VIABILIDADE ECONÔMICA

Série “Manual de Construção em Aço”

- Galpões para Usos Gerais
- Ligações em Estruturas Metálicas
- Edifícios de Pequeno Porte Estruturados em Aço
- Alvenarias
- Painéis de Vedação
- Resistência ao Fogo das Estruturas de Aço
- Tratamento de Superfície e Pintura
- Transporte e Montagem
- Steel Framing: Arquitetura
- Interfaces Aço-Concreto
- Steel Framing: Engenharia
- Pontes e viadutos em vigas mistas
- Treliças tipo Steel Joist
- Viabilidade Econômica

FERNANDO OTTOBONI PINHO
FERNANDO PENNA

VIABILIDADE ECONÔMICA

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA
CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO

RIO DE JANEIRO
2008

© 2008 INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA/CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO

Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida por quaisquer meio, sem a prévia autorização desta Entidade.

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Informações do IBS/CBCA

P654v

Pinho, Fernando Ottoboni
Viabilidade Econômica / Fernando Ottoboni Pinho, Fernando Penna. - Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2008.
84p.; 29 cm. – (Série Manual de Construção em Aço)

Bibliografia
ISBN 978-85-89819-15-3

1. Viabilidade Econômica 2. Estrutura em Aço 3. Sistema Construtivo I. Títulos (série) II. Penna, Fernando

CDU 624.014.2 : 332.8(035)

Instituto Brasileiro de Siderurgia / Centro Brasileiro da Construção em Aço
Av. Rio Branco, 181 / 28º Andar
20040-007 - Rio de Janeiro - RJ
e-mail: cbca@ibs.org.br
site: www.cbca-ibs.org.br

SUMÁRIO

Capítulo 1

Introdução 11

1.1 Os paradigmas das estruturas de aço 12

1.2 As verdades das estruturas de aço 13

1.3 A melhor solução estrutural 13

1.4 Objetivos deste manual 13

Capítulo 2

Quando construir em aço? 17

2.1 A pergunta correta 18

2.2 O tipo de estrutura mais adequado 18

2.2.1 O momento da escolha 18

2.2.2 Análise das características da obra 19

2.2.3 Conhecimento de cada sistema 19

2.3 Escolha do sistema estrutural 20

2.4 Classificação das características da obra 21

2.4.1 Tipos de fundação 21

2.4.2 Tempo de construção 22

2.4.3 Tipo de ocupação 22

2.4.4 Disponibilidade e custo dos materiais 24

2.4.5 Recursos do construtor 24

2.4.6 Local da obra e acessos 24

2.4.7 Previsão de adaptações e ampliações 25

2.4.8 Compatibilidade com sistemas complementares 25

2.4.9 Manutenção e reparos 25

2.4.10 Vãos livres e altura da edificação 26

2.4.11 Proteção contra a corrosão 26

2.4.12 Proteção contra fogo 27

2.4.13 Estética 27

2.4.14 Desperdício de materiais e mão de obra 28

2.4.15 Segurança do trabalhador 28

2.4.16 Custos financeiros 28

2.4.17 Adequação ambiental 29

2.4.18 Qualidade e durabilidade 29

2.4.19 Desempenho 30

2.4.20 Incômodos para áreas próximas 30

Capítulo 3

Como construir em aço 33

3.1 Introdução 34

3.2 Configurando um sistema estrutural de aço 34

3.2.1 Tipo de aço 35

3.2.2 Tipo de perfil 36

3.2.3 Modulação e vãos livres 36

3.2.4 Tipos de laje 36
3.2.5 Tipo de vedação 38
3.2.6 Estabilidade horizontal 39
3.2.7 Tipos de ligação 39
3.2.8 Vigas e pilares mistos 40
3.2.9 Tipo de proteção contra a corrosão 41
3.2.10 Tipo de proteção contra fogo 41
3.2.11 Durabilidade 42
3.2.12 Esquema de transporte e montagem 42
3.3 Resultado final da configuração 42

Capítulo 4
Viabilidade econômica do empreendimento 45
4.1 Introdução 46
4.2 Formação do custo em uma obra 46
4.2.1 Custos diretos 46
4.2.1.1 Custo dos materiais 47
4.2.1.2 Custo da mão de obra 47
4.2.1.3 Custo dos equipamentos 48
4.2.2 Relação tempo x custo 49
4.2.3 Despesas indiretas 51
4.2.3.1 Mobilização da obra 51
4.2.3.2 Administração local 51
4.2.3.3 Administração central 51
4.2.3.4 Despesas financeiras 51
4.2.4 Formação do preço de venda / definição do BDI 51
4.2.5 Orçamento sumário 52
4.3 Estudo de massa 52
4.4 Estudo da viabilidade econômica 53
4.4.1 Investimento 53
4.4.1.1 Custo do terreno 53
4.4.1.2 Custo da construção 53
4.4.2 Despesas diversas 53
4.4.2.1 Impostos 53
4.4.2.2 Corretagem 53
4.4.2.3 Publicidade 53
4.4.3 VGV – valor geral de venda 53
4.4.4 Receita líquida 53
4.4.5 Resultado 53
4.4.6 Fluxo de caixa 53
4.5 Viabilidade econômica do empreendimento 53

Capítulo 5
Análise do empreendimento em aço - planilhas interativas 57

Capítulo 6
Estudos de caso 69
6.1 Introdução 70
6.2 Estudo de caso nº 1 – edifício comercial de 8 pavimentos 70
6.3 Estudo de caso nº 2 – edifício residencial de 5 pavimentos 72

Referências Bibliográficas 83

Apresentação

O **CBCA** – **Centro Brasileiro da Construção em Aço** tem a satisfação de oferecer aos profissionais envolvidos com o emprego do aço na construção civil o décimo quarto manual de uma série cujo objetivo é a disseminação de informações técnicas e melhores práticas.

Na análise da qualidade/viabilidade de um investimento, a escolha do tipo de estrutura tem grande influência no desempenho de toda a obra, quase sempre muito maior do que a sua participação nos custos.

Propõe-se neste manual um processo de escolha que seja ao mesmo tempo confiável e rápido para permitir as decisões corretas dos investidores. Está organizado numa seqüência de capítulos que permitirá orientar desde a escolha dos sistemas estruturais até a análise de viabilidade econômica do investimento.

O manual inclui um CD-ROM, contendo planilhas interativas que possibilitam a fácil simulação dos resultados de um empreendimento com estruturas de aço, comparando com outras soluções estruturais.

Finalizando o manual, são apresentados dois estudos de caso de obras, edifício comercial e edifício residencial, nas quais foram utilizadas estruturas de aço. São demonstradas as razões dessa escolha e os resultados obtidos, simulados nas planilhas interativas disponibilizadas.

Trata-se de uma publicação de referência que deverá suprir lacuna na literatura disponível e contribuir para a análise econômica mais técnica e completa por parte dos profissionais envolvidos na construção em aço.

Centro dinâmico de serviços, capacitado para conduzir e fomentar uma política de promoção do uso do aço na construção com foco exclusivamente técnico, o **CBCA** está seguro de que este manual enquadra-se no objetivo de contribuir para a difusão de competência técnica e empresarial no País.

Capítulo 1

Introdução

1.1 Os paradigmas das estruturas de aço

Existem vários paradigmas relacionados com as estruturas de aço que podem estar impedindo uma análise correta desta alternativa de sistema estrutural nos estudos de análise da qualidade/viabilidade dos investimentos.

Os mais comuns são:

- a estrutura de aço é cara...

- o aço enferruja....

- existem dificuldades com as interfaces...

- o aço precisa de proteção contra fogo...

Em relação ao custo das estruturas de aço, é fato que em alguns casos o seu custo é maior do que o de outros sistemas, principalmente os sistemas ditos convencionais. Mas nem sempre um produto mais caro é menos adequado.

Os produtos industrializados ou semi-industrializados como as estruturas de aço, são concebidos para que, se empregados corretamente, tragam uma série de vantagens para o conjunto da obra, que podem facilmente reverter o custo final, mesmo com um custo específico maior.

Quanto a característica do aço de oxidar ou enferrujar, há muito tempo já se sabe que, para o aço assim como para outros materiais, a decisão de qual será a sua durabilidade e o controle do processo de deterioração é uma decisão do engenheiro e existem processos e produtos de proteção para todas as situações e ambientes, como os tratados no Manual do CBCA - **Tratamento de Superfície e Pintura**, que se bem aplicados, são econômicos e garantem a vida útil esperada para a estrutura dentro das condições de manutenção previstas.

Para as patologias nas interfaces, como trincas e aberturas em função das diferentes movimentações dos materiais de vedação e da estrutura, existem muitos estudos a respeito, como os resumidos nos seguintes manuais do CBCA:

- **Alvenarias** – para soluções e recomendações relativas às interfaces da estrutura com todos os tipos de alvenaria e revestimentos de vedação ou estruturais.

- **Painéis de Vedação** – para soluções e recomendações relativas às interfaces da estrutura com todos os tipos de painéis de vedação, como concreto, GRC, gesso acartonado e metálicos.

- **Interfaces Aço-Concreto** – para soluções e recomendações, inclusive dimensionamento dos elementos de ligação em interfaces horizontais e verticais entre o aço e o concreto.

A resistência do aço e de outros materiais em situação de incêndio é assunto já amplamente estudado e objeto de importantes normas ABNT, e do Manual do CBCA - **Resistência ao Fogo das Estruturas de Aço** – que trata da aplicação das normas. Hoje, da mesma forma que se sabe que as estruturas precisam de pintura se expostas às intempéries, sabe-se que quando os elementos de aço não se enquadram nas isenções da norma e não têm resistência intrínseca, será necessário uma proteção adicional contra fogo, com custos conhecidos e muito próximos dos padrões internacionais e não deve inviabilizar nenhuma estrutura.

Finalmente, podemos afirmar que os paradigmas ainda existentes no meio técnico não se sustentam e não devem impedir que se faça uma análise correta das potencialidades das estruturas de aço.

1.2 As verdades das estruturas de aço

Da mesma forma que ainda existem vários paradigmas negativos em relação as estruturas de aço, existe uma série de verdades que são facilmente aceitas.

As mais comuns são:

- a estrutura de aço é muito rápida

É talvez a característica mais visível das estruturas de aço e a que normalmente impressiona mais as pessoas. Na fase de montagem a estrutura de aço chega a ser muito mais eficiente, se comparada com outros tipos de estruturas. Esta mesma característica viabiliza um retorno mais rápido do capital investido e em alguns tipos de empreendimentos o atraso do início das obras para se postergar o desembolso nas atividades da obra e poder trabalhar com o maior volume de capital dos clientes e mesmo assim atender aos prazos contratados.

- **a estrutura de aço tem grande flexibilidade**

Quem já precisou fazer algum reforço, alteração ou ainda executar uma abertura não prevista, conhece bem a grande flexibilidade das estruturas de aço. Esta grande flexibilidade é a chave para a grande utilização das estruturas de aço na indústria, onde os processos são muito dinâmicos e as alterações são constantes.

- a estrutura de aço tem grande precisão

Como as estruturas de aço nascem com a precisão em milímetros, as interfaces com equipamentos e outros elementos industrializados ligados à estrutura ficam muito mais fáceis. Em muitos casos se utiliza a grande precisão das estruturas de aço, utilizando-a também como gabarito para níveis, prumos e alinhamentos, aumentando bastante o desempenho de outras atividades na obra.

- o aço tem alta resistência

Mesmo quem só trabalha com estruturas em concreto armado, conhece a alta resistência mecânica dos aços. Nas estruturas de aço esta característica possibilita elementos estruturais com menores dimensões e a capacidade de vencer grandes vãos.

- o aço é 100% reciclável

Hoje a consciência ecológica entende as vantagens de se utilizar um material que é um dos mais reciclados do mundo, podendo ser 100% reciclável.

1.3 A melhor solução estrutural

Podemos concluir que a melhor solução estrutural deve ser escolhida com base no conhecimento dos sistemas e suas características e não deve ser influenciada por paradigmas, preconceitos e desconhecimentos. Com uma análise incompleta e distorcida podemos perder os benefícios de uma boa solução.

O que se pretende não é encontrar a solução estrutural ótima, mas poder escolher o sistema estrutural, não pela intuição, mas de forma racional e estruturada que leve em conta todos os aspectos que podem influenciar o desempenho de uma estrutura e decidir por uma boa solução para o conjunto da obra.

1.4 Objetivos deste manual

Para não abandonar a análise da estrutura de aço ficando limitado a "*a estrutura de aço é cara...*", ou ainda fazer comparações erradas, comparando um sistema estrutural bem configurado com outros sem a configuração adequada, organizamos uma seqüência de capítulos que irá orientar na escolha da estrutura através de uma análise da qualidade/viabilidade do investimento ou na determinação dos indicadores dos ganhos e riscos de um empreendimento:

No capítulo 2
Quando construir em aço?

Vamos examinar todo o processo de escolha de um sistema estrutural, que envolverá uma série de variáveis ligadas à estrutura e à própria obra e organizaremos uma proposta simples e racional para o processo de escolha do sistema estrutural mais adequado.

No capítulo 3
Como construir em aço

A competitividade de um sistema estrutural está ligada a características próprias de cada sistema e também a uma configuração correta do sistema, adotando as escolhas certas para o melhor desempenho do sistema na obra em análise.

O objetivo deste capítulo é capacitar os diversos profissionais (Consultores, Arquitetos, Engenheiros, Construtores e Investidores), envolvidos com empreendimentos que notadamente possam ser edificados em aço a configurarem corretamente a alternativa em estrutura de aço.

No capítulo 4
Viabilidade econômica do empreendimento

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os conceitos básicos dos estudos de **viabilidade econômica de empreendimentos**, comparando as particularidades das obras em aço com as das obras executadas em outros sistemas construtivos, fundamentado nos seguintes itens:

4.1 Formação do custo de uma obra
- Custos Diretos;
- Relação Tempo x Custo;
- Despesas Indiretas;
- Definição do BDI do Empreendimento;
- Preço de Venda.

4.2 Estudo de massa
- Tipologias
- Área Bruta / Área Líquida / Área Privativa / Área Equivalente;
- Número máximo de unidades,
- Coeficiente de Aproveitamento Legal;
- Coeficiente de Aproveitamento Real.

4.3 Estudo de Viabilidade
- Investimento (custo do terreno, custo da obra, custo da área comum);
- Despesas diversas (Impostos, Corretagem, Propaganda);
- Receita total (VGV – Valor Geral de Venda);
- Receita líquida;
- Resultado;
- Fluxo de caixa.

No capítulo 5
Análise do empreendimento em aço

Neste capítulo, apresenta-se o fechamento na análise de viabilidade do empreendimento, com a aplicação do roteiro proposto em planilhas interativas, preenchidas com base nos custos conhecidos do empreendimento e introduzindo os custos de uma obra com estrutura de aço, através da qual se poderá simular o resultado do empreendimento pretendido, comparando-o com outras soluções estruturais, notadamente com o concreto armado.

No capítulo 6
Estudos de caso

Neste capítulo serão apresentados estudos de caso reais de obras nas quais se optou pelas estruturas de aço, demonstrando as razões pela escolha e os resultados obtidos simulados nas planilhas disponibilizadas no capítulo 5.

Serão apresentados exemplos relativos a dois tipos de obras:

- Edifício comercial de 8 pavimentos;
- Edifício residencial de 5 pavimentos;

Capítulo 2

Quando construir em aço ?

2.1 A pergunta correta

A pergunta "**Quando construir em aço?**" é freqüentemente repetida. E as respostas estão quase sempre apoiadas em uma extensa lista de vantagens do uso das estruturas de aço (que não fornecem informações suficientes para uma avaliação correta da influência de cada uma delas) e em estudos comparativos de custos, que nada mais são que casos particulares, que não podem ser aplicados como regra.

Em alguns casos, a simples afirmação de que a estrutura em aço ficaria mais cara encerra uma análise sem maior aprofundamento. Em outras situações, a opção por sistemas ditos convencionais, pelos simples desconhecimento de outros sistemas, mesmo que o resultado seja uma estrutura mais barata, não garante que a decisão tenha sido a mais adequada.

A escolha do sistema construtivo não deve ser uma competição entre os diferentes tipos de estrutura, mas uma decisão com base nas necessidades da obra e nas características de cada sistema. E a decisão de qual é o mais adequado, deve passar pela análise do maior número possível de aspectos representativos da obra, priorizando as características mais importantes e também as desejáveis.

Portanto, a pergunta que deve ser feita pelos profissionais, construtores ou investidores – sem qualquer tipo de tendência ou preferência, e preocupados com o melhor resultado para o *conjunto da obra*, é:

"Que tipo de estrutura é mais adequada para a minha obra?"

A maior dificuldade para identificar o tipo de estrutura mais adequada para uma obra é a falta de uma metodologia de avaliação mais abrangente do que um simples comparativo de custos. E que coloque também todos os fatores limitantes e condicionantes das alternativas em condições comparáveis, levando em conta aspectos importantes desde diferentes qualidades e desempenhos até a influência das estruturas nos demais serviços, incluindo as transferências de ganhos que podem beneficiar o custo total da obra.

2.2 O tipo de estrutura mais adequado

Uma metodologia de avaliação que identifica a alternativa de estrutura mais adequada passará pelo conhecimento de todas as características de cada sistema estrutural, pelas experiências e cultura da própria construtora e, é claro, pelo tipo da obra em análise.

Na escolha correta do sistema estrutural existem portanto alguns pontos importantes que ajudam a organizar o processo de escolha com foco no melhor resultado para **a obra**:

a) Existe um **momento ideal para a escolha**.

b) Análise das **características da obra**.

c) Base no **conhecimento de cada sistema**.

2.2.1 O momento da escolha

Examinando o gráfico a seguir observamos que durante o estudo de viabilidade e a definição da concepção a possibilidade de interferência é alta e os custos acumulados são ainda muito baixos. Este poderá ser o momento ideal para a escolha do sistema estrutural.

Quanto mais cedo for feita a escolha, maior será o tempo para a otimização do sistema escolhido, obtendo assim o melhor resultado para a obra.

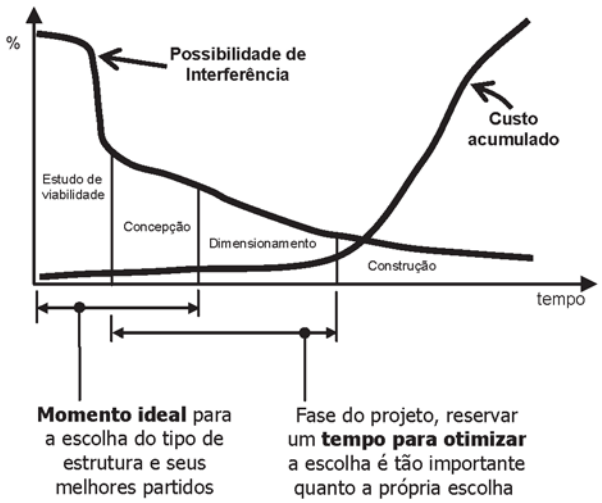


Figura 2.1

2.2.2 Análise das características da obra

O primeiro passo será o levantamento das características da obra em análise que possam interferir na escolha do sistema estrutural, identificando sempre as mais importantes para os objetivos do empreendimento.

Como exemplo listamos a seguir algumas características de obra que podem ter alguma influência na escolha do sistema estrutural:

- Tipo de fundação
- Tempo de construção
- Tipo de ocupação
- Disponibilidade e custo dos materiais
- Recursos da construtora
- Local da obra e acessos
- Possibilidade de adaptações
- Compatibilidade c/ sist. complementares
- Manutenção e reparos
- Vãos livres
- Espaço livre para a estrutura
- Espaço livre para utilidades
- Altura da edificação
- Proteção contra a corrosão
- Proteção contra fogo
- Estética
- Desperdício materiais/mão-de-obra
- Segurança do trabalhador
- Custos financeiros
- Adequação ambiental
- Qualidade e durabilidade
- Desempenho
- Incômodo de áreas próximas

2.2.3 Conhecimento de cada sistema

Todo sistema estrutural tem sempre várias alternativas de solução para os seus componentes (materiais, perfis, etc.), seus elementos (vigas, pilares, etc.), seus subsistemas (módulos, pórticos, contraventamentos, etc.) e seus sistemas complementares (pisos, vedações, proteções, etc.).

A escolha das alternativas corretas para cada item irá configurar o sistema estrutural para produzir o comportamento esperado e o melhor desempenho para as **características importantes da obra.**

Como exemplo listamos a seguir alguns itens que irão configurar um **Sistema em Aço**:

- Tipos de aço
- Tipos de perfil
- Modulação / vãos
- Tipos de laje
- Tipos de vedação
- Estabilidade horizontal
- Tipos de ligação
- Vigas e pilares mistos
- Tipo de proteção contra a corrosão
- Tipo de proteção contra incêndio
- Durabilidade
- Esquema de montagem

Como exemplo listamos a seguir alguns itens que irão configurar um **Sistema em Concreto**:

- Resistência do concreto
- Tipos de seções/protensão
- Modulação / vãos
- Tipos de laje

- Tipos de vedação
- Estabilidade horizontal
- Tipos de formas
- Traço, adensamento
- Detalhe da armadura
- Proteção contra incêndio
- Durabilidade
- Sequência de concretagem

2.3 Escolha do sistema estrutural

Como uma metodologia para a escolha do sistema estrutural mais adequado, propomos o cruzamento das características mais importantes da obra com os diversos sistemas estruturais compatíveis com o tipo de obra. Para uma comparação correta, cada sistema deve estar devidamente configurado para o seu melhor desempenho na obra.

