em projetos não é visto como essencial no ganho de prazo da execução da obra e na minimização de incompatibilidades executivas. Os projetistas são pressionados a desenvolverem rapidamente seus projetos, o que dificulta a troca de informação entre os agentes, não favorece o desenvolvimento de várias alternativas construtivas e pode resultar na falta de compatibilização entre os projetos e em re-trabalhos.

## **III. Projetos com deficiências de detalhamentos e especificações errôneas**

O aspecto da construtibilidade não é levado em consideração. Problemas patológicos associados à execução da obra têm sua origem na falta de planejamento e na ausência da visão da produção pelos agentes envolvidos, levando à adaptações e improvisações no canteiro e à diminuição da qualidade da edificação.

## **IV. Definição do sistema construtivo pelo construtor e não na fase projetual**

O arquiteto se isola no momento da concepção do projeto, não envolvendo nessa etapa os agentes de outras especialidades e, também, os fornecedores de materiais e componentes construtivos. Com isso, o número maior ou menor de incompatibilidades construtivas depende da experiência do arquiteto com a utilização da estrutura metálica e do construtor em antecipar possíveis problemas que não foram previstos nos projetos.

## **V. Falta de feedback aos projetistas pelos construtores**

Problemas que têm sua origem nos projetos são solucionados no canteiro de obras e depois não são levados ao conhecimento dos projetistas, gerando um ciclo vicioso que propicia a repetição de erros cometidos e a crença errônea de que os projetos estariam suficientemente detalhados contemplando todas as informações necessárias à boa execução da obra.

## **VI. Os projetos são feitos de forma seqüencial e não simultânea**

Os vários agentes de projeto e os fornecedores não são chamados a trabalhar de forma integrada, cada especialidade pensa no seu projeto de forma fragmentada. A análise dos projetos envolvidos e a associação entre os materiais e componentes construtivos só é verificada no momento da execução da obra, gerando atrasos com o re-trabalho dos projetos ou as adaptações na obra. O projeto seqüencial impede a comunicação entre os agentes e antecipação de problemas de incompatibilidades construtivas.

## **VII. Falta de um coordenador de projetos**

A necessidade de um profissional que integre os agentes proporcionando uma visão ampla de todo o processo de projeto e produção nem sempre é verificada. Existe uma distinção entre obras industriais (onde o escopo é melhor definido, existe a figura do coordenador de projeto e o envolvimento de equipes multidisciplinares) e obras de andares múltiplos e de menor porte, que são tratadas com menor importância em relação a sua complexidade e no ponto de vista dos profissionais não merecem tanto envolvimento. A falta desta figura de coordenação dificulta a comunicação entre os agentes e propicia as inconsistências construtivas.

## **VIII. Falta de visão de racionalização**

A mentalidade da racionalização está mais ligada a obras industriais. Apesar da admissão da importância da racionalização pelos profissionais de projeto, verifica-se a utilização de sistemas construtivos convencionais que não acompanham a agilidade da montagem da estrutura metálica e não tiram proveito do ganho de prazo com a possibilidade da redução dos custos, além de necessitarem de detalhamentos mais complexos na associação entre os materiais para se evitar problemas entre os vínculos.

## **IX. Indisponibilidade de fechamentos externos acessíveis**

Os materiais desenvolvidos, compatíveis com a estrutura metálica, disponíveis no mercado atendem à demanda, entretanto, o custo é elevado. O maior problema verificado é em relação aos painéis de fechamento externo que são economicamente inviáveis e possuem dimensões pequenas. Verificou-se ainda que os produtos existentes no mercado foram lançados na década de 90. Posteriormente, poucas inovações têm sido apresentadas pela falta de incentivo do mercado em relação à utilização da estrutura metálica e há poucos fornecedores de determinados materiais o que contribui para o custo ainda elevado dos mesmos.