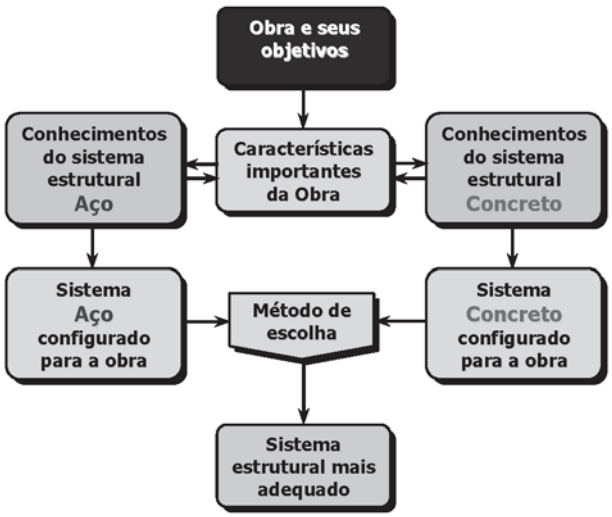


Figura 2.2

Das características levantadas da obra, vão existir sempre as mais importantes. A idéia é então hierarquizar as características identificadas, definindo um **peso** para cada uma delas, de acordo com a sua importância para o empreendimento e, em seguida, estabelecer **notas** para os sistemas estruturais que representem o seu mérito para responder a cada uma das características analisadas, independente da importância que cada uma possa ter para a obra.

Quando um sistema estrutural tem um mérito alto (de nota alta) para uma característica que é muito importante para a obra (de peso alto) o sistema se potencializa favoravelmente na comparação.

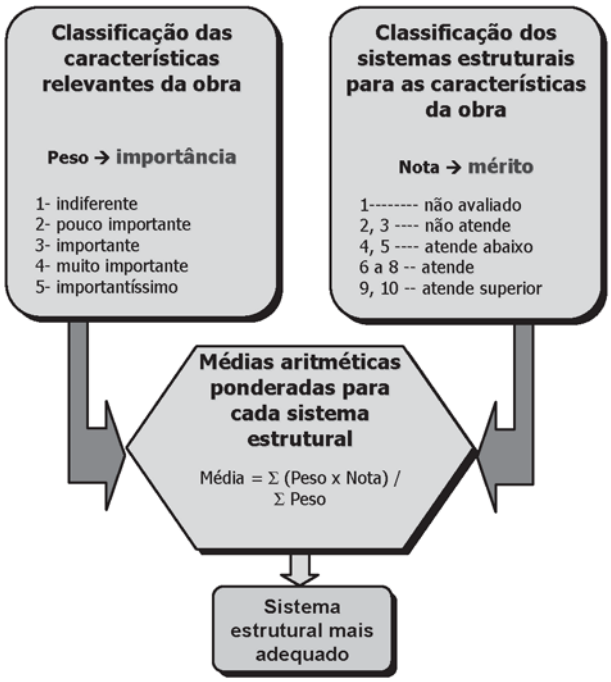


Figura 2.3

Muitas das características podem ser de difícil interpretação e quantificação, e, muitas vezes, vão existir itens conflitantes (casos em que uma característica favorável de um item implica em uma situação desfavorável para outro). Mas a análise **Característica x Sistema** será sempre melhor do que a simples intuição.

A planilha ao lado é um exemplo de como organizar os pesos das diversas características da obra e as notas dos sistemas estruturais analisados.

Ao final calculam-se as médias aritméticas ponderadas para cada sistema e as maiores médias devem indicar os sistemas mais adequados para a obra. Com base nestes resultados, torna-se mais fácil a decisão de qual sistema estrutural deve ser adotado.

Uma escolha bem estruturada agrega valor ao processo e, certamente, conduz a uma decisão final mais acertada.

Essa metodologia deve ser desenvolvida pela própria empresa, ser a mais impessoal possível e aperfeiçoada continuamente pelo exercício de identificação das características mais importantes para a obra e sua ordenação e pontuação, baseando-se sempre que possível em experiências anteriores.

Características da obra	Peso	Nota → mérito	
		Sistema A	Sistema B
Tipo de fundação			
Tempo de construção			
Tipo de ocupação			
Disponibilidade e custo dos materiais			
Recursos do construtor			
Local da obra e acessos			
Possibilidade de ampliações e adaptações			
Compatibilidade c/ sistemas complementares			
Manutenção e reparos			
Vãos livres e altura da edificação			
Proteção contra a corrosão			
Proteção contra fogo			
Estética			
Desperdício de materiais e de mão de obra			
Segurança do trabalhador			
Custos financeiros			
Adequação ambiental			
Qualidade e durabilidade			
Desempenho			
Incômodos para as áreas próximas			
Média ponderada = Σ (Peso x Nota) /Σ Peso →		**Média do Sistema A**	**Média do Sistema B**

2.4 Classificação das características da obra

De forma a ajudar na pontuação das características (pesos ➡ importância) e dos sistemas (notas ➡ mérito), comentaremos a seguir algumas das principais características das obras, que devem ser analisadas, isoladamente e em conjunto para um sistema estrutural em aço.

Pressupõe-se o conhecimento das características semelhantes para outros sistemas estruturais.

Não é aceitável uma escolha errada do sistema estrutural pela não avaliação de todos os tipos de estruturas ou pela avaliação com parâmetros errados, incompletos e/ou desatualizados.

2.4.1 Tipos de fundação

A influência da redução das cargas devido ao menor peso das estruturas de aço nas fundações de uma pequena estrutura, em um solo muito resistente, pode ser pequena. Entretanto, a redução das cargas em uma grande estrutura, em um solo muito ruim, pode viabilizar a própria construção.

Portanto, o custo das fundações em alguns casos será um importante fator de decisão sobre o tipo de estrutura a ser usada em uma obra.

As estruturas de aço pesam de 6 a 10 vezes menos que as estruturas de concreto (sem as lajes), mas como as estruturas de concreto representam em média 40% do peso próprio e o peso próprio representa aproximadamente 70% da carga total (incluindo as cargas acidentais ou sobrecarga), podemos esperar reduções nas cargas verticais da ordem de 20%. Essa diferença pode representar, por exemplo, uma estaca a menos por base e reduzir significativamente os custos das fundações. Em algumas bases a influência das ações horizontais (ventos, etc.) é tão grande que leva a vantagem da carga final a valores bem menores. Em casos raros onde existe carga de arrancamento, a redução pode ser até desfavorável.

Devemos ainda examinar os custos das fundações profundas com as estacas com perfis metálicos que, junto com as estruturas de aço ou mesmo com as estruturas de concreto, representam uma alternativa interessante quando

comparadas com as estacas de trilhos ou as de pré-moldados de concreto. Principalmente quando a estaca tem grande comprimento, ou se quer minimizar as dificuldades com o transporte e manuseio das estacas no canteiro e também reduzir as indesejáveis vibrações para as edificações vizinhas.

Orientação para pontuação:

Peso da característica – *O maior peso deve ser dado para solos com pouco suporte, com subsolos e edificações vizinhas; e o menor peso para solos com muito suporte, cargas baixas, sem subsolo e sem vizinhos.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema que gera as menores cargas e/ou a menor quantidade de pontos de fundação; e o menor para o sistema que gera as maiores cargas e/ou maior número de pontos de fundação.*

2.4.2 Tempo de construção

Em princípio, quanto menor for o tempo de construção melhor. Entretanto, para algumas obras, como os condomínios residenciais, o tempo de construção deve estar compatibilizado com a capacidade de desembolso dos condôminos e não seria interessante atropelar este ritmo. Já para uma obra comercial, qualquer antecipação representa redução do tempo de amortização do investimento e é bem vinda. Existe ainda a obra política ou estratégica, onde o tempo de construção é determinado por um evento fixo, independente de eventuais custos adicionais que uma obra mais rápida possa representar.

Sem dúvida a mais forte característica das estruturas de aço é a rapidez, diferentemente da construção convencional que normalmente tem o caminho crítico na fase da estrutura e acaba por limitar a velocidade da obra.

Se a decisão é por estrutura de aço podem-se executar as fundações enquanto as estruturas estão sendo fabricadas. E a possibilidade de abertura de diversas frentes de serviço simultâneas (lajes, paredes, instalações, etc.) pode, em um cronograma bem elaborado, reduzir o tempo de obra em até 40%, se comparado com os sistemas convencionais.

Orientação para pontuação do item:

Peso da característica – *O maior peso quando o prazo da obra é pequeno e crítico; e o menor peso quando o prazo não é relevante ou pode até atropelar a entrada dos recursos.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural mais rápido e que possibilita várias frentes de serviço na obra; e o menor para o sistema mais lento e caminho crítico na obra.*

2.4.3 Tipo de ocupação

Dependendo do tipo de ocupação e de algumas características da obra, como o sistema de comercialização, um determinado sistema estrutural pode ser mais ou menos adequado. Portanto, é importante conhecer bem a localização, a arquitetura e a utilização prevista para a edificação.

Descrevemos a seguir algumas características gerais dos diversos tipos de ocupação das edificações:

Edifícios Comerciais: Terreno caro, pouco canteiro de obra, modulação fácil, estacionamento nos andares inferiores, instalações de arranjo simples, fachadas simples. A rapidez da obra significa o retorno mais rápido do investimento e pode ser decisiva.

Edifícios Residenciais: Pavimento tipo, estacionamento nos andares inferiores, pouca modulação, pequenos vãos, instalações e facha-

das mais elaboradas (varandas, etc.). A rapidez, neste caso, significa possibilidade de venda mais rápida. Alguns edifícios residenciais modernos empregam paredes internas leves, tornando a modulação/vãos quase tão fácil quanto a dos edifícios comerciais. Importante lembrar que para implantações com um grande número de unidades, o efeito de escala na produção das estruturas pode ser mais importante e favorável do que qualquer outra dificuldade.

Edifícios Sede e Agências: Terreno muito caro, nenhum canteiro de obra, arquitetura original e atraente. A rapidez significa o retorno mais rápido do investimento.

Hotéis: Grande modulação (apartamentos), alta densidade de instalações, grandes vãos livres nas áreas comuns, fachadas simples ou elaboradas e repetitivas. A rapidez significa o retorno mais rápido do investimento e pode ser decisiva.

Hospitais: Modulação parcial (apartamentos), instalações complexas, fachadas simples ou elaboradas e repetitivas, necessidade de ampliações e adaptações constantes sem interferência com as áreas já construídas. A rapidez significa, além do retorno mais rápido do investimento, um tempo menor de interferência no funcionamento e nas edificações existentes.

Shoppings: Datas de entrega rígidas, construção mais horizontal, grandes vãos, terreno caro, algumas vezes pouco canteiro de obra, modulação fácil, instalações concentradas nas áreas de circulação, fachadas simples e coberturas elaboradas. A rapidez significa o retorno imediato do investimento, principalmente se otimizada com o calendário do comércio.

Edifícios Garagem: Possibilidade de desmontagem, bastante modulado, grandes vãos, pavimentos tipo, rampas, poucas instalações, fachadas simples ou inexistentes. Observar que a norma de proteção contra fogo isenta muitos tipos de edifícios garagem. A rapidez significa o retorno imediato do investimento.

Universidades e Escolas: Datas de entrega rígidas, construção mais horizontal, boa modulação, poucas instalações, fachadas padronizadas. A rapidez significa a viabilidade e o retorno imediato do investimento.

A estrutura de aço tem muitas características que são favoráveis para alguns tipos de edificações, tais como, facilidade para construções mais altas, melhor aproveitamento do terreno, maior área útil, menor necessidade de canteiro, liberação de muitos andares simultaneamente, modulação com melhor desempenho na fabricação e montagem, precisão favorecendo a utilização de outros componentes industrializados de vedação e fachadas. A facilidade de executar vãos maiores e ocupar menos espaço estrutural são fatores que explicam, por exemplo, porque nos edifícios comerciais e nas universidades a solução com estruturas de aço se encaixa mais naturalmente do que nos edifícios residenciais.

Orientação para pontuação do item:

Peso da característica – *O maior peso para as estruturas comerciais ou escolas, onde o tipo da estrutura pode ser decisivo para o andamento previsto para a obra; e o menor peso para as edificações residenciais, onde o tipo de estrutura não é tão importante e não favorece a modulação.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural que atende melhor ao maior número de características do tipo de estrutura; e o menor valor quando a estrutura não contribui e até prejudica algumas necessidades do tipo de obra.*

2.4.4 Disponibilidade e custo dos materiais

É importante acompanhar sempre a disponibilidade e o custo dos materiais básicos usados para as estruturas e para os sistemas complementares porque mudanças ocorrem constantemente e podem alterar a situação da oferta de um determinado material e sua competitividade. Algumas regiões oferecem determinados materiais de forma abundante, e outras, por dificuldade de transporte e/ou processamento, praticamente inviabilizam a utilização de alguns materiais. No caso de existirem sucedâneos, verificar sempre a relação de custo e as condições de fornecimento.

Principais materiais das estruturas de aço são:

Chapas (finas, grossas, etc.);
Perfis (laminados, soldados, dobrados, etc.);
Parafusos (comuns, alta resistência, etc.);
Eletrodos e arames de solda.

Orientação para pontuação do item:

Peso da característica – *O maior peso para os materiais com ampla oferta, pronta entrega, qualidade garantida e com a melhor relação custo/benefício; e o menor peso para os materiais de qualidade variável, maiores prazos de entrega e custos mais altos.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural que utiliza materiais com ampla oferta de fornecimento e com a melhor relação qualidade/custo e com o menor número de itens para controlar; e a menor nota para o sistema utiliza materiais que não dispõem de oferta garantida e que atendam as condições e os prazos do projeto e que tenha um grande número de itens para controlar.*

2.4.5 Recursos do construtor

Muitas vezes os equipamentos e outros recursos do construtor podem influenciar na escolha do sistema estrutural para uma obra. Se o construtor possui alguns equipamentos já amortizados, há uma tendência de utilizá-los para reduzir custos, assim como poderia utilizar sua mão de obra já treinada para a construção.

Os recursos do construtor podem ajudar a definir o sistema estrutural mas não devem inibir a utilização de novas tecnologias, com o risco de deixar a construtora pouco competitiva para alguns tipos de obra. Existe, portanto, o momento certo para testar o desempenho e investir em novos materiais e equipamentos.

Orientação para pontuação do item:

Peso da característica – *O maior peso quando o construtor possui algum equipamento ou mão de obra decisiva para a escolha do sistema estrutural; e o menor quando existe pouca influência dos recursos do construtor na escolha.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural que se adapta melhor aos equipamentos do construtor; e a menor nota para o sistema estrutural que não teria bom rendimento ou não se adapta aos equipamentos do construtor.*

2.4.6 Local da obra e acessos

É sempre muito importante conhecer bem o local da obra e seus acessos. As condições das estradas de acesso e as restrições ao trânsito, as distâncias a serem vencidas, os materiais disponíveis na região, as condições topográficas do terreno e seu entorno, a disponibilidade de energia para a obra e outras interferências, podem definir o sistema estrutural.

A simples falta de observação de uma linha aérea eletrificada na entrada de uma obra, por exemplo, pode exigir o desligamento temporário ou a remoção/deslocamento da linha, demandando em aumento de prazos e custos,

além de, em alguns casos, inviabilizar a entrada ou a operação de um determinado equipamento e vir a exigir outro bem mais caro.

Orientação para pontuação do item:

Peso da característica – *O maior peso para os locais distantes e de difícil acesso; e o menor peso para os locais próximos da base da construtora e sem problemas de acesso e de fornecimento dos materiais e energia.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural que melhor se ajusta as condições verificadas no local da obra; e o menor valor para o sistema que pode vir a ter sérios problemas no local da obra.*

2.4.7 Previsão de adaptações e ampliações

Identificar se uma obra tem ou não possibilidade de vir a necessitar em curto ou médio prazo de adaptações, ampliações e até de desmontagem, pode ser importante para a definição de um sistema estrutural que acompanhe essas modificações com poucos transtornos operacionais e menores custos a longo prazo.

Isto ocorre principalmente com as edificações industriais, onde são muito freqüentes as mudanças, tais como o aumento das cargas de projeto, retirada de elementos estruturais que passam a interferir com novos equipamentos e ainda modificações mais drásticas, como a colocação de um novo nível de piso.

Orientação para pontuação do item:

Peso da característica – *O maior peso para o item, quando existe a previsão real de modificações em uma obra; e o menor peso quando não existe nenhuma previsão de alterações para a obra.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural que melhor se adapta a modificações, garantindo menos transtornos e um menor custo para as mudanças; e o menor valor para o sistema que teria grandes dificuldades e ocasionaria muitos transtornos durante as modificações.*

2.4.8 Compatibilidade com sistemas complementares

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

Observa-se também que a industrialização da construção é um processo irreversível e aqueles que primeiro se adaptarem poderão obter as vantagens do pioneirismo.

Orientação para pontuação do item:

Peso da característica – *O maior peso para o item quando a obra utiliza componentes industrializados; e o menor peso quando todos os sistemas complementares são artesanais.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural que favorece a interface dos sistemas complementares industrializados pela precisão e modulação; e o menor valor para o sistema que não tem exigência de precisão dimensional e não favorece a modulação.*

2.4.9 Manutenção e reparos

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

estão cada vez mais conscientes da necessidade de manutenção e se preparando para fazer o monitoramento e a manutenção preventiva e corretiva das estruturas.

Tem sido constatado nos últimos anos que o concreto armado, embora sendo um material de construção muito versátil, não é eterno e exige cuidados no projeto, na execução e uma manutenção programada para que seja durável e atenda as necessidades de resistência durante a vida útil prevista para a obra. E a constatação de que as patologias em estruturas de concreto têm custos dos reparos sempre muito altos, principalmente devido a dificuldades de acesso, equilibrou os sistemas de construção do ponto de vista da manutenção e reparos.

Hoje, é fato conhecido que cada sistema tem suas características e seus cuidados específicos. A durabilidade das estruturas depende basicamente do cuidado com os detalhes no projeto, do nível de exposição da estrutura e de uma proteção adequada à agressividade do ambiente. Os problemas com as estruturas de aço são mais facilmente identificáveis e têm, normalmente, baixo custo de reparo.

Orientação para pontuação do item:

Peso da característica – *O maior peso para o item quando as condições de exposição da estrutura são mais críticas ou quando se necessita de uma vida útil maior; e o menor peso quando o ambiente não é agressivo e o monitoramento é mais fácil.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural que em função das condições de exposição e pela facilidade de inspeção atende as expectativas de vida útil com o menor custo de manutenção; e o menor valor para o sistema com a menor vida útil e/ou maior custo de manutenção.*

2.4.10 Vãos livres e altura da edificação

Projetos podem exigir grandes vãos livres e/ou grandes alturas e, portanto, conduzir para um sistema estrutural com componentes mais leves e mais resistentes. O sistema mais adequado deve vencer os grandes vãos e as grandes alturas ocupando o menor espaço estrutural e liberando áreas para a ocupação útil da edificação.

As vigas de aço, quando travadas lateralmente pelo sistema de lajes, trabalhando isoladamente ou como viga mista em conjunto com a própria laje (sistema muito eficiente que utiliza as melhores características do aço e do concreto), podem alcançar grandes vãos livres, sempre com as menores alturas finais. Observa-se que alguns tipos de lajes pré-fabricadas não permitem ou não podem contribuir adequadamente com as vigas de aço.

Orientação para pontuação do item:

Peso da característica – *O maior peso para o item quando a arquitetura exige grandes vãos livres e/ou grandes alturas livres; e o menor peso para os projetos com vãos pequenos e médios.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural que vence com mais facilidade os grandes vãos, ocupando o menor espaço estrutural; e o menor valor para o sistema que exige grandes dimensões de vigas e pilares.*

2.4.11 Proteção contra a corrosão

Todos os sistemas estruturais necessitam de proteção contra a corrosão para garantir um desempenho adequado durante a vida útil prevista para a obra. Esta proteção pode ser intrínseca do próprio material e/ou obtida através de revestimentos protetores, como a pintura e os revestimentos metálicos. É aceito também que

toda a proteção precisa de manutenção periódica que demanda eventuais interrupções para os usuários e envolve custos.

Portanto, um cuidado especial deve ser dado na escolha dos materiais e seus respectivos sistemas de proteção. Se os tipos de patologias conhecidas exigirem altos custos de reparos durante a vida da obra, deve-se analisar se um material que requeira uma proteção inicial maior pode representar uma escolha de menor custo a longo prazo, levando-se em conta os reflexos das interrupções necessárias e os custos de execução dos reparos.

Orientação para pontuação do item:

Peso da característica – *O maior peso para o item quando o material e as condições de exposição exigem proteção pesada; e o menor peso quando as condições de exposição não exigem proteção.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural com resistência intrínseca ou menor custo de proteção; e o menor valor para o sistema que exige alto custo de proteção.*

2.4.12 Proteção contra fogo

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

Orientação para pontuação do item:

Peso da característica – *O maior peso para o item quando o TRRF em função do tipo de utilização é muito alto; e o menor peso quando a estrutura está isenta de proteção contra fogo.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural que tem resistência intrínseca ou resistência baseada apenas no aumento do recobrimento natural; e a menor nota para o sistema que não necessita de revestimento de proteção adicional de difícil aplicação e/ou muito cara.*

2.4.13 Estética

A estética de uma obra é sempre importante, mas para alguns tipos de edificações ela pode ser um dos aspectos primordiais, como nos edifícios sede e alguns tipos de obras públicas.