#### **X. Falta de incentivo da utilização da estrutura metálica**

O papel das instituições de ensino é de suma importância para o desenvolvimento da construção metálica devido à carência de profissionais especializados no setor. Além disso, as empresas produtoras de aço não investem no setor e o alto custo da estrutura metálica e o desembolso financeiro rápido pelas empresas são problemas apontados que impedem sua maior utilização. A estagnação do setor gera um desinteresse por parte das empresas fornecedoras para um maior investimento em materiais e componentes construtivos associados à construção metálica que possibilitaria um melhor aproveitamento de todo o potencial deste tipo de construção.

# 7

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância do processo de projeto e da especificação dos materiais e componentes construtivos foi amplamente abordado durante o desenvolvimento dessa pesquisa, especialmente quando se trata de edificações que utilizam a estrutura metálica e dependem de um detalhamento maior de todos os projetos e dos materiais a serem associados desde o estágio inicial do empreendimento.

O uso da estrutura metálica pode representar para o setor da construção civil no Brasil o desenvolvimento de empreendimentos racionalizados, com alto índice de qualidade, ágeis, econômicos e confiáveis. Entretanto, observou-se durante o processo de entrevistas com empresas de projeto arquitetônico e estrutural e com fornecedores de materiais e componentes construtivos que algumas falhas durante o processo de desenvolvimento dos projetos e do planejamento das edificações ocorrem e são prejudiciais ao setor da construção metálica.

Dentre os fatores responsáveis pelos problemas de projeto que merecem uma ação corretiva estão:

**a.** A contratação tardia dos calculistas que implica em adaptações posteriores do projeto arquitetônico. Se os mesmos forem contratados juntamente com os arquitetos para trabalharem em conjunto, as várias soluções construtivas poderão ser estudadas e o projeto “nascerá” metálico e contemplará todos os requisitos necessários, como a melhor modulação, soluções de estabilidade e a padronização da estrutura.

**b.** O pouco tempo gasto no planejamento da edificação. Faz-se necessária uma mudança cultural por parte dos contratantes que precisam compreender que o tempo gasto em projeto e planejamento é um investimento que melhorará o desempenho da edificação, reduzirá prazo de execução, evitará re-trabalhos e levará a uma maior ganho financeiro.

**c.** As definições incorretas e incompletas dos projetos tem sua origem no pequeno tempo gasto nos mesmos e na falta de integração entre os seus agentes. O aspecto da construtibilidade precisa ser levado em consideração na fase projetual, com um olhar voltado a produção e que promova a interação entre o projeto e o canteiro de obras para que posteriormente não hajam soluções construtivas improvisadas no momento da execução da obra.

**d.** A definição dos sistemas construtivos pelo construtor. Os projetistas precisam chamar para si a responsabilidade pela definição dos sistemas e materiais a serem utilizados, entretanto, não pode haver o isolamento dos profissionais de projeto. É preciso que as informações sejam trocadas pelos vários agentes responsáveis pelos projetos, planejamento e execução. A interação entre as várias especialidades proporcionará menor possibilidade de inconsistências construtivas.

**e.** A falta de feedback aos projetistas pelos construtores. Em especial, os arquitetos acreditam que seus projetos são suficientemente completos e detalhados, entretanto, os problemas relatados como executivos têm sua origem no projeto. A análise crítica dos projetos pelos construtores e o acompanhamento da obra pelos projetistas a obra levaria ao implemento de melhorias nas edificações posteriores.

**f.** A forma sequencial como os projetos são feitos promove o pensamento fragmentado dos agentes envolvidos, a comunicação ineficaz e as incompatibilidades construtivas. Os projetos feitos de forma simultânea aumentam a integração entre as diversas especialidades e a produção. O agrupamento dos projetistas, construtores e fornecedores de materiais e componentes construtivos possibilita a busca de melhores soluções com uma visão global do empreendimento, além da formação de equipes multidisciplinares capazes de detectar precocemente as demandas dos clientes. Torna-se fundamental a figura de um coordenador de todo o processo de projeto, que facilite a comunicação entre os agentes, crie um ambiente de cooperação técnica entre projetistas, construtores e fornecedores e organize as atividades de projeto das diversas especialidades. Desta forma, a realização de projetos de forma simultânea promoverá maior produtividade e qualidade no ciclo de produção e utilização do produto com a redução do prazo de desenvolvimento dos projetos.

**g.** A visão da racionalização associada à construção metálica com a adoção de soluções compatíveis para a agilidade da montagem da estrutura é indispensável para o sucesso desta. A mentalidade da construção racional ligada a empreendimentos industriais precisa ser expandida para todos os tipos de empreendimentos. Aspectos como o desenvolvimento de projetos para a produção, que levem em consideração requisitos como a logística, os prazos de fabricação e o transporte são fundamentais para a viabilidade do empreendimento.

**h.** Casos de sucesso levam a uma maior visibilidade da construção metálica e ao seu maior uso. É necessário o incentivo das instituições de ensino para despertar o interesse dos alunos e a formação de profissionais especializados no setor. O investimento das empresas produtoras de aço no financiamento de empreendimentos que utilizem o conceito da construção racionalizada, resolvendo o problema do desembolso rápido que este tipo de obra requer, pode levar à uma maior utilização da construção metálica.

**i.** O desenvolvimento e oferta de novos produtos voltados à construção metálica é consequência da maior utilização deste tipo de obra. O interesse dos fornecedores em lançar produtos compatíveis e ao estudo de novos materiais está diretamente ligado ao mercado consumidor, que não tem apresentado grande demanda. Com o desenvolvimento do setor haverá a necessidade da produção de novos materiais, entre eles os painéis de fechamento externo.

Entretanto, apesar de todas as questões levantadas, uma delas apresenta especial relevância, a questão cultural, arraigada na construção civil nacional, que apresenta grandes dificuldades em aceitar mudanças de paradigmas. As mudanças geram inseguranças nos profissionais, construtores e clientes. Buscar soluções alternativas que aumentem a produtividade e a qualidade na produção dos edifícios faz com que a construção metálica seja vista como uma importante alternativa. As potencialidades da construção em aço são conhecidas, entre elas, agilidade, esbeltez e menor desperdício. Se as potencialidades deste tipo de construção forem associadas à adequada qualidade do processo projetual e à especificação de materiais e componentes construtivos compatíveis, teremos na construção metálica uma grande ferramenta competitiva para atender um mercado cada vez mais exigente.

## 8

### **SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

I. Pesquisas com as construtoras envolvidas com a construção metálica e com os fabricantes da estrutura para verificar como os projetos arquitetônico, estrutural e complementares têm chegado à produção e quais os tipos de incompatibilidades tem sido verificados. Estudar todo o processo de projeto e a interface com a produção, qual o nível de participação destas empresas nas definições dos projetos e qual o nível de preocupação dos projetistas com a construtibilidade.

II. Estudos de casos de construções metálicas em andares múltiplos já executadas e em uso, para levantar quais os tipos de inconsistências construtivas foram verificadas durante a execução da obra e na sua pós-ocupação, resgatando todo o processo de projeto e execução com os agentes envolvidos e analisando os problemas recorrentes.

III. Proposta de um modelo de gestão que propicie a análise crítica durante o processo de projeto e favoreça o desenvolvimento simultâneo dos mesmos com a participação dos fornecedores de materiais e componentes construtivos e dos responsáveis pela execução da edificação.

IV. Estudo comparativo da viabilidade financeira entre edificações de andares múltiplos executadas em aço com sistemas industrializados associados e em concreto armado com sistemas construtivos convencionais, levando-se em consideração todo o processo de produção das mesmas.

V. Desenvolvimento de pesquisas de materiais e sistemas construtivos industrializados associados à construção metálica, em especial, de painéis de fechamento externo com maiores módulos e viáveis financeiramente.