A estética das estruturas de aço inspira normalmente uma característica de modernidade nas obras e por isto mesmo existe uma tendência de expor a estrutura como parte principal da arquitetura, com seus elementos retilíneos, inclinados, grandes vãos, balanços, etc.

Mas é importante lembrar que estrutura exposta é estrutura com maiores custos de proteção e manutenção. Portanto, deve-se dosar o nível de exposição ao mínimo necessário para garantir uma estética compatível com cada tipo de edificação. Na arquitetura do aço, quando se tira partido estético de elementos estruturais, tudo parece bem, mas se os elementos estéticos são apenas adereços, sem função estrutural, o resultado estético quase sempre não é bom.

Orientação para pontuação do item:

Peso da característica – *O maior peso para o item quando a estética comanda o par-*

tido arquitetônico; e o menor valor quando a estética não é relevante para o resultado da obra.

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural que atende as exigências estéticas da arquitetura com melhores resultados e menores custos; e o menor valor para o sistema que não atende ao partido arquitetônico ou só consegue com altos custos.*

2.4.14 Desperdício de materiais e mão de obra

Sabe-se que é muito grande o desperdício de materiais e de mão de obra na construção convencional artesanal e que a solução para reduzir este desperdício nas obras aponta para a racionalização da estrutura e o emprego de materiais pré-fabricados, conseguindo assim otimizar todo o processo de produção, fazendo um melhor aproveitamento dos materiais e serviços e reduzindo os índices de desperdícios a praticamente zero.

A construção em aço é industrializada por natureza, o que garante níveis mínimos de perdas. Entretanto a chave para uma obra sem desperdícios é o planejamento, otimizando cada material e suas interfaces, de forma a garantir o melhor resultado para o conjunto da obra.

Uma estrutura mais padronizada pode não ser a solução isolada mais econômica. Entretanto, se a padronização da estrutura ajuda a otimizar outros subsistemas, o resultado final pode ser muito compensador.

Orientação para pontuação do item:

Peso da característica – *O maior peso para o item quando se busca reduzir os desperdícios por razões econômicas e/ou de consciência ecológica.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural que consegue os mais baixos índices de desperdício.*

2.4.15 Segurança do trabalhador

As estruturas em aço, assim como toda construção industrializada, incorporaram nos últimos anos muitas das conquistas da indústria e talvez a mais importante seja a redução dos índices de acidentes nas obras pelos esforços de conscientização associados à utilização de equipamentos modernos de proteção individual.

Como o processo de construção das estruturas de aço é totalmente controlado, desde a fabricação até a montagem final, atinge-se para o trabalhador níveis de segurança semelhantes aos alcançados pela indústria, tanto para o ambiente de fábrica como para os canteiros de obra.

Orientação para pontuação do item:

Peso da característica – *O maior peso para o item quando se valoriza a segurança do trabalhador, mesmo com algum custo adicional.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural que dá a maior garantia de segurança para o trabalhador, comprovada através de observações e índices estatísticos.*

2.4.16 Custos financeiros

Conhecer os custos financeiros de qualquer empreendimento pode ser a chave de uma escolha. Por exemplo, os ganhos financeiros com a antecipação do cronograma de um edifício comercial podem ser de mesma grandeza que o custo das próprias estruturas. O que importa é constatar que, independentemente da estrutura ter custos mais altos, ela pode estar viabilizando o melhor resultado para o empreendimento. Outro custo financeiro que deve ser

levado em conta é o valor presente dos diversos sistemas estruturais, considerando os custos previstos de manutenção e reparos.

Cada empreendimento tem uma equação financeira a ser resolvida, e a análise da taxa de retorno poderá conduzir para um sistema estrutural mais rápido como as estruturas de aço.

Orientação para pontuação do item:

Peso da característica – *O maior peso quando se trata de um empreendimento onde os ganhos financeiros com a redução do prazo da obra podem ser contabilizados e avaliados junto com os custos de construção; e o menor peso quando não existe ganho financeiro ou este não pode ser avaliado corretamente.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural que consegue a maior redução no cronograma da obra, pela rapidez da própria estrutura e/ou pela possibilidade da execução paralela dos diversos subsistemas.*

2.4.17 Adequação ambiental

A construção em aço é o método de construção mais rápido e limpo. Racionalidade no uso dos materiais e baixo nível de desperdícios (a precisão é milimétrica) são características que favorecem o aço quanto ao impacto no meio ambiente.

Esgotada a vida útil da edificação, o aço pode retornar sob forma de sucata aos fornos das usinas siderúrgicas para ser re-processado, sem perda de qualidade. O aço é o material mais reciclável do mundo. Pode ser continuamente reciclado sem perda de qualidade.

Orientação para pontuação do item:

Peso da característica – *O maior peso para o item quando a adequação ambiental é considerada importante para o empreendedor ou para atender legislação ambiental.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural que melhor atende a legislação ambiental.*

2.4.18 Qualidade e durabilidade

Na comparação entre sistemas não devemos levar em conta apenas os custos relativos, mas também a qualidade e a durabilidade de cada um deles. A durabilidade das estruturas é a sua capacidade de manter ao longo do tempo um desempenho compatível com a utilização prevista e depende do projeto, da execução e do controle dos mecanismos de deterioração que podem gerar patologias a médio e longo prazo.

Nas estruturas de aço, como o aço é produzido em usinas com a qualidade garantida e a fabricação é quase totalmente executada em indústrias sob condições controladas, temos um número muito pequeno de variáveis a controlar (basicamente o tipo de aço e o sistema de proteção), fazendo com que as estimativas da durabilidade sejam muito mais fáceis e confiáveis do que para outros sistemas mais complexos e com um maior número de mecanismos de deterioração.

Sistemas mais caros e com melhor qualidade podem portanto apresentar algumas vantagens importantes, mesmo que a diferença só apareça a médio ou longo prazo.

Orientação para pontuação do item:

Peso da característica – *O maior peso para o item quando o ambiente é mais agressivo e a manutenção preventiva é de difícil execução, a qualidade é importante e aceita eventuais custos maiores; e o menor peso quando o ambiente é menos agressivo, a manutenção é fácil e somente os custos iniciais importam.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural que tem resistência intrínseca aos mecanismos de deterioração ou resistência baseada em um sistema de proteção garantido com um menor número de variáveis críticas para a qualidade ; e a menor nota para o sistema que não pode apresentar garantia efetiva de durabilidade.*

2.4.19 Desempenho

Os sistemas estruturais podem ter diferentes desempenhos em função dos requisitos específicos para cada obra. As estruturas de aço, por exemplo, tem comportamento constante, mas podem apresentar maiores deformações e são sempre mais elásticas para responder às ações dinâmicas. Já as estruturas de concreto podem apresentar mudanças de comportamento ao longo do tempo, são mais rígidas e por isso podem não responder bem quando submetidas às ações dinâmicas. O importante é dimensionar corretamente cada sistema, dentro dos limites das normas e observando as características de cada um. Em alguns casos o desempenho de um sistema em relação a algum requisito pode influenciar a escolha, como já acontece nas obras industriais e outras edificações.

Orientação para pontuação do item:

Peso da característica – *O maior peso para o item quando algum requisito de desempenho pode influenciar na escolha do sistema estrutural; e o menor peso quando qualquer sistema, desde que dimensionado corretamente pode atender a todas as exigências da obra.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural que melhor atende a requisitos de desempenho importantes; e o menor valor quando o sistema não consegue responder adequadamente ao desempenho previsto.*

2.4.20 Incômodos para áreas próximas

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

Orientação para pontuação do item:

Peso do item – *O maior peso para o item quando a obra está próxima de áreas residenciais, hospitais ou escolas; e o menor peso quando não existam edificações vizinhas sensíveis aos incômodos da obra.*

Nota do sistema – *O maior valor para o sistema estrutural que consegue incomodar menos as áreas próximas da obra.*

EXEMPLO:

Para demonstrar o método proposto, vamos simular a aplicação fase a fase em um edifício comercial de múltiplos andares.

Fase 1 – Levantamento das características relevantes para a obra.

Fase 2 – Classificação das características relevantes para a obra em função da sua importância para a obra. Foi estabelecido para cada característica um peso (entre 1 e 5) em função da sua importância para a obra.

Fase 3 – Identificação dos sistemas estruturais compatíveis com a obra, no exemplo:

- sistema A - aço
- sistema B – concreto

Fase 4 – Configuração dos sistemas estruturais para o melhor desempenho em função das características classificadas da obra (ver Cap. 3).

Fase 5 – Classificação dos sistemas estruturais para as características da obra. Foi estabelecido para cada característica uma nota (entre 1 e 10) em função do mérito do sistema para atender a cada característica, que pode ser baseada nas análises de custos e/ou simples comparativos.

Fase 6 – Cruzamento dos pesos das características com as notas de cada sistema através de uma média ponderada para cada sistema. A maior média indica o sistema mais adequado para a obra.

A planilha a seguir mostra as características e seus respectivos pesos, e para cada sistema estrutural analisado (A e B) as notas que identificam os méritos para as mesmas características.

A maior média ponderada apresentada na tabela, identifica com clareza que o sistema A deverá apresentar o melhor resultado para o conjunto da obra e portanto é o **sistema estrutural mais adequado**.

Planilha exemplo preenchida

Características da obra	Peso	Nota → mérito	
		Sistema A	Sistema B
Tipo de fundação	3	10	7
Tempo de construção	5	10	8
Tipo de ocupação	5	10	7
Disponibilidade e custo dos materiais	4	8	10
Recursos do construtor	2	7	9
Local da obra e acessos	4	9	7
Possibilidade de ampliações e adaptações	3	10	6
Compatibilidade c/ sistemas complementares	4	10	6
Manutenção e reparos	4	9	7
Vãos livres e altura da edificação	4	9	7
Proteção contra a corrosão	4	8	10
Proteção contra fogo	4	6	9
Estética	3	9	9
Desperdício de materiais e de mão de obra	5	10	6
Segurança do trabalhador	5	9	6
Custos financeiros	4	10	7
Adequação ambiental	5	9	8
Qualidade e durabilidade	5	9	8
Desempenho	5	8	8
Incômodos para as áreas próximas	4	9	6
Média ponderada = Σ (Peso x Nota) /Σ Peso →		**9,0**	**7,5**

Em casos de mais de dois sistemas em análise, médias muito próximas podem indicar que mais de um sistema estrutural pode atender bem as necessidades da obra.

Lembrando ainda que quanto mais cedo se identifica o sistema que será usado, mais tempo teremos para otimizar este sistema e assim obter um desempenho ainda melhor.

Capítulo 3

Como construir em aço

3.1 Introdução

No capítulo anterior vimos que um sistema estrutural precisa ser devidamente configurado para um melhor desempenho em uma obra e que um sistema bem configurado não é necessariamente o sistema de menor peso ou de menor custo.

Se um sistema estrutural não foi devidamente configurado para as características da obra, ele pode aparecer como não adequado para aquela obra.

A configuração de um sistema estrutural é o conjunto das escolhas feitas para cada uma das opções que formam o sistema (componentes, elementos e sub-sistemas). Observando que cada escolha pode ter influência positiva ou negativa para várias características da obra.

Quando a configuração de um sistema é feita para atender as características mais importantes de uma obra (previamente hierarquizadas) e uma característica forte do sistema coincide com uma necessidade muito importante para a obra, teremos potencializadas as suas vantagens e, é claro, o seu melhor desempenho.

Somente após a melhor configuração o sistema estará pronto para ser comparado com outros sistemas no processo de escolha do sistema mais adequado.

Neste capítulo vamos orientar para as configurações dos seguintes sistemas estruturais:

- **Sistema todo de aço** – quando a estrutura é totalmente de aço sem nenhuma interação com componentes de concreto.

- Sistema misto aço/concreto – quando a estrutura é parcialmente de aço ou quando elementos de aço interagem com elementos de concreto ou ainda quando existem elementos estruturais de concreto trabalhando de forma independente na mesma estrutura.

Entendemos que os profissionais que participam de um processo de escolha do sistema estrutural devem estar preparados para desenvolver as configurações para todos os sistemas estruturais que venham a ser examinados ou então envolvam um consultor que tenha experiência no sistema.

3.2 Configurando um sistema estrutural de aço

Um sistema estrutural todo de aço ou um sistema misto aço/concreto pode ser configurado pelas escolhas feitas para cada um dos seguintes itens:

1. Tipo de aço
2. Tipo de perfil
3. Modulação e vãos livres
4. Tipo de laje
5. Tipo de vedação
6. Estabilidade horizontal
7. Tipo de ligação
8. Vigas e pilares mistos
9. Tipo de proteção contra a corrosão
10. Tipo de proteção contra incêndio
11. Durabilidade
12. Esquema de transporte e montagem

3.2.1 Tipo de aço

Aços estruturais são todos os aços que devido à sua resistência mecânica, resistência à corrosão, dutilidade, soldabilidade e outras propriedades, são adequados para uso em elementos que suportam cargas.

Os aços estruturais podem ser resumidos em três grupos:

- aços com baixo teor de carbono;
- aços com baixo teor de carbono de alta resistência mecânica e baixa liga;
- aços com baixo teor de carbono de alta resistência mecânica e baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica.

Existem diversas normas nacionais e estrangeiras que especificam os aços usados no Brasil e as siderúrgicas criaram, para alguns aços, denominações comerciais próprias.

Aços com baixo teor de carbono

O aço pode ser classificado como baixo teor de carbono se:

- os teores máximos especificados dos elementos de liga não excedam o seguinte: manganês (1,65%), silício (0,60%), cobre (0,40%);
- não sejam especificados limites mínimos para outros elementos adicionados para obter-se o efeito desejado da liga.

O aço **ASTM A36** é o principal aço desse grupo, com limite de escoamento mínimo de 250 MPa.

Aços com baixo teor de carbono de alta resistência e baixa liga

Aços com baixo teor de carbono, alta resistência e baixa liga possuem limite de escoamento acima de 275 MPa e atingem a sua resistência durante o processo de laminação a quente, independentemente de tratamento térmico. Como esses aços oferecem maior resistência, com custo um pouco maior que os aços carbono, são bastante competitivos para diversas aplicações estruturais.

O aço **ASTM A572 G50** é o principal aço, desse grupo, com um limite de escoamento mínimo de 345 MPa.

Aços com baixo teor de carbono de alta resistência e baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica

A adição de alguns elementos de liga, como o cobre, o níquel e o cromo, reduzem o efeito da corrosão, quando os aços são expostos à atmosfera. A película de óxido formada, denominada “pátina”, se desenvolve de forma aderente, protegendo o aço e reduzindo a velocidade de ataque dos agentes corrosivos presentes no meio ambiente.

Os aços **NBR 5921** e **NBR 5008**, com limites de escoamento mínimo de 250, 300 e 350 MPa e o aço **ASTM A588**, com limite de escoamento mínimo de 350 MPa, todos conhecidos como “aços patináveis”, são os principais aços desse grupo.

Além da resistência e de outras propriedades, é importante observar a disponibilidade e o custo relativo dos aços.

Algumas informações importantes para a escolha do tipo de aço:

- O custo relativo pode variar em função do peso/m e da quantidade.

- Aços de alta resistência, mesmo de custo mais alto, pode significar elementos mais delgados, mais leves e mais econômicos.

- Quando o limite de deformação comanda o dimensionamento, não haverá ganhos em peso com aços de alta resistência.

3.2.2 Tipo de perfil

Os perfis estruturais consistem na forma como o aço se apresenta para uso estrutural. O desempenho de um perfil estrutural depende de muitos fatores, como a sua forma, a resistência do aço de que é produzido, o processo de fabricação, etc. Em vista disso, a escolha do perfil estrutural mais adequado deve passar por uma análise de diversas características do perfil.

Algumas das características dos perfis são:
- Homogeneidade estrutural
- Número de bitolas
- Bitolas sob medida
- Prazo de entrega
- Comprimento padrão e sob medida
- Acabamento superficial

Os principais tipos de perfis estruturais são:
- Perfis eletro-soldados
- Perfis formados à frio
- Perfis laminados de abas inclinadas
- Perfis laminados de abas paralelas
- Perfis soldados
- Perfis tubulares com costura
- Perfis tubulares sem costura

Algumas informações importantes para a escolha do tipo de perfil:

- Podemos utilizar vários tipos de perfis em uma obra, explorando as melhores características para cada componente da estrutura.
- Para perfis em aços diferentes do padrão prever um tempo maior para a aquisição.

3.2.3 Modulação e vãos livres

Os vãos livres devem ser determinados em função das necessidades do tipo de ocupação que se pretende para os pavimentos, mas alguns pequenos cuidados podem ajudar a estrutura, principalmente em relação ao melhor aproveitamento e menor volume de perdas.

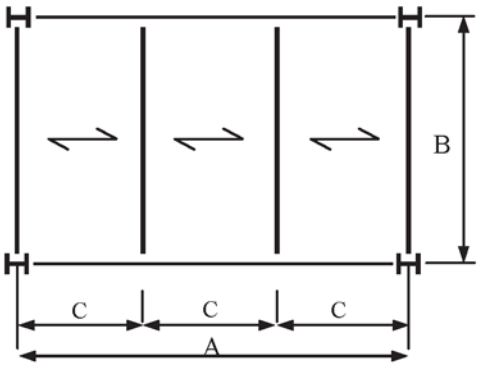


Figura 3.1

- Como os comprimentos padrão (de menor custo na usina e na rede de distribuição) para os perfis e chapas são normalmente de 6 e 12m, quando o projeto consegue que as vigas tenham dimensões iguais ao comprimento padrão ou seus múltiplos e sub-múltiplos (4, 8, 9, 15, 18m), teremos o melhor aproveitamento.

- A disposição do vigamento secundário depende normalmente das lajes e o vigamento principal do sistema estrutural do edifício.

- A altura do vigamento afeta a altura total da construção com implicações nas ligações e nos acabamentos.

- A passagem de dutos, principalmente os de ar condicionado, tem grande influência nesta dimensão.

- De uma maneira genérica pode se dizer que o vigamento do piso é tanto mais econômico quanto menor for o percurso da carga até a coluna.

3.2.4 Tipos de laje

A escolha do tipo de laje tem uma grande influência no desempenho de qualquer tipo de estrutura. A escolha é normalmente orientada por diversos fatores, tais como: a velocidade na

obra, o vão livre dos vigamentos secundários, os recursos da construtora, a necessidade de operações simultâneas para cumprir o cronograma, a existência de vigas mistas que exigem uma determinada espessura de concreto moldado no local, etc.

São os seguintes os tipos de lajes mais empregados no Brasil:

Laje moldada no local

Algumas características das lajes moldadas no local:

- Necessita de forma, que pode ter um reaproveitamento melhor dependendo da modulação da estrutura,
- Permite a utilização de vigas mistas com a participação da espessura total,
- Confecção mais demorada necessitando sempre de escoramento durante a concretagem, embora no caso de vigas metálicas o escoramento possa ser feito nas próprias vigas sem interferir no andamento da obra.

Figura 3.2 - Laje pré-moldada no local

Laje pré-moldada de vigotas e lajotas

Algumas características das lajes pré-moldadas de vigotas e lajotas:

- Não necessita de formas
- Bastante difundida em todos os estados
- Preços convidativos
- Não permite a utilização de vigas vistas
- Necessita quase sempre de escoramentos durante a concretagem.
- Necessidade na maioria dos casos de revestimento inferior.

Figura 3.3 - Laje pré-moldada de vigotas e lajotas

Laje pré-moldada treliçada com isopor

Algumas características das lajes pré-moldadas treliçadas com isopor:

- Não necessitam de forma
- Podem ser utilizadas na viga mista, descontada a espessura da placa da pré-laje.
- Dependendo da espessura e do vão a vencer, quase sempre necessitam de escoramento.

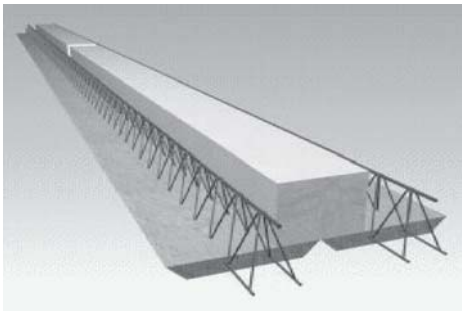


Figura 3.4 - Laje pré-moldada treliçada com isopor

Laje pré-moldada alveolar protendida

Algumas características das lajes pré-moldadas alveolares protendidas:

- As lajes pré-moldadas alveolares protendidas são lajes próprias para grandes vãos.
- Não necessitam de forma e escoramento.
- Normalmente não permitem a utilização de vigas mistas.

Figura 3.5 - Laje pré-moldada alveolar protendida

Laje mista (steel deck)

Algumas características das lajes mistas (steel deck):

- Não necessitam de forma
- Servem como plataforma de trabalho para a obra, funciona como armadura da laje (necessita apenas de uma armadura em tela soldada para controle da fissuração)
- Permitem utilizar vigas mistas
- Em muitos casos necessitam de um forro para completar o acabamento

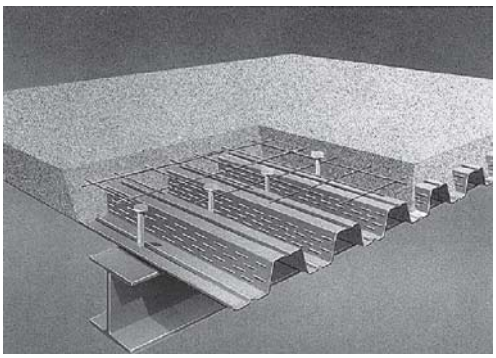


Figura 3.6 - Laje mista (steel deck)

- Em geral o vão livre máximo sem escoramento é em torno de 3,0m. Para vãos maiores há necessidade de apoio intermediário durante a concretagem e/ou maiores espessuras (consultar sempre o catálogo do fabricante).