## 9

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AÇOMINAS, Análise comparativo de custo da estrutura metálica com a estrutura de concreto. Disponível em: [http://www.metlica.com.br/pg\\_dinamica/bin/pg\\_dinamica.php?id\\_pag=114](http://www.metlica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=114), acesso em 18/02/2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL (ABECE). Manual de escopo de projetos e serviços de estrutura. São Paulo, 2000. Disponível em: [www.manuaisdeescopo.com.br](http://www.manuaisdeescopo.com.br).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE CHAPAS PARA DRY WALL. Consumo histórico anual de chapas de gesso no Brasil (milhões m<sup>2</sup>). Disponível em: [www.drywall.org.br](http://www.drywall.org.br).

ALBUQUERQUE, E.T; CARDOSO, F. F. Certificação de sistemas da qualidade e sua influência nas novas formas de racionalização da produção na construção de edificações no Brasil. In: Congresso Latino Americano de Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios. São Paulo, 1998.

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

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

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

ANDERY, P. R. P.; VIEIRA, M. P. C. L. Sistemas de garantia da qualidade em empresas construtoras: uma análise da implantação em empresas brasileiras. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE CONTROLE DE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL, **Anais...** Cuba, 2002. 11p.

ANDERY, P. R. P. Experiências em torno à implementação de sistemas de garantia da qualidade em empresas de projeto. In: IV WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO

PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2004. 12 p.

Anuário Estatístico do Brasil – 2004 – Rio de Janeiro: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasregionais/2004/tabela09.pdf>> Acesso em 18/02/2008

BARROS, M.M.S.B. Inovação Tecnológica. [S.I.:1999. Disponível em : [http://www.pcc.usp.br/Pós/gepes/TGP/Inovação\\_tecnológica-v12.htm](http://www.pcc.usp.br/Pós/gepes/TGP/Inovação_tecnológica-v12.htm). Acesso em: Jan 2009.

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

BERNARDES. G. F. Dimensionamento em Situação de Incêndio de Perfis em Aços Estruturais Convencionais e Aços resistentes ao fogo. Dissertação da Pós Graduação em Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2002

BOBROFF, Jacotte. The project management: a new profile for the actors in the building industry. São Paulo, 1993. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Avanços em Tecnologia e Gestão da Produção de Edificações. Anais: São Paulo, 1993. USP/ANTAC, 1993. (v1, p. 41-54)

CALMON, J. L., MORAES, F. R. de. Diagnóstico da construção metálica de edifícios. Análise preliminar à luz dos princípios da Lean Construction. In: ENTAC, 8. **Anais...** Salvador: ANTAC, 2000a v.1 p. 453-460.

CALMON, J. L., MORAES, F. R. de. Percepções concernentes ao processo de projeto de empreendimentos em construção metálica - Universidade Federal do Espírito Santo

CARDOSO, F.; et al. Os Fornecedores de Serviços de Engenharia e Projetos e a competitividade das Empresas de Construção de Edifícios. Seminário Internacional: Nutau' 98 – Arquitetura e Urbanismo para o Século XXI., 1998. São Paulo. Anais em CD ROM: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1998.

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

COSTA, M.R.M.M. Métodos Construtivos de alvenaria de vedação de blocos de concreto celular. Escola Politécnica da USP. Dissertação de Mestrado, 234 p. São Paulo, 1995

COSTA, R.M.X. O uso de perfis tubulares metálicos em estruturas de edifícios e sua interface com o sistema de fechamento vertical externo. Dissertação de Mestrado. Ouro Preto: UFOP, 2004.

COSTA, U.S et al. Mapeamento de problemas na construção industrializada em aço. Revista Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2001

COSTA, U.S et al. Caracterização da construção metálica nacional e avaliação acústica de painéis de fechamento pré-fabricados. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Foz do Iguaçu, Paraná, 2002

DECORLIT. Placa Cimentícia. Catálogo digital. Disponível em: [www.decorlit.com.br/placa\\_catdig.html](http://www.decorlit.com.br/placa_catdig.html), acesso em: 11/01/2009.

DIÁRIO DO COMÉRCIO. Artigo: Construção civil está aquecida em Minas. Disponível em: [www.sinduscon-mg.org.br](http://www.sinduscon-mg.org.br), acesso em 05/08/2008

FABRÍCIO, M.M. Projeto simultâneo na construção de edifícios. 2002. 350 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FABRÍCIO, M. M; Processos Construtivos Flexíveis: Projeto da Produção. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlo 1996. (dissertação de mestrado).