3.2.5 Tipo de vedação

Vedações externas (fachadas)

As vedações externas são sempre muito importantes para a estética da edificação, durabilidade da estrutura, custo e facilidade de manutenções/reparos, velocidade da obra, etc.

Em alguns casos ainda são feitas de alvenaria, e as interfaces com a estrutura devem ser cuidadas para o melhor desempenho (ver **Manual do CBCA sobre Alvenarias**)

Em uma edificação para uso comercial, as fachadas são normalmente bem padronizadas e simples, facilitando a utilização de componentes pré-fabricados que podem apoiar diretamente nos pilares com a utilização de inserts metálicos (ver **Manual do CBCA sobre Painéis de Vedação**).

Figura 3.7 - Painel de concreto maciço

São os seguintes os tipos de vedação mais empregados no Brasil:

Painéis de concreto maciço

- Peso grande (180 a 400 kg/m^2)
- Acabamentos variados
- Grande durabilidade
- Excelente isolamento térmico e acústico
- Espessuras de 7,5 a 15 cm
- Comprimento máximo em torno de 6 m

Painéis de concreto sanduíche

- Peso médio (140 a 200 kg/m^2)
- Acabamentos variados

- Bom isolamento térmico e acústico
- Espessuras totais de 12 a 20 cm
- Comprimento máximo em torno de 11 m

Painéis de concreto alveolar

- Peso grande (220 a 350 kg/m^2)
- Acabamentos variados
- Bom isolamento térmico e acústico
- Espessuras totais de 15 a 26 cm
- Comprimento máximo em torno de 15 m

Painéis de GRC

- Peso baixo (120 kg/m^2)
- Acabamentos cores e texturas variadas
- Bom isolamento térmico e acústico
- Espessuras totais de 1,3 a 2,0 cm enrijecido
- Comprimento máximo em torno de 6 m
- Cuidados com o empenamento

Divisórias Internas (paredes)

Assim como as vedações externas, as paredes internas em muitos casos ainda são feitas de alvenaria mas um edifício de escritório exige poucas divisórias internas, devendo-se apenas prever possíveis paredes futuras não previstas na arquitetura. Deve-se observar a utilização de paredes tipo gesso acartonado (dry-wall), que além de rápidas e limpas, garantem um menor peso próprio, aliviando consideravelmente a carga nas vigas (ver **Manual do CBCA sobre Painéis de Vedação**)

3.2.6 Estabilidade horizontal

Para responder às cargas horizontais devidas aos ventos nas estruturas de aço, podemos empregar:

- Pórticos rígidos (com ligações rígidas, semelhantes as ligações monolíticas obtidas nas estruturas de concreto)

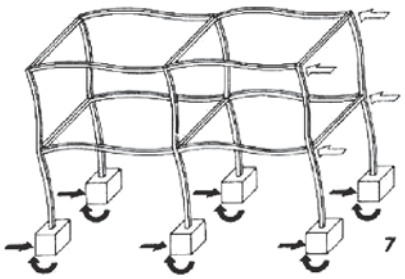


Figura 3.8

Contraventamentos verticais (elementos formando triângulos indeformáveis).

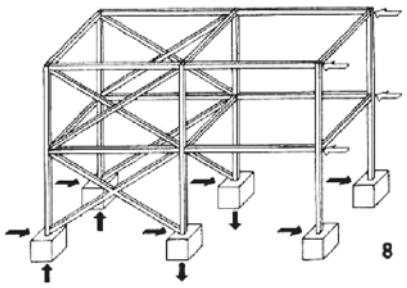


Figura 3.9

Os pórticos rígidos são mais deformáveis, respondem às solicitações através de esforços de flexão e pedem elementos mais robustos e ligações rígidas que são bem mais trabalhosas. Já os contraventamentos, quando podem ser empregados sem criar nenhum obstáculo à ocupação, possibilitam elementos mais delgados e ligações simples.

Desta forma, sempre que a ocupação e a arquitetura permitir, devemos privilegiar os contraventamentos, podendo também misturar os sistemas de estabilidade horizontal se for conveniente.

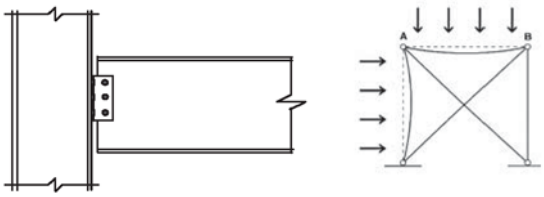
3.2.7 Tipos de ligação

Pelo exposto no item anterior, fica claro que as ligações simples (só de alma) são bem mais baratas, considerando os custos de fabricação e montagem. No caso de ligações rígidas (de abas e alma), dar preferência a ligações mistas com parafusos na alma e soldas nas abas, que além de permitir uma boa evolução da montagem, não cria interferências para as lajes.

Portanto, dependendo do tipo de ligação, podemos ter ligações flexíveis ou ligações rígidas.

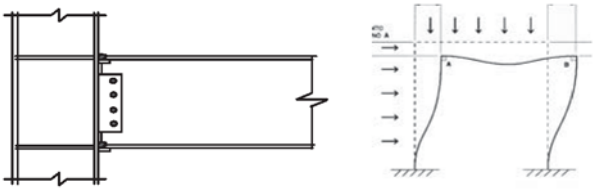
Nos sistemas contraventados (Indeslocáveis) as ligações são flexíveis, transmitindo apenas as solicitações de cortante.

As ligações flexíveis, com ligações apenas de alma, são de execução mais simples e consequentemente os custos de produção e montagem são bem mais baixos.



Nos sistemas em pórticos (deslocáveis) as ligações são rígidas, transmitindo solicitações de momento e cortante.

As ligações rígidas, com ligações nas abas e na alma, são de execução mais trabalhosa e com custos de produção e montagem mais altos.



3.2.8 Vigas e pilares mistos

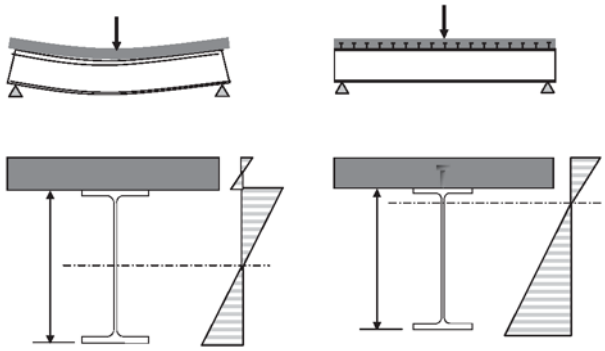
As soluções mistas, são sempre a melhor solução do ponto de vista estrutural, porque utilizam as melhores características de cada material.

Vigas Mistas

Entretanto, no caso das vigas, alguns outros aspectos devem ser observados, como: tipo de laje, custo dos conectores, interferências com outros elementos.

Quando se emprega um tipo de laje que oferece uma espessura razoável para a participação na seção composta, quando a logística de colocação dos conectores de cisalhamento é favorável e quando a grandeza do vão e espaço estrutural (altura viga + laje) conduzem o dimensionamento das vigas pelo limite de deformação, a utilização de vigas mistas traz enormes vantagens.

Portanto, como normalmente as vigas de aço suportam lajes de concreto e quando solidarizamos a viga com a laje através da colocação dos conectores de cisalhamento, temos a chamada viga mista com grande eficiência estrutural, e uma redução na massa da viga em até 30%.



Pilares Mistos

A solução com pilares mistos, embora reduza o ritmo da obra, pode ser muito econômica quando temos um pé direito muito grande.

A utilização de pilares mistos reduz também a necessidade de proteção contra incêndio.

O sistema pode propiciar uma redução de até 40% na massa dos pilares.

Os tipos de sessões transversais de pilares mistos previstos na norma brasileira estão apresentados na figura 3.10.

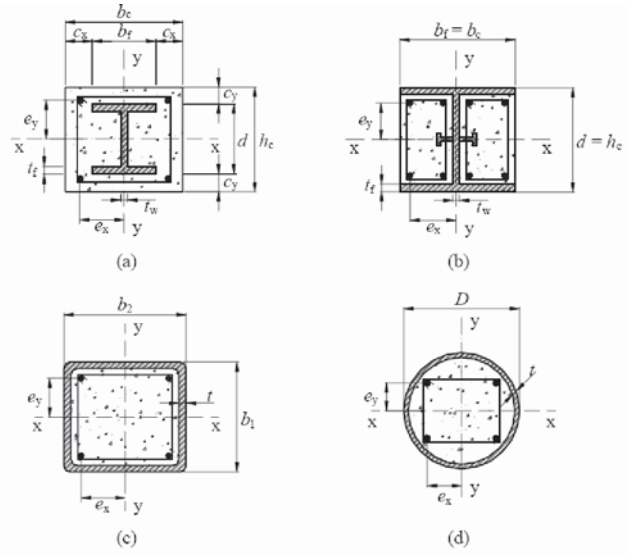


Figura 3.10 - Tipos de seções transversais de pilares mistos

3.2.9 Tipo de proteção contra a corrosão

A proteção contra a corrosão na realidade é um sistema composto de:

- limpeza de superfície;
- pintura de base que tem a necessária aderência na superfície do aço;
- pintura de acabamento que tem aderência na pintura de base, completa a espessura necessária para a proteção e dá a cor do acabamento final.

É sempre bom lembrar que uma boa proteção começa no projeto, evitando detalhes que possam criar empoçamento ou acúmulo de sujeira junto a estrutura.

Outro aspecto importante é que uma boa limpeza de superfície é melhor do uma boa tinta, porque se a base é boa, uma tinta de menor qualidade ou de menor espessura final vai exigir repinturas a intervalos de tempo menores, enquanto que uma limpeza mal feita não poderá mais ser refeita. O **Manual de Tratamento de Superfície e Pintura do CBCA** é uma boa referência para uma especificação correta de um sistema de pintura.

3.2.10 Tipo de proteção contra fogo

A proteção contra fogo é sempre um custo importante nas estruturas de aço, entretanto se bem coordenada com outros partidos adotados para o projeto e o uso de engenharia na minimização da quantidade de materiais utilizados na proteção, este custo pode ser consideravelmente reduzido. Assim, uma estrutura enclausurada pode empregar uma proteção em argamassa projetada (de menor custo) e não necessita de pintura anticorrosiva. Deste modo conseguiremos uma estrutura durável e com o menor custo de proteção contra a corrosão e o fogo (ver **Manual do CBCA sobre Resistência ao Fogo das Estruturas de Aço**)

Figura 3.11 - Proteção contra fogo

As normas estabelecem, para cada tipo de utilização, o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF).

Alguns elementos estruturais de aço podem necessitar de revestimentos protetores para completar a resistência necessária. Estes revestimentos podem ser argamassas projetadas, placas rígidas e tintas intumescentes ou ainda o aumento do seu recobrimento normal.

A tabela a seguir mostra as principais características dos sistemas de proteção:

Tipo de proteção	Base	Custo	Características
Argamassa Projetada	Gesso e fibras	baixo	Aplicação rápida Baixo custo Cobertura de detalhes complexos Não requer preparo superficial Aparência desagradável
Semi-rígidas ou rígidas	Lã de rocha	Médio/alto	Boa aparência Fixação à seco Espessura garantida Não requer preparo superficial Custo pode ser elevado Lento para fixação
Tinta intumescente		alto	Boa aparência Cobertura de detalhes complexos Não toma espaço ou adiciona peso Não competitivas para alto TRRF Custo elevado Pode ser aplicado no fabricante

3.2.11 Durabilidade

Na comparação entre sistemas não devemos levar em conta apenas os custos relativos, mas também a qualidade e a durabilidade de cada um deles. A durabilidade das estruturas é a sua capacidade de manter ao longo do tempo um desempenho compatível com a utilização prevista e depende do projeto, da execução e do controle dos mecanismos de deterioração que podem gerar patologias a médio e longo prazo.

Nas estruturas de aço, como o aço é produzido em usinas com a qualidade garantida e a fabricação é quase totalmente executada em indústrias sob condições controladas, temos um número muito pequeno de variáveis a controlar (basicamente o tipo de aço e o sistema de proteção) fazendo com que as estimativas da durabilidade sejam muito mais fáceis e confiáveis do que para outros sistemas mais complexos e com um maior número de mecanismos de deterioração.

Sistemas mais caros e melhor qualidade podem portanto apresentar algumas vantagens importantes, mesmo que a diferença só apareça a médio ou longo prazo.

3.2.12 Esquema de transporte e montagem

As estruturas de aço são de montagem rápida e de 3 em 3 pavimentos em cada lance (considerando colunas de 12 m).

Em cada caso, é fundamental um estudo, ou estudos, até se encontrar a melhor solução para a seqüência da obra (estruturas sendo fabricadas enquanto as fundações são executadas), de forma a propiciar um cronograma onde as etapas se superponham ao máximo, podendo reduzir o prazo da obra e consequentemente os custos do canteiro.

O **Manual de Transporte e Montagem do CBCA** é uma boa referência para uma análise das boas técnicas de transporte e montagem.

3.3 Resultado final da configuração

O objetivo final da configuração de um sistema estrutural para uma obra é ter um sistema que participe da melhor forma quando comparado com outros sistemas.

Portanto:

- Com a análise correta de todos os aspectos relevantes para o conjunto da obra.

- Com a visão completa de todas as etapas de produção das estruturas.

- Com a utilização no projeto de todos os partidos que ajudam ao melhor desempenho dos aspectos relevantes da obra e da própria estrutura.

- Com um tempo de maturação apropriado para todos os projetos e suas interfaces.

Capítulo 4

Viabilidade econômica do empreendimento

4.1 Introdução

No capítulo 1 já vimos que um dos paradigmas relacionados com as estruturas de aço diz respeito ao seu custo, muitas vezes considerado caro em relação a outros sistemas estruturais.

Esta percepção, muitas vezes equivocada, está relacionada ao fato de, na maioria das vezes, se verificar apenas o custo específico das estruturas metálicas, ou seja, o seu **Custo Direto (CD)**, não se levando em consideração, conforme citado no Capítulo 1, as vantagens em relação às **Despesas Indiretas (DI)** decorrentes da utilização de estruturas industrializadas tais como as estruturas em aço.

Em linhas gerais, neste Capítulo serão apresentados conceitos relacionados à Viabilidade Econômica do Empreendimento, fundamentada nos seguintes componentes: **Formação do Custo em uma Obra**, **Estudo de Massa** e **Estudo da Viabilidade Econômica**.

4.2 Formação do custo em uma obra

O **Custo Total (CT)** de uma obra é representado pela soma entre os **Custos Diretos (CD)** e as **Despesas Indiretas (DI)** do empreendimento **(CT=CD + D)**. Ao se associar o resultado esperado **(B)** às **Despesas Indiretas (DI)**, determina-se o seu **Preço de Venda (PV)**, ou seja, **PV = CD + BDI**.

É importante ressaltar que, para a determinação do **PV** a ser adotado em um empreendimento, além dos componentes de formação de custos citados, não se pode deixar de considerar o **Preço de Mercado** no local do empreendimento, representado pelo valor máximo por m² de **Área Privativa de Construção** que se consegue comercializar a unidade autônoma na região do empreendimento. Por **Área Privativa de Construção**, entenda-se a área interna à unidade autônima que está sendo comercializada.

A seguir, serão detalhados estes diversos componentes da formação do custo de uma obra.

4.2.1 Custos diretos

Os **Custos Diretos** de um empreendimento ou obra podem ser definidos como a soma de todos os **Insumos** que a ele se incorporam, de maneira proporcional à quantidade de serviço realizadas.

Eles representam, portanto, os custos do **Materiais**, da **Mão de Obra** e dos **Equipamentos** utilizados:

CUSTO DIRETO: MATERIAIS + MÃO DE OBRA + EQUIPAMENTOS

Os ditos **Insumos** são, portanto, os **Materiais**, a **Mão de Obra** e os **Equipamentos** utilizados e diz-se que eles são proporcionais às quantidades de serviços realizadas porque, ao se aumentar a quantidade de um determinado serviço (por exemplo, a execução de 1 m³ de concreto), aumenta-se, proporcionalmente, as quantidades do **Insumos** utilizados, quer sejam os **Materiais** (cimento, areia, brita), a **Mão de Obra** necessária para execução do concreto, (Hh de oficiais e ajudantes para confecção do concreto) e os **Equipamentos**, representados pelo custo horário da betoneira.

A definição dos custo unitários de cada um destes insumos fundamentais (**Materiais, Mão de Obra e Equipamentos**) proporcionará a elaboração da **CPU – Composição de Preços Unitários**, onde são indicadas, para a unidade da atividade a ser executada (por exemplo, execução de 1m³ de concreto), a quantidade de cada insumo, seja ele relacionado aos **Materiais** (quantidade de cimento, brita e areia, acrescidas das respectivas perdas, para a elaboração de 1 m³ do concreto), à **Mão de Obra** (representada pela produtividade de execução de cada item, por exemplo, quantos Hh de serven-

te são necessários para a elaboração do 1m³ do concreto) e aos **Equipamentos** (representada, por exemplo, por quantas horas de utilização de betoneira serão necessárias para a confecção de 1m³ de concreto). A definição destes custos será detalhada nos itens seguintes sendo apresentada, sob a forma de tabelas.

4.2.1.1 Custo dos materiais

Os custos dos materiais são obtidos a partir das quantidades e das especificações dos materiais utilizados, acrescidos dos encargos inerentes a cada um, tais como os impostos e taxas específicos para determinados materiais, tais como o IPI, as perdas por manuseio, os fretes, despesas de armazenamento, etc. Com exceção das perdas por manuseio, todos os demais encargos relacionado são de fácil determinação.

Já as perdas são inerentes a cada tipo de material e são relacionadas a sua forma e às dimensões comerciais adotadas pelas indústrias. A seguir é apresentado um quadro com sugestões de perdas médias a serem acrescidas aos cálculos teóricos de gastos de alguns itens de uma obra, para fins de orçamentação dos materiais empregados.

GRUPO	DEFINIÇÃO	MATERIAL	% PERDA
I	MATERIAIS SEM FORMA DEFINIDA	AREIA	5% a 20%
		BRITA	5% a 10%
		CIMENTO	5%
		CONCRETO	
II	ELEMENTOS DE SEÇÃO DEFINIDA E COMPRIMENTO VARIÁVEL	CONDUTORES ELÉTRICOS	10%
		TUBOS PVC	
		PERFIS	
		VERGALHÕES DE AÇO	
III	MATERIAIS COM FORMA E DIMENSÕES DETERMINADAS	TIJOLOS	2% a 3%
		BLOCOS	
		TELHAS	10%
		CERÂMICAS	

Após a determinação dos quantitativos de cada material, acrescidos das respectivas perdas, procede-se à **Coleta de Preços**, para determinação dos **Custos Unitários** de cada item, valor este que será inserido na respectiva CPU.

4.2.1.2 Custo da mão de obra

O custo da mão de obra para execução de uma determinada atividade em uma obra está relacionado a dois componentes: à **produtividade** de execução de uma atividade e ao **custo** específico para a realização de cada atividade.

A **produtividade** da mão de obra pode ser definida como a quantidade de mão de obra (Homens-hora) gasta para se executar uma unidade de serviço, sendo largamente difundida pela literatura técnica especializada em orçamento, como índice na elaboração da unidade de cada atividade.

O **custo** mão de obra é representado pelo valor do salário de cada tipo de profissional que executa a mão de obra direta do empreendimento (Oficial, Ajudante, etc.) e é representado pelo seu **valor horário + encargos.** O **valor horário** da mão de obra relaciona-se com o salário-hora efetivamente pago aos trabalhadores, valor este que deve ser acrescido dos **encargos** que podem ser representados por valores percentuais do salário-hora pago, que em média podem ser adotados como na tabela abaixo, variável de acordo com a realidade e a localização de cada empresa:

ENCARGOS			
ITEM	BÁSICOS	SOCIAIS COM INCIDÊNCIA DOS BÁSICOS	SOCIAIS SEM INCIDÊNCIA DOS BÁSICOS
1	INSS 20,0%	Repouso Remunerado 43,70%	Indenização (Rescisão s/ Justa Causa) : 3,0%
2	SESI 1,5%	Férias 15,60 %	Aviso Prévio Indenizado : 11,0%
3	SENAI 1,0%	Auxílio Enfermidade 2,00%	
4	SEBRAE 0,6%	Acidente de Trabalho 1,80%	
5	INCRA 0,2%	Descanso Paternidade 0,10 %	
6	Salário Educação 2,5%	13º Salário 16,80%	
7	Seg.Acid.Trabalho 3,0%		
8	FGTS 8,5%		
9	SECONCI 1,0%		
SUB-TOTAL	38,3 %	80,0 %	14,0 %
TOTAL	132,3 %		

Estes % foram definidos segundo as seguintes premissas:

- Jornada de trabalho de 44 h semanais
- Rotatividade do pessoal (turn-over) : 10% ao mês;
- Feriados no ano: 12
- Depósito do FGTS por despedida formado mês a mês;
- Férias gozadas;
- Aviso Prévio indenizado;
- Não considerados: horas-extras, adicional noturno, vale transporte, cesta básica.