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S.B. Projeto simultâneo e a qualidade na construção de edifícios. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL NUTAL'98 – ARQUITETURA E URBANISMO: tecnologias para o século XXI, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FAU/USP, 1998.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S.B. Qualidade no processo de projeto. In: Oliveira, °J. (Org): Gestão da qualidade: Tópicos avançados, 2004, São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

FABRICIO, 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.http://www.eesc.sc.usp.br/sap/workshop>>.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S.B. A importância do estabelecimento de parcerias construtora-projetistas para a qualidade na construção de edifícios. In: IX ENCONTRO NACIONAL DO AMBIENTE CONSTRUÍDO , QUALIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO, Florianópolis/SC, 1998

FRANCO, Luiz Sérgio; AGOPYAN, Vahan. Implantação da racionalização construtiva na fase de projeto. São Paulo, 1993. (Boletim Técnico. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. BT/PCC/94)

FRANCO, Luiz Sérgio. Racionalização construtiva, inovação tecnológica e pesquisas. In: CURSO DE FORMAÇÃO EM MUTIRÃO. São Paulo: EPUSP, 1996.



FONTENELLE, E.C. Estudos de caso sobre a gestão de projeto em empresas de incorporação e construção, 2002. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo, Atlas, 2002 – 4ª edição.

HAMMARLUND, Y e JOSEPHONSON, P.E. Qualidade: cada erro tem seu preço. Trad. De Vera M.C.F.Hachich. In. Téchne, São Paulo, nov/dez.1992. (n.1, p.32-4)

IABr – Instituto Aço Brasil, Aço Brasil Informa - 11ª edição, setembro 2009. Disponível em: [http://www.acobrasil.org.br/siderurgiaemfoco/AcoBrasil%20Informa\\_Set09.pdf](http://www.acobrasil.org.br/siderurgiaemfoco/AcoBrasil%20Informa_Set09.pdf)

IBS – Instituto Brasileiro de Siderurgia, Resultados da siderurgia brasileira no 1º semestre de 2008. Estatísticas Maio / 2008. Disponível em: [www.ibs.org.br](http://www.ibs.org.br).

IPT – Programa de Atualização Tecnológica Industrial – PATI – Construção Habitacional. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT / Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo. São Paulo, 1988.

ISATO et al. Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. Technical Report, Finland: CIFE, n. 72, 75 p., september, 1992.

KRÜGER, Eduardo. Análise de vedação nas edificações em estrutura metálica. Escola de Minas – Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2000. (Dissertação de mestrado)

KRÜGER, Eduardo. Tecnologias apropriadas e habitação social no Brasil. Projeções, v. 19/20, p. 17-22, jan / dez 2001/2002, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFET – PR

LOSSO, M e VIVEIROS, E. Gesso acartonado e isolamento acústico: Teoria versus prática no Brasil. I Conferência Latino – Americana de Construção Sustentável. X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2004

MARTUCCI, R; FABRÍCIO, M.M. Produção Flexível e Construções Habitacionais. VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Qualidade no Processo Construtivo. 1998. Florianópolis – SC.

MELHADO, S. B. O plano da qualidade dos empreendimentos e a engenharia simultânea na construção de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ/ABEPRO, 1999.

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

MELHADO, S. B et al. Coordenação de edificações. 1.ed. São Paulo: O nome da Rosa, 2005. 115 p.

MELHORATO, L.G et al. Implementação da gestão da qualidade em empresas de projeto. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Construção civil, São Paulo 2003

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

O'CONNOR, J.T; RUSCH, S.E; SCHULZ, M.J. Constructability concepts for engineering and procurement. Journal of Construction Engineering and Management, v.113, n.2, p.235-248, June 1987

PICCHI, F. A. Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de edifícios. 1993. 462 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

PRECON. Painel Laje de Concreto Celular, catálogo de produtos. Disponível em: [www.precon.com.br/site/novo/lajes/painellaje.php](http://www.precon.com.br/site/novo/lajes/painellaje.php). Acesso em 11/01/2009.