Os **ENCARGOS BÁSICOS**, são aqueles efetivamente recolhidos todo mês pelas empresas, representados pelos percentuais indicados em relação à Folha de Pagamento. Já os ditos **ENCARGOS SOCIAIS COM INCIDÊNCIA DOS BÁSICOS** têm uma conceituação mais estatística sendo, de uma certa forma, representativos de um enfoque que relaciona os **dias pagos** com os **dias efetivamente trabalhados**.

Exemplificando, temos:

DIAS PAGOS NO ANO : 365 dias do ano + Férias (30 dias, considerando a contratação de um profissional substituto) + 1/3 Férias (10 dias) + 13º salário (30 dias) = **435 dias**.

DIAS NÃO TRABALHADOS : Férias (30 dias) + Repouso Semanal Remunerado (48 dias =52 domingos no ano – 4 domingos nas férias) + Feriados (11,5 dias) + Auxílio Enfermidade (1 dia) + Acidente de Trabalho (1 dia) + Licença Paternidade (0,5 dias, na média geral dos homens) = **92 dias**.

DIAS TRABALHADOS = 365 dias do ano – 92 dias não trabalhados = **273 dias**.

ENCARGOS = **DIAS PAGOS (435)** / **DIAS TRABALHADOS (273)** = **1,59 (59%)**

Como sobre estes encargos incidem os ENCARGOS BÁSICOS (38,3%), eles podem ser considerados como aproximadamente 80 % em relação à Folha de Pagamento.

Os valores da Mão de Obra, acrescidos dos citados encargos são, portanto, inseridos nas CPU's (Composições de Preços Unitários) de cada atividade orçada.

4.2.1.3 Custo dos equipamentos

Na determinação dos custos a serem imputados aos equipamentos é usual se definir como custo horário a soma do custo de propriedade com o custo de operação, ou seja:

CUSTO HORÁRIO = CUSTO DE PROPRIEDADE + CUSTO DE OPERAÇÃO

Onde:

Custo de Propriedade : Depreciação + Juros

Ou seja, é o valor horário que reembolsa ao proprietário o quanto lhe custa ser dono daquele equipamento, valor este representado por:
Depreciação: diminuição do valor do equipamento no decorrer da sua vida útil. Geralmente se calcula a depreciação considerando uma vida útil de 10.000 horas, equivalentes a 2000 horas trabalhadas durante 5 anos e se define um valor residual para o equipamento, que representa por quanto se venderá tal equipamento no final da sua vida útil. Este valor oscila entre 10% e 20% do seu custo de aquisição e a parcela da depreciação é calculada a partir da divisão entre (Valor de aquisição – valor residual) / Vida útil = 10.000 h.

Juros: esta parcela representa o quanto o equipamento deverá proporcionar por hora ao seu proprietário para compensar o fato dele ter comprado o equipamento ao invés de aplicar o valor no mercado financeiro.

Já o **Custo de operação** é representado pelos custos horários do operador (salário + encargos), do consumo de combustíveis / energia elétrica, lubrificantes, filtros, pneus e manutenção.

Para completar o custo de um equipamento, também devem ser considerados os custos da sua hora parada e da sua mobilização, definidos como:

Hora parada: Custo de Propriedade + Mão de Obra de Operação.

Mobilização: Custo do deslocamento do equipamento e sua instalação no canteiro de obras.

4.2.2 Relação Tempo x Custo

Conforme já citado, um dos grandes diferenciais das estruturas em aço diz respeito ao seu tempo de execução para uma finalização mais rápida que pode ser representada por dois tipos de fatores:

- recuperação do capital investido em menor tempo, por geração de receita (caso típico de Edifícios Comerciais, como Hotéis e Shoppings Centers) e das Unidades Industriais, pela antecipação do início do seu funcionamento;

- postergação do desembolso na obra, possível se obter ao se adiar o início de construção de uma obra vendida para entrega futura, o que possibilita melhora no Fluxo de Caixa do empreendimento.

Para melhor entendimento de como é fundamental a relação Tempo X Custo para a viabilidade econômica de um empreendimento em aço, é importante estabelecer-se alguns conceitos a respeito do tema.

Todo processo de produção possui custos fixos e custos variáveis. Os custos variáveis são função da produção, ou seja, em uma obra, caso se produza mais em um mês, gastam-se os insumos proporcionalmente a esta produção mensal aumentada. Já os custos fixos, representados, por exemplo, pelos custos de manutenção do canteiro de obra, são independentes da quantidade produzida, ou seja, do volume adicional de produção na obra executado naquele mês. Mas existe, também, uma correlação entre estes dois conceitos, que não pode ser deixada de lado: caso sejam utilizadas muitas horas extras para se adiantar uma obra, estendendo o horário de trabalho, o custo variável da mão de obra aumentará, não só pelo gasto em si de horas de trabalho, como pela incidência maior de encargos trabalhistas sobre estas horas extras. Em compensação, se deste fato decorrer uma diminuição no tempo da obra, os custos fixos diminuirão proporcionalmente.

A conjunção entre os custos fixos e os custos variáveis leva a se obter, para cada tipo de

empreendimento, um **ponto de equilíbrio** entre ao aumento dos custos variáveis em função da aceleração da obra e a diminuição dos custos fixos, em função da redução do tempo obtida por esta redução no prazo de execução.

Este **ponto de equilíbrio**, inerente a cada tipo de empreendimento e solução estrutural, define o tempo de custo mínimo para cada obra.

É neste aspecto que as obras em estruturas metálicas fazem a diferença pois como são de execução mais rápida, permitem a redução do tempo da obra sem onerar os custos variáveis comuns entre os diversos sistemas estruturais.

Quando se introduz o fator **tempo** na viabilidade econômica do empreendimento, a análise de custos começa fica interessante para o aço pois, mesmo a um custo de aquisição superior, a economia gerada pela diminuição das despesas fixas, representadas, por exemplo, pelas **Despesas Indiretas** pode gerar uma diminuição tal no custo total do empreendimento, que a obra torna-se mais econômica em aço. No Capítulo 6, onde os conceitos aqui apresentados são analisados considerando os aspectos inerentes às obras em aço, estes aspectos ficam bem claros.

4.2.3 Despesas Indiretas

Diferentemente dos **Custos Diretos**, que representam despesas proporcionais às quantidades de serviços realizadas, as **Despesas Indiretas** independem diretamente do volume de atividades realizadas, sendo muito mais relacionadas com o tempo da obra do que com os quantitativos de serviços realizados.

Exemplificando: em relação aos **Custos Diretos**, tanto faz, tanto em termos financeiros, quanto em relação ao volume de serviços realizados, se for utilizada uma equipe de 4 pedreiros e 2 ajudantes trabalhando por dois meses ou uma equipe de 2 pedreiros e 1 ajudante trabalhando por quatro meses, se considerarmos que o salário e a produtividade das equipes são equivalente, ou seja, os **Custos Diretos** das duas opções serão iguais, independentemente do tempo da obra ser 2 ou 4 meses. Mas, ao se introduzir o fator **Despesas Indiretas**, representado pelo encarregado da obra, responsável pela supervisão dos trabalhos, estaremos nos deparando com gastos dobrados, no caso da obra em quatro meses, em relação à obra feita em dois meses.

Como elementos formadores das Despesas Indiretas, podemos citar:

4.2.3.1 Mobilização da Obra :
a) Mobilização dos Equipamentos
b) Mobilização do Pessoal

4.2.3.2 Administração Local :
a) Instalações físicas do canteiro de obras
- Escritório;
- Almoxarifado / Áreas de estocagem;
- Instalações elétricas, telefônicas, dados, hidro-sanitárias
- Unidades produtivas de concretos, pré-moldados, britagem, extração de areia, usinas de asfalto, etc.

b) Mão de obra condutiva (administrativa)
- Engenheiro(s)
- Funcionários Administrativos
- Mestre de Obras / Encarregado Geral
- Encarregados de setores (forma, armação, alvenaria, acabamento, etc.)
- Almoxarife, mecânico, vigia, etc.

c) Despesas de manutenção do escritório da obra
- Energia elétrica, telefone, água, etc.
- Material de escritório
- Alimentação, uniforme e EPI's dos empregados
- Segurança do Trabalho
- Viagens e estadias

- Veículos
- Equipamentos e pequenas ferramentas em geral (aquisição e/ou aluguel)
- Legalizações, despesas contratuais, seguros, etc.

4.2.3.3 Administração Central

Representa as despesas relativas à manutenção do escritório central da empresa, ou seja:

- Honorários da Diretoria
- Pessoal administrativo
- Aluguéis, impostos e taxas de funcionamento
- Etc.

As empresas, em geral, destinam um percentual da ordem de 8% de cada contrato para estas despesas.

4.2.3.4 Despesas Financeiras

a)Capital de giro
- Prazo de pagamento
- Atraso de pagamento
- Cauções (retenções)
- Inflação

b) Despesas Comerciais
-Propostas
- Divulgações e publicidade
- Corretores e comissões

Ao contrário dos Custos Diretos, que são de definição simples, pois estão relacionados diretamente ao levantamento de quantitativos e coleta dos preços de cada material, as Despesas Indiretas são de quantificação menos exata, sendo seus percentuais de incidência em relação aos Custos Diretos inerentes às características de cada obra, variando de acordo com a estrutura organizacional de cada empresa. A definição exata deles passa por uma orçamentação de cada item, relacionando, inclusive, a estrutura organizacional de cada empresa com as obras em andamento. Porém para efeito didático, para um cálculo rápido, pode-se estimá-los, com base na média das empresas em geral, que pode ser resumida nos seguintes % em relação aos **Custos Diretos (CD)**:

Despesas Indiretas (DI)	**% CD**
Administração Central	5 a 10
Administração Local	5 a 15
Comercialização	5 a 15
Capital de Giro	2 a 5
Encargos Financeiros	até 15

A industrialização do processo de produção e a rapidez na sua execução da obra tem fundamental participação nas Despesa Indiretas e, consequentemente, na formação do preço, viabilizando obras em aço que, mesmo a um custo de aquisição maior que outros sistemas estruturais, tornam-se economicamente viáveis face à diminuição do tempo de obra, em decorrência de aspectos tais como:

- Diminuição das Despesas Indiretas relacionadas à mão de obra condutiva (engenheiro, encarregado, almoxarife, vigia, etc.) face ao tempo menor de obra;
- Redução das despesas fixas de manutenção do canteiro de obra, tais como água, energia elétrica, telefone, etc.;
- Adiamento na geração de receitas relativas ao empreendimento pronto em caso de hotéis, hospitais, shoppings centers, etc.;
- Postergação no desembolso de obras comercializadas para entrega futura, fato muito usual no mercado de habitações econômicas, possibilitando adiar o início da obra, mantendo o prazo de entrega face ao tempo menor necessário para a sua execução propriamente dita.

4.2.4 Formação do Preço de Venda / Definição do BDI

Considerando que o termo BDI se origina do da conjunção de dois fatores, **B** + **DI**

B –Bonificação: % a ser aplicado sobre o valor final do contrato a título de resultado projetado ou lucro bruto esperado, usualmente adotado entre 5% e 10%.

DI – Despesas Indiretas, constituídas pelos componentes listados no item anterior,

se considerarmos uma obra hipotética, onde os Custos Diretos foram orçados em R$100.000,00 e as Despesas Indiretas em R$20.000,00, teremos a seguinte formação do preço:

CUSTO DIRETO	R$ 100.000,00
DESPESAS INDIRETAS	R$ 20.000,00
CUSTO TOTAL	**R$ 120.000,00**

Considerando uma margem de lucro de 5% em relação ao custo total = R$ 6.000,00

CUSTO DIRETO	R$ 100.000,00
DESPESAS INDIRETAS	R$ 20.000,00
MARGEM (LUCRO)	R$ 6.000,00
PREÇO	**R$ 126.000,00**

Sendo o BDI a soma = DESPESAS INDIRETAS + LUCRO, teremos BDI = R$ 26.000,00.

A relação entre o BDI e os Custos Diretos define o denominado **multiplicador k**

K = BDI / CUSTO DIRETO
= R$ 26.000,00 / R$ 100.000,00 = 0,26

Ou seja, **1+K** representa o fator pelo qual se multiplica os **Custos Diretos** para se definir o **Preço de Venda**.

4.2.5 Orçamento Sumário

Baseado no CUB (Custo Unitário Básico) calculado todo mês pelos Sindicatos estaduais da Construção Civil, segundo os pressupostos da norma NBR 12.721:2006 , pode-se elaborar um orçamento de maneira mais rápida, utilizando os valores de custo/m² aferidos mensalmente por região do pais e estratificados segundo o tipo de utilização e o tipo de acabamento de cada empreendimento. O CUB tem uma outra importante utilidade no que diz respeito ao reajuste dos custos das obras, pois ele retrata bem a variação mês a mês dos custos dos diversos insumos.

4.3 Estudo de Massa

Paralelamente à definição do **Custo Unitário de Construção (R$/m²)**, procede-se o **Estudo de Massa** do empreendimento, onde se define:

- **Tipologia adotada**: tipos de unidades autônomas distintas a serem utilizadas no empreendimento;

- **Área Real**: Área total construída, a partir da qual se calcula o Custo Total de Construção.

- **Área Privativa da Unidade Autônoma**: Área "de venda" de cada unidade, ou seja, área pela qual se multiplica o Valor de Venda/m² para se obter o Valor de Venda de cada unidade.

- **Área Equivalente de Construção**: Área virtual, representada pela área de construção multiplicada por um fatos de majoração / minoração, quando o valor do custo/m² de construção no local for diferente do custo adotado como referência. A Norma NBR 12.721:2006 sugere a adoção dos seguintes fatores médios: Garagem: 0,5 a 0,75 / Área privativa:1,00 / Estacionamento sobre terreno:0,05 a 0,10 / Barrilete: 0,50 a 0,75 / Caixa d'água : 0,50 a 0,75, dentre outros.

- **Área Líquida**: Área de construção adotada para efeito de aprovação do Projeto Arquitetônico, representada pela área bruta total, subtraídas as áreas a descontar.

- **Coeficiente de Aproveitamento Real**: relação entre a Área Líquida e a Área do Terreno, que deve ser d" Coeficiente de Aproveitamento Legal.

4.4 Estudo da Viabilidade Econômica

Para se verificar a Viabilidade Econômica de um Empreendimento, são necessárias as seguintes informações:

4.4.1 Investimento: Soma dos seguintes componentes de custo:

4.4.4.1 Custo do terreno, preferencialmente, divido pelo número de unidades determinado pelo Estudo de Massa, definindo o custo da Fração Ideal por Unidade Autônoma.

4.4.1.2 Custo da construção, representado pelo Custo/m² de construção orçado, multiplicado pela Área Equivalente do empreendimento.

4.4.2 Despesas diversas

4.4.2.1 Impostos: em média, representam aproximadamente 9% dos Custos Totais, assim distribuídos:

- Imposto de Renda: 2,00%;
- CSSL: 1,08%;
- PIS: 0,65%;
- COFINS: 3,00%;
- ISS: 2,00%.

4.4.2.2 Corretagem: até 5% do VGV – Valor Geral de Venda.

4.4.2.3 Publicidade: média de 6% do VGV.

4.4.3 VGV – Valor geral de venda: resultado do Valor de Venda/m² aplicado em relação à Área Privativa Total.

4.4.4 Receita líquida = Resultado da Operação (VGV) – (Despesas Diversas).

4.4.5 Resultado = Resultado da Operação (Receita Líquida) – Investimento.

4.4.6 Fluxo de caixa

Além de gerar lucro, um grande desafio em todos os empreendimentos diz respeito à sua administração financeira no decorrer da obra, que deve, na medida do possível, manter um Fluxo de Caixa compatível com as possibilidades e reservas financeiras da empresa.

Uma situação ideal seria aquela na qual se conseguisse manter o Fluxo de Caixa sempre positivo durante o empreendimento.

Em algumas obras, principalmente executadas em aço, isso é possível, face à possibilidade de se postergar o seu início, mantendo a mesma data de entrega. Isso ocorre devido à velocidade das construções em aço, que permitem executá-la em um tempo consideravelmente menor que em outro sistemas construtivos.

Com isso, sendo o empreendimento comercializado na planta, consegue-se obter mais recursos dos próprios compradores, sem realizar gastos, durante um período maior de tempo.

4.5 Viabilidade econômica do empreendimento

O adequado arranjo entre estes conceitos nos permite, de maneira rápida e sucinta, verificar a Viabilidade Econômica de qualquer empreendimento, em particular aqueles em estrutura metálica, objeto do estudo deste manual. Para facilitar esta verificação, foi desenvolvida

uma planilha, que é apresentada no Capítulo 5, que permite comparar o resultado entre obras estudadas em aço, comparativamente com obras em concreto armado, considerando as particularidades entre os sistemas construtivos e considerando os pontos fortes de cada um.

A planilha que foi utilizada nos dois **Estudos de Caso** apresentados no Capítulo 6, foi desenvolvida segundo os seguintes preceitos:

NEGÓCIO = VGV

RESULTADO = (VGV) – (CUSTO TOTAL) + (RECEITAS DECORRENTES DO SISTEMA CONSTRUTIVO)

CUSTO TOTAL = INVESTIMENTO + CUSTOS DIVERSOS

INVESTIMENTO = CUSTO DO TERRENO + CUSTO DIRETO DA OBRA (CD)

CUSTO DO TERRENO = PODE SER UMA VALOR ABSOLUTO OU UM % DO VGV (PERMUTA)

CUSTO DIRETO DA OBRA = CERCA DE 60% DOS CUSTOS TOTAIS DO EMPREENDIMENTO, FORA O CUSTO DO TERRENO. PODE REPRESENTADOS, POR EXEMPLO, PELO VALOR DEFINIDO PELO CUB. ESTE % PODE SER ALTERADO DE ACORDO COM A REALIDADE DE CADA EMPRESA.

CUSTOS DIVERSOS = OS DEMAIS 40% QUE COMPLETAM OS 100% DOS CUSTOS DA OBRA (OU OUTRO %, SE A EMPRESA ALTERAR O % DOS CUSTOS DIRETOS, DIZEM RESPEITO A:
- Projetos
- Fundações
- Despesas Indiretas (MOI - Mão de Obra Indireta + Equipamentos + Consumos Permanentes)
- Corretagem
- Publicidade
- Impostos sobre as vendas

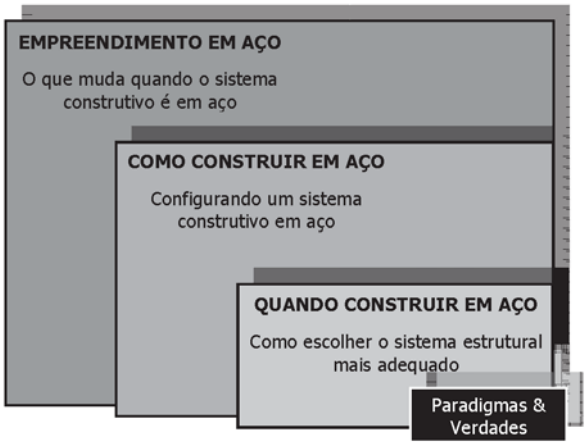
RECEITAS DECORRENTES DO SISTEMA CONSTRUTIVO = REPRESENTA OS GANHOS PROPORCIONADOS POR UMA OBRA EM AÇO, QUANDO SE CONSIDERA OS RESULTADOS PROVENIENTES DOS SEGUINTES FATORES :

-Fundações mais leves;
-Diminuição das Despesas Indiretas;
-Ganho de capital por postergação de desembolso na obra decorrente de início mais tarde em função do menor tempo de construção para cumprir um mesmo prazo de entrega;
-Receita de aluguel e obras comerciais (salas, hotéis, etc) pelo menor prazo de construção.

Capítulo 5

Análise do empreendimento em aço - Planilhas interativas

À partir dos paradigmas e verdades e baseado nos conceitos desenvolvidos nos capítulos 2- Quando construir em aço, 3- Como construir em aço e 4- Viabilidade econômica do empreendimento, foram elaboradas planilhas interativas que ajudam a fazer as escolhas, as configurações e as análises para um empreendimento empregando estruturas de aço e que fazem parte deste manual, disponibilizadas em CD anexo.

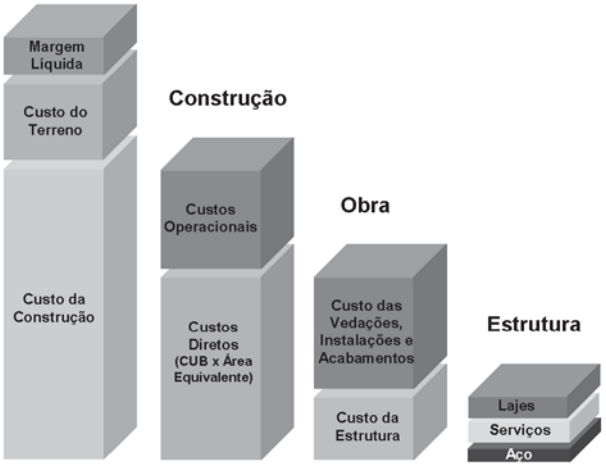


As Planilhas “Quando Construir em Aço” e “Como Construir em Aço” são bastante intuitivas e simplesmente facilitam a utilização dos conceitos e roteiros propostos nos capítulos 2 e 3.

A planilha “Empreendimento em Aço” e os seus gráficos “Custos das Etapas” e “Comparativo Aço x Concreto” foi elaborada para facilitar a análise da viabilidade econômica de edificações utilizando estruturas em aço.