PREMO. Painéis arquitetônicos de fachada. Manual Técnico. Disponível em: [www.premo.com.br/utilitarios/premoPaineis.pdf](http://www.premo.com.br/utilitarios/premoPaineis.pdf). Acesso em 11/01/2009

REFRASOL. Soluções em Proteção Contra Fogo. Refrasol Térmicos e Refratários, catálogo técnico, 2009.

Revista Metálica, Lajes: STEEL DECK. Disponível em: [www.metalica.com.br](http://www.metalica.com.br), acesso em 11/01/2009

ROSSO, Teodoro. Racionalização das construções. EDUSP, São Paulo, 1980.

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

SALES. U. C. Mapeamento dos problemas gerados na associação entre sistemas de vedação e estrutura metálica e caracterização acústica e vibratória de painéis de vedação. Departamento de Engenharia. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2001. (Dissertação de mestrado)

SEBRAE: pesquisas. Disponível em: [http://www.sebrae.com.br/uf/goias/indicadores-das-mpe/classificacao-empresarial/integra\\_bia?ident\\_unico=97](http://www.sebrae.com.br/uf/goias/indicadores-das-mpe/classificacao-empresarial/integra_bia?ident_unico=97). Acesso em 01/02/2010

SILVA, V.P. Estruturas de Aço em Situação de Incêndio. Livro, USP, São Paulo: Zigurate Editora, 2001.

STARLING, C. M. D. Estruturas e Propriedades Mecânicas Durante e Após Incêndio da Solda de Aços Resistentes ao Fogo para a Construção Civil. Tese de Doutorado, DEMET, EE/UFMG, Belo Horizonte, julho 2000.

TALAMINI, A.J.; CASTRO, S.A.W, Utilização dos conceitos do PMBOK guide e da Lean Construction para gerenciamento de projetos em pequenas construtoras. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto, MG, 2003

TATUM, C. B. Improving constructibility during conceptual planning. Journal of Construction Engineering and Management, v. 113, n.2, p. 191-207, June 1987

TÉCHNE. Especial 15 anos. Reportagem: Steel Deck – Fôrma Colaborante, edição 129, dezembro 2007. Disponível em: [www.revistatechne.com.br](http://www.revistatechne.com.br). Acesso em dezembro de 2008

TEIXEIRA, R. B. Análise da gestão do processo de projeto estrutural de construções metálicas. Dissertação ( Mestrado em Engenharia de Estruturas) – UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007

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

VARGAS, Nilton; et al. A prática da franqueza e da “discordância”: a participação dos trabalhadores na gestão de uma construtora. Rio de Janeiro, 1984. (Relatório de pesquisa, Projeto Finep – Coope – Wrobel, Hilf).

# 10

## ANEXOS

### **Questionários utilizados nas entrevistas**

- a. Empresa projetistas ligadas à construção metálica**
- b. Empresas fornecedoras ligadas à construção metálica**

## a. Empresa projetistas ligadas a construção metálica

### Modelo de questionário para empresas de projeto ligadas a construção metálica

Data:

Razão Social:

Responsável pelo preenchimento do questionário:

Data de fundação da empresa:

Ramo de atuação:

Nº de funcionários:

Ítem	Questionamento
1	Qual o principal motivo que leva os clientes a escolha da construção metálica?
2	Quais os pontos importantes a serem observados em um projeto (arquitetônico ou estrutural) voltados a construção metálica?
3	Quem define o sistema construtivo a ser adotado? Sua empresa tem alguma participação nesta escolha?
4	Quem define as especificações do projeto e os materiais a serem utilizados? Tipo de perfil, laje, esquadrias, fechamentos, materiais isolantes, fachada?
5	As definições do sistema construtivo a ser adotado se dá antes da contratação do seu projeto?
6	O que o material ou sistema construtivo precisa ter para se adequar bem a estrutura metálica?
7	O prazo de execução da obra é relevante na escolha dos sistemas envolvidos?
8	A definição dos sistemas envolvidos é concluída antes do início da obra ou durante a execução?
9	Qual é a principal diferença entre um projeto voltado para a construção metálica e o convencional?
10	Quais os sistemas associados que se adaptam melhor as estruturas metálicas?
11	Quais os principais materiais utilizados para fechamentos, lajes, fachadas, materiais isolantes e estrutura?
12	Qual o principal problema na utilização de sistemas mixtos?
13	Definições de especificações de materiais durante a execução da obra são prática comum?
14	Há alguma preferência por sistemas construtivos convencionais ou industrializados?
15	Existe alguma preocupação com a padronização, modulação na execução do projeto?
16	Os fornecedores são envolvidos em alguma etapa durante a execução do projeto?
17	Existe a preocupação no estudo dos sistemas construtivos a serem adotados na execução do projeto?
18	Há algum estudo sobre materiais específicos voltados para a construção metálica?
19	Existe carência de sistemas complementares à construção metálica ?
20	Normalmente, são apresentadas inovações tecnológicas?
21	São avaliadas as ligações entre os diversos sistemas componentes do sistema?
22	Há a preocupação com a racionalização da execução da obra no momento do projeto?
23	As empresas de projetos envolvidas no processo costumam trabalhar com equipes multidisciplinares?
24	O prazo, normalmente, é suficiente para a elaboração dos projetos ?
25	Existem deficiências tecnológicas para atender o mercado da construção metálica?
26	Os profissionais envolvidos com a construção metálica estão suficientemente capacitados?
27	Em empreendimentos já executados, existe algum registro de incompatibilidades associada a escolha do material envolvido?

## **b. Empresas fornecedoras ligadas à construção metálica**

### **Modelo de questionário para fornecedores de materiais e componentes construtivos ligados à construção metálica**

Data:

Razão Social:

Responsável pelo preenchimento do questionário:

Data de fundação da empresa:

Ramo de atuação:

Nº de funcionários:

<b>Ítem</b>	<b>Questionamento</b>
1	Quem contacta sua empresa? Clientes, Construtora ou projetistas?
2	Existe integração entre projetistas e sua empresa?
3	Há um trabalho na fase de projeto junto aos projetistas para definição dos produtos?
4	Quem define o sistema construtivo a ser adotado? Sua empresa tem alguma participação nesta escolha?
5	Quando contratado, participa das especificações de projeto?
6	Existe interferência direta do seu produto e o projeto?
7	Quando contratado, quais as especificações solicitadas para a elaboração do produto?
8	Você considera que as informações recebidas são suficientes para a elaboração do seu produto?
9	Quando sua empresa é contratada todos os projetos necessários já estão definidos?
10	Existe integração simultânea entre os projetos envolvidos?
11	Há alguma diferença do produto voltado a construção metálica e a convencional? Qual?
12	O prazo para a entrega do produto é suficiente?
13	As construtoras buscam informações técnicas e compatibilização do produto especificado?
14	Soluções de projeto durante a execução da obra são prática comum?
15	Há alguma preferência por sistemas construtivos convencionais ou industrializados?
16	Existe alguma preocupação com a padronização, modulação na execução do produto?
17	São avaliadas as ligações entre os diversos componentes do sistema?
18	Há a preocupação com o planejamento, logística e execução da obra?
19	As normas brasileiras quanto a execução dos produtos são suficientes?
20	Os profissionais envolvidos com a construção metálica estão suficientemente capacitados?
21	Qual a diferença entre os produtos nacionais e os estrangeiros?
22	Existe a necessidade de um maior aprofundamento em pesquisas voltadas a construção metálica?
23	Qual a maior dificuldade para o investimento em pesquisas voltadas a construção metálica?
24	A cultura do país interfere no desenvolvimento de produtos para a construção metálica?
25	Como se dá a escolha do lançamento de um produto no mercado? É necessidade avaliada pela empresa ou pelo cliente?
26	Quais as restrições encontradas no mercado para o lançamento de um produto?