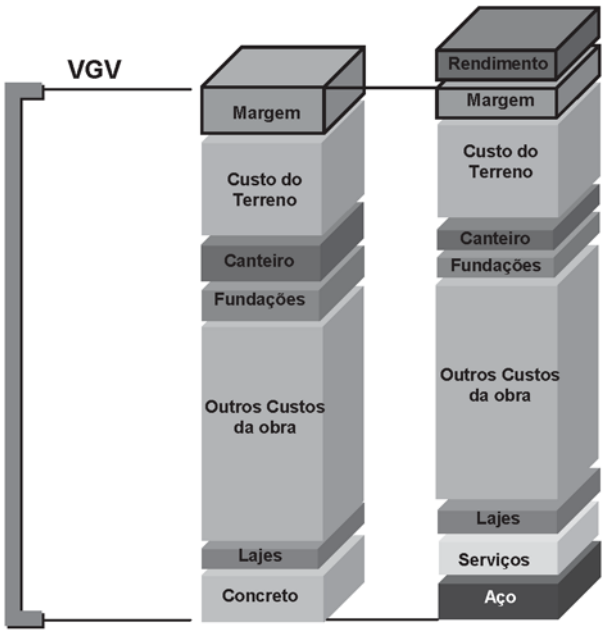
Obs: as estruturas mistas aço x concreto, não estão contempladas nesta planilha sendo objeto de planilha específica futuramente.

Para facilitar a análise, vamos separar as etapas dos custos de um empreendimento em:



O objetivo desta planilha é propiciar aos empreendedores um método rápido de comparação do resultado econômico de empreendimentos concebidos para serem edificados em estrutura de concreto armado, quando comparados com opção estrutural em aço.

Ao final, teremos um comparativo entre o empreendimento concebido inicialmente em concreto, baseado na experiência dos orçamentistas neste tipo de construção e o mesmo empreendimento empregando estuturas de aço.



Em grande parte das edificações o maior custo das estruturas metálicas é compensado por reduções importantes nos custos da administração e canteiro de obras e nas fundações. E quando se contabilizam os ganhos devido ao menor prazo, podemos ter um aumento significativo da margem sobre a receita, viabilizando com vantagem o emprego das estruturas de aço no empreendimento.

A planilha "Empreendimento em Aço" possui alguns campos que devem ser preenchidos pelo empreendedor, conforme exemplificado a seguir:

Campo 1:
NOME DO PROJETO

Campo 2:
CLASSIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO SEGUNDO NBR 12.721:2006

Campo 3:
PADRÃO DE CONSTRUÇÃO SEGUNDO A NBR 12.721:2006

Campo 4:
MÊS BASE DO CUB

Campo 5:
VALOR DO CUB

Campo 6:
ÁREA REAL (BRUTA) DA EDIFICAÇÃO (m^2)

Campo 7:
% A SER ADOTADO SOBRE A ÁREA REAL PARA SE DEFINIR A ÁREA PRIVATIVA (AP) OU, ÁREA DE VENDA

Campo 8:
VALOR DE VENDA EM R$/$m^2$

Campo 9:
CUSTO DO TERRENO, REPRESENTADO POR UM % DO VGV, TÍPICO DAS PERMUTAS

Campo 10:
% A SER ADOTADO SOBRE A ÁREA REAL PARA SE DEFINIR A ÁREA EQUIVALENTE (AE)

Campo 11:
% DO CUSTO TOTAL DA OBRA REPRESENTADO PELO CUB

Campo 12:
CUSTO UNITÁRIO DA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO (R$/$m^3$)

Campo 13:
ESPESSURA MÉDIA QUE REPRESENTA A ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO DA EDIFICAÇÃO

Campo 14:
% A SER ADOTADO SOBRE A ÁREA REAL PARA SE DEFINIR A ÁREA DAS LAJES

Campo 15:
CUSTO UNITÁRIO DA LAJE DE CONCRETO ARMADO (R$/$m^3$)

Campo 16:
ESPESSURA MÉDIA QUE REPRESENTA A LAJE DE CONCRETO ARMADO DA EDIFICAÇÃO

Campo 17:
TEMPO PREVISTO PARA A OBRA DE CONCRETO ARMADO

Campo 18:
TAXA DE CONSUMO DE AÇO NA ESTRUTURA METÁLICA (kg/m^2)

Campo 19:
CUSTO DO AÇO (MATERIAL- R$/kg)

Campo 20:
CUSTO DA MÃO DE OBRA PARA ELABORAÇÃO DA ESTRUTURA METÁLICA (FABRICAÇÃO E MONTAGEM R$/kg)

Campo 21:
% DA ÁREA REAL A SER PROTEGIDA POR PINTURA CONTRA INCÊNDIO

Campo 22:
CUSTO DOS MATERIAIS PARA PROTEÇÃO DO AÇO CONTRA INCÊNDIO

Campo 23:
CUSTO DOS SERVIÇOS PARA PROTEÇÃO DO AÇO CONTRA INCÊNDIO

Campo 24:
% DA ÁREA DAS LAJES EM RELAÇÃO À ÁREA TOTAL

Campo 25:
% DO CUSTO DOS MATERIAIS NO CUSTO TOTAL DAS LAJES

Campo 26:
% DO CUSTO DOS SERVIÇOS NO CUSTO TOTAL DAS LAJES

Campo 27:
% DOS CUSTOS INDIRETOS (ADMINISTRAÇÃO E CANTEIRO) EM RELAÇÃO AOS CUSTOS DIRETOS

Campo 28:
% DO CUSTO DAS FUNDAÇÕES EM RELAÇÃO AOS CUTOS DIRETOS

Campo 29:
% DE REDUÇÃO NO CUSTO DAS FUNDAÇÕES DA OBRA QUANDO SE UTILIZA AS ESTRUTURAS EM AÇO

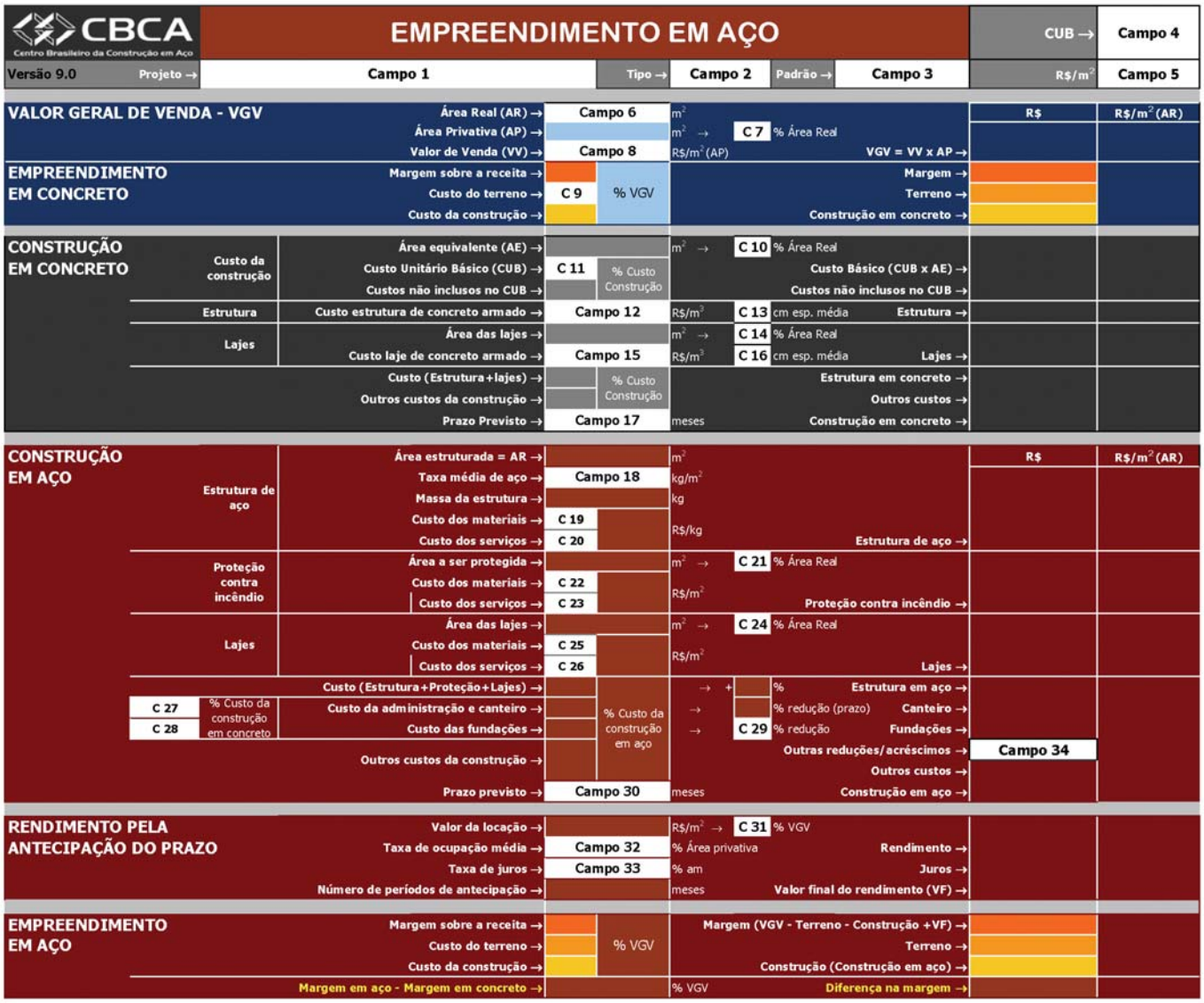
Campo 30:
TEMPO PREVISTO PARA A OBRA EM AÇO

Campo 31:
% MENSAL DO VGV RELATIVO A ADIANTAMENTO DO PRAZO DE ENTREGA DA OBRA

Campo 32:
TAXA DE OCUPAÇÃO MÉDIA DA EDIFICAÇÃO COMERCIAL

Campo 33:
TAXA DE JUROS (%) DE REMUNERAÇÃO DO CAPITAL

Campo 34:
OUTRAS REDUÇÕES OU ACRÉSCIMOS


CBCA
Centro Brasileiro da Construção em Aço
EMPREENDIMENTO EM AÇO
CUB → Campo 4
Versão 9.0
Projeto → Campo 1
Tipo → Campo 2
Padrão → Campo 3
R$/m² Campo 5
VALOR GERAL DE VENDA - VGV
Área Real (AR) → Campo 6 m²
Área Privativa (AP) → m² → C 7 % Área Real
Valor de Venda (VV) → Campo 8 R$/m² (AP)
VGV = VV x AP →
R$
R$/m² (AR)
EMPREENDIMENTO EM CONCRETO
Margem sobre a receita →
Custo do terreno → C 9 % VGV
Custo da construção →
Margem →
Terreno →
Construção em concreto →
CONSTRUÇÃO EM CONCRETO
Custo da construção
Área equivalente (AE) →
Custo Unitário Básico (CUB) → C 11 % Custo Construção
Custos não inclusos no CUB →
m² → C 10 % Área Real
Custo Básico (CUB x AE) →
Custos não inclusos no CUB →
Estrutura
Custo estrutura de concreto armado → Campo 12 R$/m³ C 13 cm esp. média Estrutura →
Lajes
Área das lajes →
Custo laje de concreto armado → Campo 15 R$/m³ C 16 cm esp. média Lajes →
Custo (Estrutura+lajes) → % Custo Construção
Outros custos da construção →
Prazo Previsto → Campo 17 meses
Estrutura em concreto →
Outros custos →
Construção em concreto →
CONSTRUÇÃO EM AÇO
Estrutura de aço
Área estruturada = AR →
Taxa média de aço → Campo 18 kg/m²
Massa da estrutura → kg
Custo dos materiais → C 19 R$/kg
Custo dos serviços → C 20
Estrutura de aço →
Proteção contra incêndio
Área a ser protegida →
Custo dos materiais → C 22
Custo dos serviços → C 23 R$/m²
m² → C 21 % Área Real
Proteção contra incêndio →
Lajes
Área das lajes →
Custo dos materiais → C 25
Custo dos serviços → C 26 R$/m²
m² → C 24 % Área Real
Lajes →
Custo (Estrutura+Proteção+Lajes) →
C 27 % Custo da construção em concreto
C 28
Custo da administração e canteiro →
Custo das fundações →
Outros custos da construção →
Prazo previsto → Campo 30 meses
% Custo da construção em aço
→ + % Estrutura em aço →
→ % redução (prazo) Canteiro →
→ C 29 % redução Fundações →
Outras reduções/acréscimos → Campo 34
Outros custos →
Construção em aço →
RENDIMENTO PELA ANTECIPAÇÃO DO PRAZO
Valor da locação →
Taxa de ocupação média → Campo 32 % Área privativa
Taxa de juros → Campo 33 % am
Número de períodos de antecipação → meses
R$/m² → C 31 % VGV
Rendimento →
Juros →
Valor final do rendimento (VF) →
EMPREENDIMENTO EM AÇO
Margem sobre a receita →
Custo do terreno →
Custo da construção → % VGV
Margem em aço - Margem em concreto →
Margem (VGV - Terreno - Construção +VF) →
Terreno →
Construção (Construção em aço) →
% VGV
Diferença na margem →

CBCA
Centro Brasileiro da Construção em Aço

ESCOLHA DO SISTEMA ESTRUTURAL

Projeto: Edifício comercial de 8 pavimentos

Item	Característica importantes da obra	Peso → de 1 a 5 Pela importância para a obra		Nota → 1 a 10 - Mérito do sistema estrutural					
				Sistema A		Sistema B		Sistema C	
				AÇO		CONCRETO		MISTO	
1	Fundações	Importantíssimo	5	Atende	8	Atende abaixo	5	Atende	8
2	Tempo de construção	Importantíssimo	5	Atende superior	10	Atende	8	Atende	8
3	Tipo de ocupação	Importantíssimo	5	Atende superior	10	Atende abaixo	5	Atende	8
4	Disponibilidade e custo Materiais	Importante	3	Atende	8	Atende superior	10	Atende superior	10
5	Recursos do construtor	Pouco importante	2	Atende	8	Atende	8	Atende	8
6	Local da obra e acessos	Importante	3	Atende	8	Atende abaixo	5	Atende abaixo	5
7	Possibilidade de adaptações e ampliações	Indiferente	1	Atende superior	10	Atende abaixo	5	Atende abaixo	5
8	Compatibilidade c/ sist. complementares	Importante	3	Atende superior	10	Atende abaixo	5	Atende abaixo	5
9	Manutenção e reparos	Importante	3	Atende	8	Atende	8	Atende	8
10	Vãos livres e altura da edificação	Importante	3	Atende	8	Atende	8	Atende	8
11	Proteção contra a corrosão	Muito importante	4	Atende	8	Atende superior	10	Atende superior	10
12	Proteção contra fogo	Muito importante	4	Atende abaixo	5	Atende	8	Atende	8
13	Estética	Pouco importante	2	Atende	8	Atende	8	Atende	8
14	Desperdício de materiais e mão de obra	Importante	3	Atende superior	10	Atende abaixo	5	Atende abaixo	5
15	Segurança do trabalhador	Importantíssimo	5	Atende	8	Atende abaixo	5	Atende abaixo	5
16	Custos financeiros	Importantíssimo	5	Atende	8	Atende	8	Atende	8
17	Adequação ambiental	Muito importante	4	Atende	8	Atende	8	Atende	8
18	Qualidade e durabilidade	Muito importante	4	Atende	8	Atende	8	Atende	8
19	Desempenho	Importantíssimo	5	Atende	8	Atende	8	Atende	8
20	Incômodos para as áreas próximas	Importante	3	Atende	8	Atende abaixo	5	Atende abaixo	5
	Média = Σ(peso x nota)/ Σ peso →	72		8,3		7,0		7,4	

Sistema mais adequado para a obra → **Sistema A**

CBCA
Centro Brasileiro da Construção em Aço

CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA EM AÇO

Projeto: Edifício comercial de 8 pavimentos

Item	Característica	Peso → de 1 a 5 Importância para a obra	Nota → 1 a 10 - Mérito do sistema											
			Estabilidade horizontal			Tipo de laje			Vedações internas			Vedações externas		
			Contraventada	Pórticos rígidos	Núcleo de concreto	Laje plana maciça	Steel-deck	Pré-laje Treliçada	Alvenaria	Dry-Wall	Blocos	Alvenaria	Painéis	Vidro
1	Influência no custo final	3	8	5	2	6	7	5	3	5	4	4	5	3
2	Influência no prazo de obra	5	8	5	2	6	7	5	3	5	4	4	5	3
3	Disponibilidade de fornecimento	3	8	5	2	6	7	5	3	5	4	4	5	3
4	Mão-de-obra disponível	4	8	5	2	6	7	5	3	5	4	4	5	3
5	Nível de capacitação da Mão-de-obra	4	8	5	2	6	7	5	3	5	4	4	5	3
6	Produtividade	4	8	5	2	6	7	5	3	5	4	4	5	3
7	Interferência com outros subsistemas	3	8	5	2	6	7	5	3	5	4	4	5	3
8	Durabilidade	3	8	5	2	6	7	5	3	5	4	4	5	3
9	Manutenção	3	8	5	2	6	7	5	3	5	4	4	5	3
10	Estágio de normalização	5	8	5	2	6	7	5	3	5	4	4	5	3
11	Perdas	5	8	5	2	6	7	5	3	5	4	4	5	3
12	Sustentabilidade	5	8	5	2	6	7	5	3	5	4	4	5	3
13	Valor percebido pelo cliente	4	8	5	2	6	7	5	3	5	4	4	5	3
14	Imagem da empresa	4	8	5	2	6	7	5	3	5	4	4	5	3
15														
	Média = Σ(peso x nota)/ Σ peso →	55	8,0	5,0	2,0	6,0	7,0	5,0	3,0	5,0	4,0	4,0	5,0	3,0

Estabilidade horizontal adotado →	**Contraventada**
Tipo de laje mais adotado →	**Steel-deck**
Vedações internas mais adotado →	**Dry-Wall**
Estabilidade horizontal mais adotado →	**Painéis**

CBCA Centro Brasileiro da Construção em Aço

EMPREENDIMENTO EM AÇO

Versão 1.0 | Projeto → Edifício Comercial de Andar Livre - 8 pavimentos | Tipo → CAL-8 | Padrão → Normal | CUB → mai-08 | R$/m² 892,23

							R$	R$/m² (AR)
VALOR GERAL DE VENDA - VGV		Área Real (AR) →	4392	m²				
		Área Privativa (AP) →	3953	m² →	90	% Área Real		
		Valor de Venda (VV) →	2.000,00	R$/m² (AP)		VGV = VV x AP →	7.905.600,00	1800,00
EMPREENDIMENTO EM CONCRETO		Margem sobre a receita →	19	% VGV		Margem →	1.494.861,12	340,36
		Custo do terreno →	15	% VGV		Terreno →	1.185.840,00	270,00
		Custo da construção →	66	% VGV		Construção em concreto →	5.224.898,88	1189,64
CONSTRUÇÃO EM CONCRETO	Custo da construção	Área equivalente (AE) →	3514	m² →	80	% Área Real		
		Custo Unitário Básico (CUB) →	60	% Custo Construção		Custo Básico (CUB x AE) →	3.134.939,33	713,78
		Custos não inclusos no CUB →	40	% Custo Construção		Custos não inclusos no CUB →	2.089.959,55	475,86
	Estrutura	Custo estrutura de concreto armado →	1500,00	R$/m³	13	cm esp. média Estrutura →	856.440,00	195,00
	Lajes	Área das lajes →	4392	m² →	100	% Área Real		
		Custo laje de concreto armado →	1000,00	R$/m³	9	cm esp. média Lajes →	395.280,00	90,00
		Custo (Estrutura+lajes) →	24	% Custo Construção		Estrutura em concreto →	1.251.720,00	285,00
		Outros custos da construção →	76	% Custo Construção		Outros custos →	3.973.178,88	904,64
		Prazo Previsto →	18	meses		Construção em concreto →	5.224.898,88	1189,64

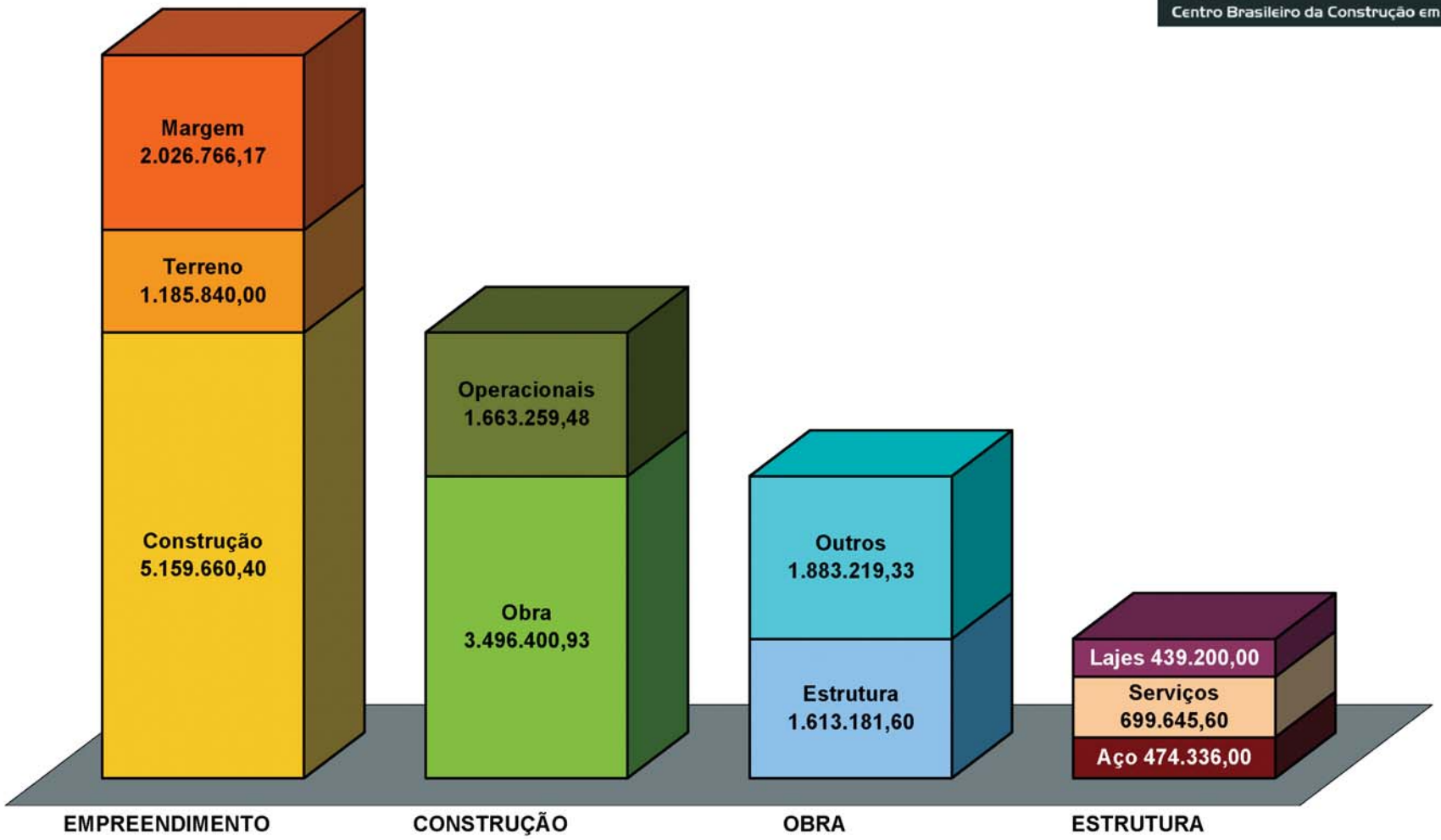
							R$	R$/m² (AR)
CONSTRUÇÃO EM AÇO	Estrutura de aço	Área estruturada = AR →	4392	m²				
		Taxa média de aço →	36	kg/m²				
		Massa da estrutura →	158.112	kg				
		Custo dos materiais →	3,00	7,00 R$/kg				
		Custo dos serviços →	4,00			Estrutura de aço →	1.106.784,00	252,00
	Proteção contra incêndio	Área a ser protegida →	3953	m² →	90	% Área Real		
		Custo dos materiais →	5,00	17,00 R$/m²				
		Custo dos serviços →	12,00			Proteção contra incêndio →	67.197,60	15,30
	Lajes	Área das lajes →	4392	m² →	100	% Área Real		
		Custo dos materiais →	70,00	100,00 R$/m²				
		Custo dos serviços →	30,00			Lajes →	439.200,00	100,00
		Custo (Estrutura+Proteção+Lajes) →	31		→ + 29	% Estrutura em aço →	1.613.181,60	367,30
	15 % Custo da construção em concreto	Custo da administração e canteiro →	8	% Custo da construção em aço	→ 44	% redução (prazo) Canteiro →	435.408,24	99,14
	5	Custo das fundações →	4		→ 30	% redução Fundações →	182.871,46	41,64
		Outros custos da construção →	57			Outras reduções/acréscimos →	0,00	0,00
						Outros custos →	2.928.199,10	666,71
		Prazo previsto →	10	meses		Construção em aço →	5.159.660,40	1174,79
RENDIMENTO PELA ANTECIPAÇÃO DO PRAZO		Valor da locação →	20,00	R$/m² →	1,0	% VGV		
		Taxa de ocupação média →	70	% Área privativa		Rendimento →	442.713,60	100,80
		Taxa de juros →	1,5	% am		Juros →	23.952,97	5,45
		Número de períodos de antecipação →	8,0	meses		Valor final do rendimento (VF) →	466.666,57	106,25
EMPREENDIMENTO EM AÇO		Margem sobre a receita →	24	% VGV		Margem (VGV - Terreno - Construção +VF) →	2.026.766,17	461,47
		Custo do terreno →	14	% VGV		Terreno →	1.185.840,00	270,00
		Custo da construção →	62	% VGV		Construção (Construção em aço) →	5.159.660,40	1174,79
		Margem em aço - Margem em concreto →	5,3	% VGV		Diferença na margem →	531.905,05	121,11

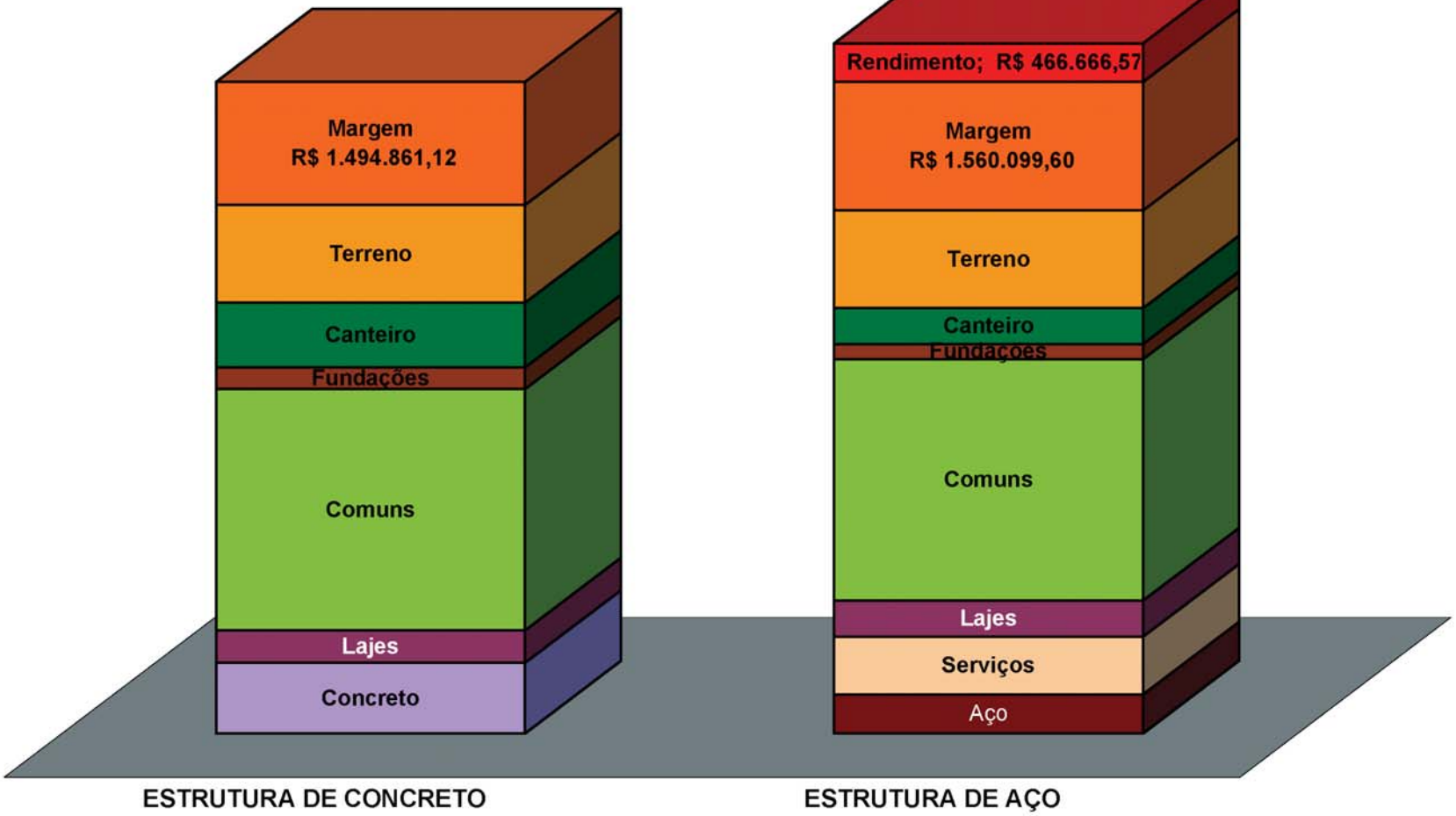
PLANILHA DE CUSTOS DO EMPREENDIMENTO EM AÇO

% Empreendimento	% Construção	% Obra	% Estrutura	Estimativa	Quantidade	Custos unitários (R$) Materiais	Serviços	Total	Custo Total R$	R$/m² (AR)
8.372.266,57	5.159.660,40	3.496.400,93	1.613.181,60						8.372.266,57	1906,25

24%	**Margem sobre a Receita** (VGV - Terreno - Construção + Rendimento)									2.026.766,17	461,47
14%	**Custo do Terreno**									1.185.840,00	270,00
Construção 62%	Operacionais (não inclusos no CUB) 20%	Elevadores e Equipamentos Impostos e taxas Publicidade e Corretagem Remuneração do Construtor/Imcorporador								1.044.979,78	237,93
		Canteiro de Obras								435.408,24	99,14
		Fundações								182.871,46	41,64
	Obra (CUB x Área equivalente) 42%	Outros 22%	Vedações Internas e Externas Revestimentos e Pinturas Instalações Elétricas, Hidro-sanitárias, Gás,TV e Telefone Esquadrias, Vidros , Arremates, Outros							1.883.219,33	428,78
		Estrutura 19%	Lajes 5%	100 % Área Real	4.392 m²	70,00	30,00	100,00		439.200,00	100,00
			Proteção c/ fogo 1%	90 % Área Real	3.953 m²	5,00	12,00	17,00		67.197,60	15,30
			Serviços 8%		158112 kg		4,00	4,00		632.448,00	144,00
			Aço 6%	36 kg/m²	158112 kg	3,00		3,00		474.336,00	108,00

Unidade: R$


Margem
2.026.766,17
Terreno
1.185.840,00
Construção
5.159.660,40
Operacionais
1.663.259,48
Obra
3.496.400,93
Outros
1.883.219,33
Estrutura
1.613.181,60
Lajes 439.200,00
Serviços
699.645,60
Aço 474.336,00
EMPREENDIMENTO
CONSTRUÇÃO
OBRA
ESTRUTURA


Margem
R$ 1.494.861,12
Terreno
Canteiro
Fundações
Comuns
Lajes
Concreto
Rendimento; R$ 466.666,57
Margem
R$ 1.560.099,60
Terreno
Canteiro
Fundações
Comuns
Lajes
Serviços
Aço
ESTRUTURA DE CONCRETO
ESTRUTURA DE AÇO

Capítulo 6

Estudos de caso

6.1 Introdução

Neste capítulo serão apresentados dois Estudos de Caso exemplificativos da utilização da planilha apresentada no Capítulo 5, relativos a obras em estrutura metálica nos segmentos comercial e residencial, para demonstração da sua aplicabilidade.

6.2 Estudo de caso nº 1 - Edifício comercial de 8 pavimentos

Neste estudo de caso, mostram-se os resultados obtidos ao se comparar a utilização de Estrutura em Aço X Estrutura em Concreto Armado em um prédio comercial de andares livres, a ser construído na cidade de São Paulo.

O empreendimento original, concebido para ser edificado em Concreto Armado, tinha como prazo de construção, 18 meses e apresentava resultado final de R$1.494.861,12 ou 19% margem sobre a receita, conforme pode ser verificado na Planilha.

Após a adoção da Estrutura em Aço, adotando-se tempo de construção de 10 meses, a planilha foi rodada utilizando-se os seguintes parâmetros:

Campo 1:
NOME DO PROJETO
Exemplo: Edifício Comercial de Andares Livres – 8 pavimentos

Campo 2:
CLASSIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO SEGUNDO NBR 12.721:2006
Exemplo: CAL-8

Campo 3:
PADRÃO DE CONSTRUÇÃO SEGUNDO A NBR 12.721:2006
Exemplo: Normal

Campo 4:
MÊS BASE DO CUB
Exemplo: Maio/2008

Campo 5:
VALOR DO CUB CAL-8/PADRÃO NORMAL/MAIO 2008
Exemplo: R$ 892,23 indicado pelo SindusCon-SP

Campo 6:
ÁREA REAL (BRUTA) DA EDIFICAÇÃO (m^2)
Exemplo: 4392 m^2

Campo 7:
% A SER ADOTADO SOBRE A ÁREA REAL PARA SE DEFINIR A ÁREA PRIVATIVA (AP) OU, ÁREA DE VENDA
Exemplo: 90%

Campo 8:
VALOR DE VENDA EM R$/$m^2$
Exemplo: 2000,00

Campo 9:
CUSTO DO TERRENO, REPRESENTADO POR UM % DO VGV, TÍPICO DAS PERMUTAS
Exemplo: 15%

Campo 10:
% A SER ADOTADO SOBRE A ÁREA REAL PARA SE DEFINIR A ÁREA EQUIVALENTE (AE)
Exemplo: 80%

Campo 11:
% DO CUSTO TOTAL DA OBRA REPRESENTADO PELO CUB
Exemplo: 60%

Campo 12:
CUSTO UNITÁRIO DA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO (R$/$m^3$)
Exemplo: R$ 1.500,00/m^3

Campo 13:
ESPESSURA MÉDIA QUE REPRESENTA A ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO DA EDIFICAÇÃO
Exemplo: 13 cm

Campo 14:
% A SER ADOTADO SOBRE A ÁREA REAL PARA SE DEFINIR A ÁREA DAS LAJES
Exemplo: 100%

Campo 15:
CUSTO UNITÁRIO DA LAJE DE CONCRETO ARMADO (R$/m³)
Exemplo: R$ 1.000,00/m³

Campo 16:
ESPESSURA MÉDIA QUE REPRESENTA A LAJE DE CONCRETO ARMADO DA EDIFICAÇÃO
Exemplo: 9 cm

Campo 17:
TEMPO PREVISTO PARA A OBRA DE CONCRETO ARMADO
Exemplo: 18 meses

Campo 18:
TAXA DE CONSUMO DE AÇO NA ESTRUTURA METÁLICA (kg/m²)
Exemplo: 36 kg/m²

Campo 19:
CUSTO DO AÇO (MATERIAL- R$/kg)
Exemplo: R$ 3,00/kg

Campo 20:
CUSTO DA MÃO DE OBRA PARA ELABORAÇÃO DA ESTRUTURA METÁLICA (FABRICAÇÃO E MONTAGEM R$/kg)
Exemplo: R$ 5,00/kg

Campo 21:
% DA ÁREA REAL A SER PROTEGIDA POR PINTURA CONTRA INCÊNDIO
Exemplo: 90%

Campo 22:
CUSTO DOS MATERIAIS PARA PROTEÇÃO DO AÇO CONTRA INCÊNDIO
Exemplo: R$ 5,00/m²

Campo 23:
CUSTO DOS SERVIÇOS PARA PROTEÇÃO DO AÇO CONTRA INCÊNDIO
Exemplo: R$ 12,00/m²

Campo 24:
% DA ÁREA DAS LAJES EM RELAÇÃO À ÁREA TOTAL
Exemplo: 100%

Campo 25:
% DO CUSTO DOS MATERIAIS NO CUSTO TOTAL DAS LAJES
Exemplo: 70%

Campo 26:
% DO CUSTO DOS SERVIÇOS NO CUSTO TOTAL DAS LAJES
Exemplo: 30%

Campo 27:
% DOS CUSTOS INDIRETOS (ADMINISTRAÇÃO E CANTEIRO) EM RELAÇÃO AOS CUSTOS DIRETOS
Exemplo: 15%

Campo 28:
% DO CUSTO DAS FUNDAÇÕES EM RELAÇÃO AOS CUTOS DIRETOS
Exemplo: 5%

Campo 29:
% DE REDUÇÃO NO CUSTO DAS FUNDAÇÕES DA OBRA QUANDO SE UTILIZA AS ESTRUTURAS EM AÇO
Exemplo: 30%

Campo 30:
TEMPO PREVISTO PARA A OBRA EM AÇO
Exemplo: 10 meses

Campo 31:
% MENSAL DO VGV RELATIVO A ADIANTAMENTO DO PRAZO DE ENTREGA DA OBRA
Exemplo: 1,0%

Campo 32:
TAXA DE OCUPAÇÃO MÉDIA DA EDIFICAÇÃO COMERCIAL
Exemplo: 70%

Campo 33:
TAXA DE JUROS (%) DE REMUNERAÇÃO DO CAPITAL
Exemplo: 1,5%

Campo 34:
OUTRAS REDUÇÕES OU ACRÉSCIMOS (R$)
Exemplo: 0,00

Com estas considerações, devido à ocupação antecipada do prédio em 6 meses com a adoção das estruturas em aço, mesmo a um custo mais elevado no item estrutura, o resultado do empreendimento subiu para R$2.026.766,17 ou 24% de margem sobre a receita. Isso se dá devido ao fato do prédio poder ser ocupado antes, adotando taxa de ocupação de 70% e rendimento mensal de 1,5% a.m.

Vale verificar as demais planilhas auxiliares à principal (Empreendimento em Aço), complementares e exemplificadoras do sistema e preenchidas conforme os Capítulos iniciais deste Manual, a saber:

- Quando construir em aço;
- Como construir em aço;

6.3 Estudo de caso nº 2 - Edifício residencial de 5 pavimentos

Este estudo refere-se ao Ed. Embaúba, edificação residencial inserida no segmento das "Construções Econômicas" executada em Belo Horizonte, MG, utilizando estrutura metálica com perfis de aço em alma cheia.

A solução arquitetônica e estrutural proposta procurou tomar partido tanto das características topográficas do terreno, um lote de dimensões (14 x 30)m e apresentando declive de aproximadamente 3m para os fundos, quanto das possibilidades legais em termos de potencial construtivo permitido pela legislação (Código de Obras e Lei do Uso e Ocupação do Solo) do Município de Belo Horizonte.

A região onde ele se localiza está inserida em um bairro que apresenta Zoneamento denominado ZAP (Zona de Adensamento Preferência) que permite um CA - Coeficiente de Aproveitamento de 1.7, do que resulta a possibilidade de se ter edificações com até 714 m² de área líquida. Outros dois condicionantes legais importantes para a elaboração do Projeto Arquitetônico neste local são:

-Área permeável mínima: 30%, pois está situado na região da Bacia da Pampulha;

-Nº máximo de unidades definido pela Quota Habitacional do local (25m²/um)=16, obtido pela relação Área do terreno/Quota.

Em complementação a estas condições de contorno legais, a Construtora, através de Pesquisa de Mercado na região, definiu como produto a ser desenvolvido, um prédio com o número máximo de andares possível sem utilizar elevador, apresentando 4 apartamentos compactos de 2 quartos por andar, uma vaga de garagem para cada unidade autônoma e sistema construtivo de rápida execução e total racionalização do canteiro de obras, sem perder de vista os resultados financeiros esperados, que deveriam ser compatíveis com os obtidos nas construções a baixo custo executadas em Alvenaria Estrutural.

O Projeto Arquitetônico apresentou as seguintes características:

-Edifício residencial de 5 pavimentos, sendo um sub-solo (garagem), um pavimento térreo com garagem e dois apartamentos e quatro

pavimentos-tipo, cada um com 4 apartamentos;

- Área privativa dos apartamentos: 50 m²;
- Estrutura metálica em perfis de alma cheia nos pilares e vigas e lajes em concreto armado;
-Sistema de contraventamento em "X" no sentido longitudinal da edificação, apresentando solução em pórtico no sentido transversal.

Esta obra pode ser executada em cerca de 90 dias, sendo a estrutura em aço montada em apenas uma semana. A fabricação ocorreu enquanto a construtora executava as fundações e os blocos de coroamento para receber os pilares.

Esta obra apresentou os seguintes parâmetros para preenchimento da planilha:

Campo 1:
NOME DO PROJETO
Exemplo: Edifício Residencial – 5 pavimentos

Campo 2:
CLASSIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO SEGUNDO NBR 12.721:2006
Exemplo: PP-4

Campo 3:
PADRÃO DE CONSTRUÇÃO SEGUNDO A NBR 12.721:2006
Exemplo: Normal

Campo 4:
MÊS BASE DO CUB
Exemplo: Junho/2008

Campo 5:
VALOR DO CUB PP-4/PADRÃO NORMAL/JUNHO 2008
Exemplo: R$ 712,65 indicado pelo SindusCon-MG

Campo 6:
ÁREA REAL (BRUTA) DA EDIFICAÇÃO (m²)
Exemplo: 903 m²

Campo 7:
% A SER ADOTADO SOBRE A ÁREA REAL PARA SE DEFINIR A ÁREA PRIVATIVA (AP) OU, ÁREA DE VENDA
Exemplo: 90%

Campo 8:
VALOR DE VENDA EM R$/m²
Exemplo: 1.200,00

Campo 9:
CUSTO DO TERRENO, REPRESENTADO POR UM % DO VGV, TÍPICO DAS PERMUTAS
Exemplo: 10%

Campo 10:
% A SER ADOTADO SOBRE A ÁREA REAL PARA SE DEFINIR A ÁREA EQUIVALENTE (AE)
Exemplo: 100%

Campo 11:
% DO CUSTO TOTAL DA OBRA REPRESENTADO PELO CUB
Exemplo: 80%

Campo 12:
CUSTO UNITÁRIO DA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO (R$/m³)
Exemplo: R$ 1.500,00/m³

Campo 13:
ESPESSURA MÉDIA QUE REPRESENTA A ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO DA EDIFICAÇÃO
Exemplo: 7 cm

Campo 14:
% A SER ADOTADO SOBRE A ÁREA REAL PARA SE DEFINIR A ÁREA DAS LAJES
Exemplo: 100%

Campo 15:
CUSTO UNITÁRIO DA LAJE DE CONCRETO ARMADO (R$/m³)
Exemplo: R$ 1.000,00/m³

Campo 16:
ESPESSURA MÉDIA QUE REPRESENTA A LAJE DE CONCRETO ARMADO DA EDIFICAÇÃO
Exemplo: 8 cm

Campo 17:
TEMPO PREVISTO PARA A OBRA DE CONCRETO ARMADO
Exemplo: 6 meses

Campo 18:
TAXA DE CONSUMO DE AÇO NA ESTRUTURA METÁLICA (kg/m²)
Exemplo: 11 kg/m²

Campo 19:
CUSTO DO AÇO (MATERIAL- R$/kg)
Exemplo: R$ 3,70/kg

Campo 20:
CUSTO DA MÃO DE OBRA PARA ELABORAÇÃO DA ESTRUTURA METÁLICA (FABRICAÇÃO E MONTAGEM R$/kg)
Exemplo: R$ 6,00/kg

Campo 21:
% DA ÁREA REAL A SER PROTEGIDA POR PINTURA CONTRA INCÊNDIO
Exemplo: 0%

Campo 22:
CUSTO DOS MATERIAIS PARA PROTEÇÃO DO AÇO CONTRA INCÊNDIO
Exemplo: R$ 0,00/m²

Campo 23:
CUSTO DOS SERVIÇOS PARA PROTEÇÃO DO AÇO CONTRA INCÊNDIO
Exemplo: R$ 0,00/m²

Campo 24:
% DA ÁREA DAS LAJES EM RELAÇÃO À ÁREA TOTAL
Exemplo: 100%

Campo 25:
% DO CUSTO DOS MATERIAIS NO CUSTO TOTAL DAS LAJES
Exemplo: 50%

Campo 26:
% DO CUSTO DOS SERVIÇOS NO CUSTO TOTAL DAS LAJES
Exemplo: 30%

Campo 27:
% DOS CUSTOS INDIRETOS (ADMINISTRAÇÃO E CANTEIRO) EM RELAÇÃO AOS CUSTOS DIRETOS
Exemplo: 15%

Campo 28:
% DO CUSTO DAS FUNDAÇÕES EM RELAÇÃO AOS CUTOS DIRETOS
Exemplo: 5%

Campo 29:
% DE REDUÇÃO NO CUSTO DAS FUNDAÇÕES DA OBRA QUANDO SE UTILIZA AS ESTRUTURAS EM AÇO
Exemplo: 10%

Campo 30:
TEMPO PREVISTO PARA A OBRA EM AÇO
Exemplo: 3,0 meses

Campo 31:
% MENSAL DO VGV RELATIVO A ADIANTAMENTO DO PRAZO DE ENTREGA DA OBRA (Postergação de 3 meses no início da obra e considerando um pagamento de 40% do VGV durante a construção.
Exemplo: 1,5%

Campo 32:
TAXA DE OCUPAÇÃO MÉDIA DA EDIFICAÇÃO COMERCIAL (% vendido no início da obra)
Exemplo: 100%

Campo 33:
TAXA DE JUROS (%) DE REMUNERAÇÃO DO CAPITAL
Exemplo: 1,5%

Campo 34:
OUTRAS REDUÇÕES OU ACRÉSCIMOS (R$)
Exemplo: 27.075,00

Com estas considerações, devido à postergação do início das obras do prédio em 5 meses com a adoção das estruturas em aço, mesmo a um custo mais elevado no item estrutura, o resultado do empreendimento subiu para R$ 153.601,89 ou 15% de margem sobre a receita.

Vale verificar as demais planilhas auxiliares à principal (Empreendimento em Aço), complementares e exemplificadoras do sistema e preenchidas conforme os Capítulos iniciais deste Manual, a saber:

- Quando construir em aço;
- Como construir em aço;

CBCA Centro Brasileiro da Construção em Aço

ESTUDO DE CASO 1

CUB → mai-08

Versão 9.0 | Projeto → Edifício Comercial de Andar Livre - 8 pavimentos | Tipo → CAL-8 | Padrão → Normal | R$/m² 892,23

							R$	R$/m² (AR)
VALOR GERAL DE VENDA - VGV		Área Real (AR) →	4392	m²				
		Área Privativa (AP) →	3953	m² →	90	% Área Real		
		Valor de Venda (VV) →	2.000,00	R$/m² (AP)		VGV = VV x AP →	7.905.600,00	1800,00
EMPREENDIMENTO EM CONCRETO		Margem sobre a receita →	19	% VGV		Margem →	1.494.861,12	340,36
		Custo do terreno →	15	% VGV		Terreno →	1.185.840,00	270,00
		Custo da construção →	66	% VGV		Construção em concreto →	5.224.898,88	1189,64
CONSTRUÇÃO EM CONCRETO	Custo da construção	Área equivalente (AE) →	3514	m² →	80	% Área Real		
		Custo Unitário Básico (CUB) →	60	% Custo Construção		Custo Básico (CUB x AE) →	3.134.939,33	713,78
		Custos não inclusos no CUB →	40	% Custo Construção		Custos não inclusos no CUB →	2.089.959,55	475,86
	Estrutura	Custo estrutura de concreto armado →	1500,00	R$/m³	13	cm esp. média Estrutura →	856.440,00	195,00
	Lajes	Área das lajes →	4392	m² →	100	% Área Real		
		Custo laje de concreto armado →	1000,00	R$/m³	9	cm esp. média Lajes →	395.280,00	90,00
		Custo (Estrutura+lajes) →	24	% Custo Construção		Estrutura em concreto →	1.251.720,00	285,00
		Outros custos da construção →	76	% Custo Construção		Outros custos →	3.973.178,88	904,64
		Prazo Previsto →	18	meses		Construção em concreto →	5.224.898,88	1189,64

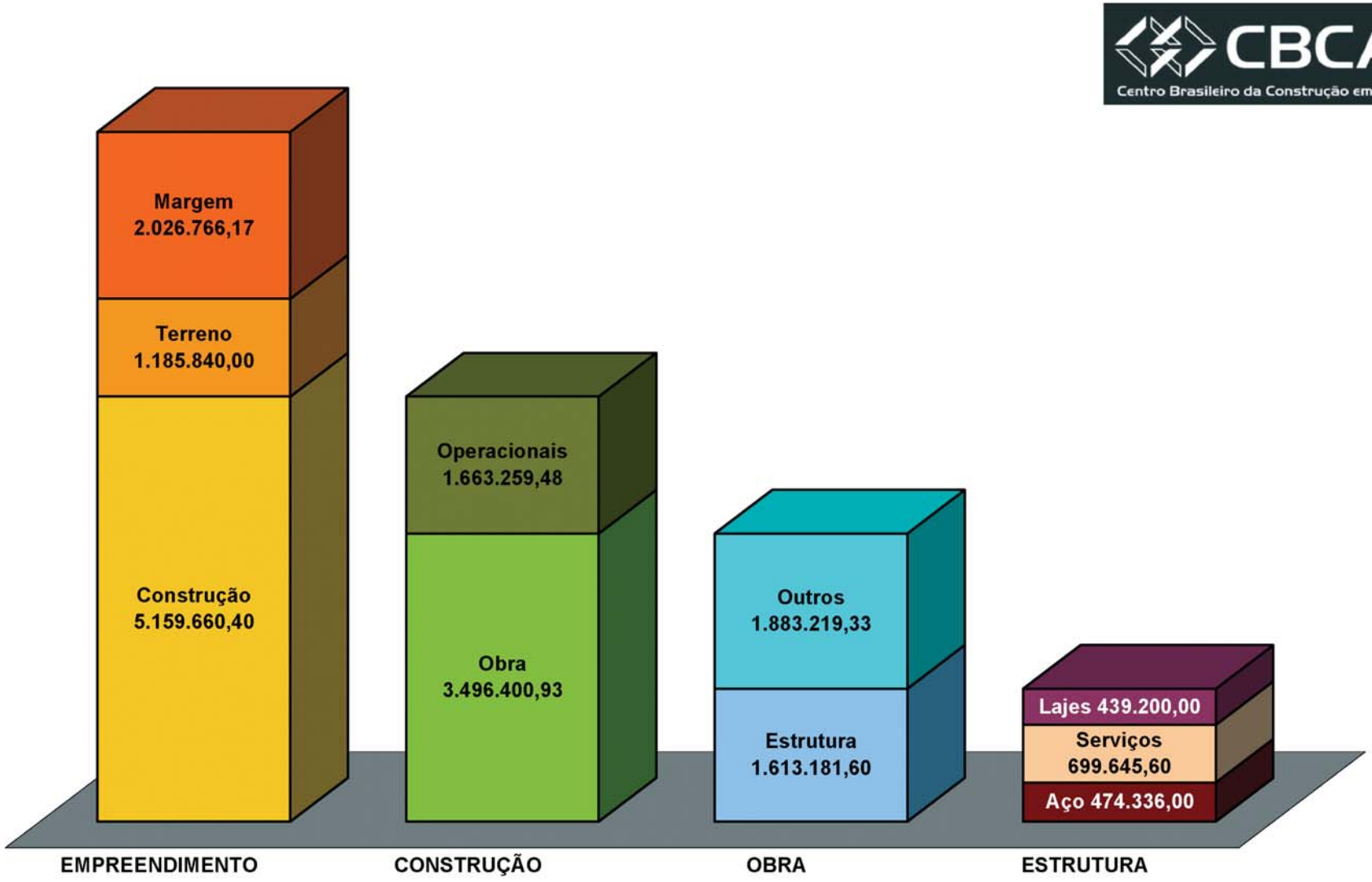
							R$	R$/m² (AR)
CONSTRUÇÃO EM AÇO	Estrutura de aço	Área estruturada = AR →	4392	m²				
		Taxa média de aço →	36	kg/m²				
		Massa da estrutura →	158.112	kg				
		Custo dos materiais →	3,00	7,00	R$/kg			
		Custo dos serviços →	4,00			Estrutura de aço →	1.106.784,00	252,00
	Proteção contra incêndio	Área a ser protegida →	3953	m² →	90	% Área Real		
		Custo dos materiais →	5,00	17,00	R$/m²			
		Custo dos serviços →	12,00			Proteção contra incêndio →	67.197,60	15,30
	Lajes	Área das lajes →	4392	m² →	100	% Área Real		
		Custo dos materiais →	70,00	100,00	R$/m²			
		Custo dos serviços →	30,00			Lajes →	439.200,00	100,00
		Custo (Estrutura+Proteção+Lajes) →	31		→ +	29 %	Estrutura em aço →	1.613.181,60	367,30
15	% Custo da construção em concreto	Custo da administração e canteiro →	8	% Custo da construção em aço	→	44 % redução (prazo)	Canteiro →	435.408,24	99,14
5		Custo das fundações →	4		→	30 % redução	Fundações →	182.871,46	41,64
		Outros custos da construção →	57				Outras reduções/acréscimos →	0,00	0,00
							Outros custos →	2.928.199,10	666,71
		Prazo previsto →	10	meses			Construção em aço →	5.159.660,40	1174,79
RENDIMENTO PELA ANTECIPAÇÃO DO PRAZO		Valor da locação →	20,00	R$/m² →	1,0	% VGV			
		Taxa de ocupação média →	70	% Área privativa			Rendimento →	442.713,60	100,80
		Taxa de juros →	1,5	% am			Juros →	23.952,97	5,45
		Número de períodos de antecipação →	8,0	meses			Valor final do rendimento (VF) →	466.666,57	106,25
EMPREENDIMENTO EM AÇO		Margem sobre a receita →	24	% VGV			Margem (VGV - Terreno - Construção +VF) →	2.026.766,17	461,47
		Custo do terreno →	14	% VGV			Terreno →	1.185.840,00	270,00
		Custo da construção →	62	% VGV			Construção (Construção em aço) →	5.159.660,40	1174,79
		Margem em aço - Margem em concreto →	5,3	% VGV			Diferença na margem →	531.905,05	121,11

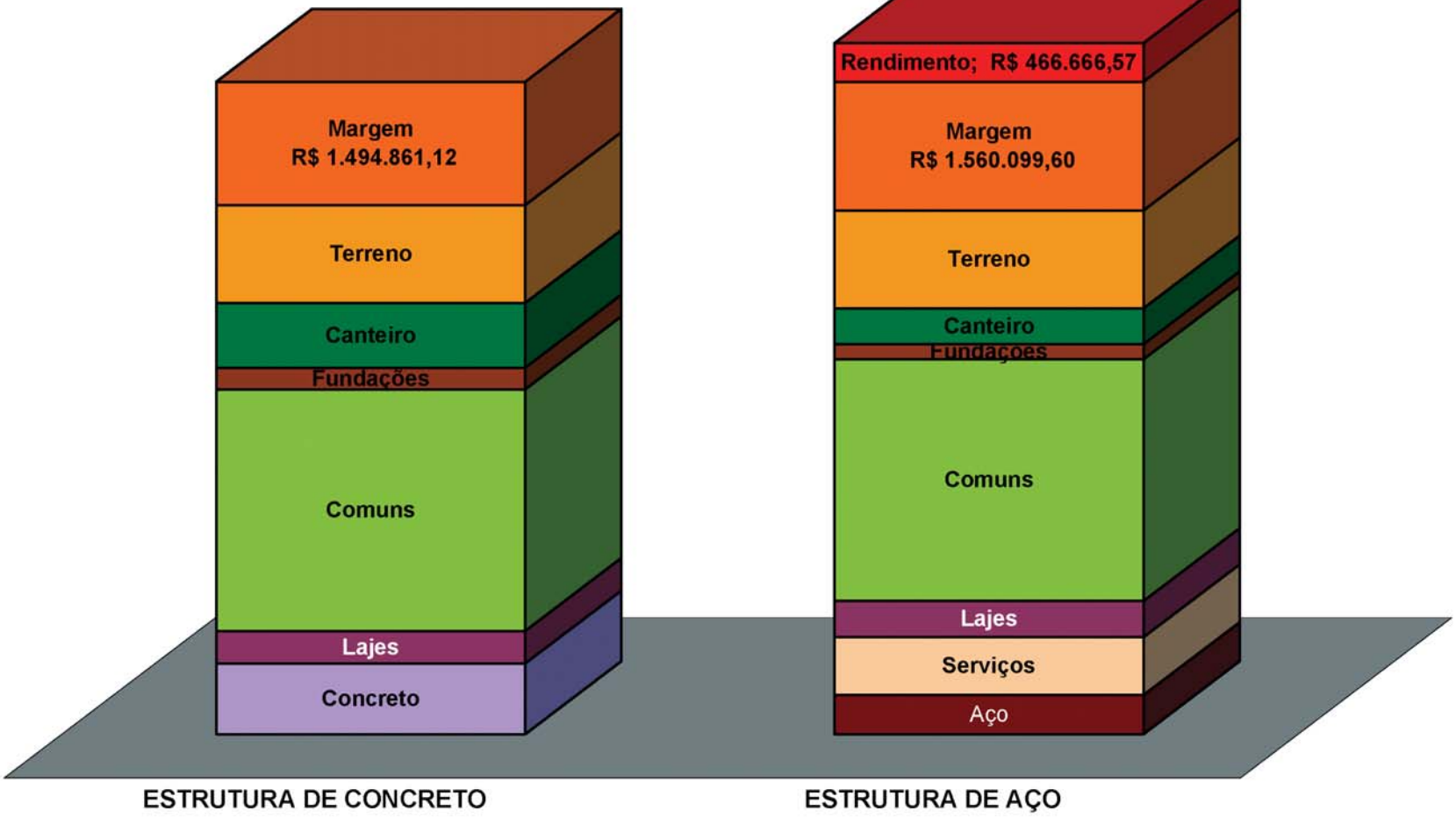
PLANILHA DE CUSTOS DO EMPREENDIMENTO EM AÇO

% Empreendimento	% Construção	% Obra	% Estrutura	Estimativa	Quantidade	Custos unitários (R$) Materiais	Serviços	Total	Custo Total R$	R$/m² (AR)
8.372.266,57	5.159.660,40	3.496.400,93	1.613.181,60						8.372.266,57	1906,25

24%	Margem sobre a Receita (VGV - Terreno - Construção + Rendimento)									2.026.766,17	461,47
14%	Custo do Terreno									1.185.840,00	270,00
Construção 62%	Operacionais (não inclusos no CUB) 20%	Elevadores e Equipamentos Impostos e taxas Publicidade e Corretagem Remuneração do Construtor/Imcorporador								1.044.979,78	237,93
		Canteiro de Obras								435.408,24	99,14
		Fundações								182.871,46	41,64
	Obra (CUB x Área equivalente) 42%	Outros 22%	Vedações Internas e Externas Revestimentos e Pinturas Instalações Elétricas, Hidro-sanitárias, Gás,TV e Telefone Esquadrias, Vidros, Arremates e Outros							1.883.219,33	428,78
		Estrutura 19%	Lajes	5%	100 % Área Real	4.392 m²	70,00	30,00	100,00	439.200,00	100,00
			Proteção c/ fogo	1%	90 % Área Real	3.953 m²	5,00	12,00	17,00	67.197,60	15,30
			Serviços	8%		158112 kg		4,00	4,00	632.448,00	144,00
			Aço	6%	36 kg/m²	158112 kg	3,00		3,00	474.336,00	108,00

Unidade: R$


Margem
2.026.766,17
Terreno
1.185.840,00
Construção
5.159.660,40
Operacionais
1.663.259,48
Obra
3.496.400,93
Outros
1.883.219,33
Estrutura
1.613.181,60
Lajes 439.200,00
Serviços
699.645,60
Aço 474.336,00
EMPREENDIMENTO
CONSTRUÇÃO
OBRA
ESTRUTURA


Margem
R$ 1.494.861,12
Terreno
Canteiro
Fundações
Comuns
Lajes
Concreto
Rendimento; R$ 466.666,57
Margem
R$ 1.560.099,60
Terreno
Canteiro
Fundações
Comuns
Lajes
Serviços
Aço
ESTRUTURA DE CONCRETO
ESTRUTURA DE AÇO

ESTUDO DE CASO 2

CBCA Centro Brasileiro da Construção em Aço

Versão 9.0	Projeto →	Edifício Residencial Popular 05 Pavimentos	Tipo →	PP-4	Padrão →	Normal	CUB →	jun-08
							R$/m²	712,65

									R$	R$/m² (AR)
VALOR GERAL DE VENDA - VGV		Área Real (AR) →	903	m²						
		Área Privativa (AP) →	813	m² →	90	% Área Real				
		Valor de Venda (VV) →	1.200,00	R$/m² (AP)			VGV = VV x AP →		975.240,00	1080,00
EMPREENDIMENTO EM CONCRETO		Margem sobre a receita →	8	% VGV			Margem →		73.312,31	81,19
		Custo do terreno →	10	% VGV			Terreno →		97.524,00	108,00
		Custo da construção →	82	% VGV			Construção em concreto →		804.403,69	890,81
CONSTRUÇÃO EM CONCRETO	Custo da construção	Área equivalente (AE) →	903	m² →	100	% Área Real				
		Custo Unitário Básico (CUB) →	80	% Custo Construção			Custo Básico (CUB x AE) →		643.522,95	712,65
		Custos não inclusos no CUB →	20	% Custo Construção			Custos não inclusos no CUB →		160.880,74	178,16
	Estrutura	Custo estrutura de concreto armado →	1500,00	R$/m³	7	cm esp. média	Estrutura →		94.815,00	105,00
	Lajes	Área das lajes →	903	m² →	100	% Área Real				
		Custo laje de concreto armado →	1000,00	R$/m³	8	cm esp. média	Lajes →		72.240,00	80,00
		Custo (Estrutura+lajes) →	21	% Custo Construção			Estrutura em concreto →		167.055,00	185,00
		Outros custos da construção →	79	% Custo Construção			Outros custos →		637.348,69	705,81
		Prazo Previsto →	6	meses			Construção em concreto →		804.403,69	890,81

									R$	R$/m² (AR)
CONSTRUÇÃO EM AÇO	Estrutura de aço	Área estruturada = AR →	903	m²						
		Taxa média de aço →	11	kg/m²						
		Massa da estrutura →	9.933	kg						
		Custo dos materiais →	3,70	9,70 R$/kg						
		Custo dos serviços →	6,00				Estrutura de aço →		96.350,10	106,70
	Proteção contra incêndio	Área a ser protegida →	0	m² →	0	% Área Real				
		Custo dos materiais →	0,00	0,00 R$/m²						
		Custo dos serviços →	0,00				Proteção contra incêndio →		0,00	0,00
	Lajes	Área das lajes →	903	m² →	100	% Área Real				
		Custo dos materiais →	50,00	80,00 R$/m²						
		Custo dos serviços →	30,00				Lajes →		72.240,00	80,00
		Custo (Estrutura+Proteção+Lajes) →	22	% Custo da construção em aço	→ +	0,9	%	Estrutura em aço →	168.590,10	186,70
15	% Custo da construção em concreto	Custo da administração e canteiro →	8		→	50	% redução (prazo)	Canteiro →	60.330,28	66,81
5		Custo das fundações →	5		→	10	% redução	Fundações →	36.198,17	40,09
		Outros custos da construção →	66					Outras reduções/acréscimos →	27.075,00	29,98
								Outros custos →	476.467,95	527,65
		Prazo previsto →	3	meses				Construção em aço →	768.661,49	851,23

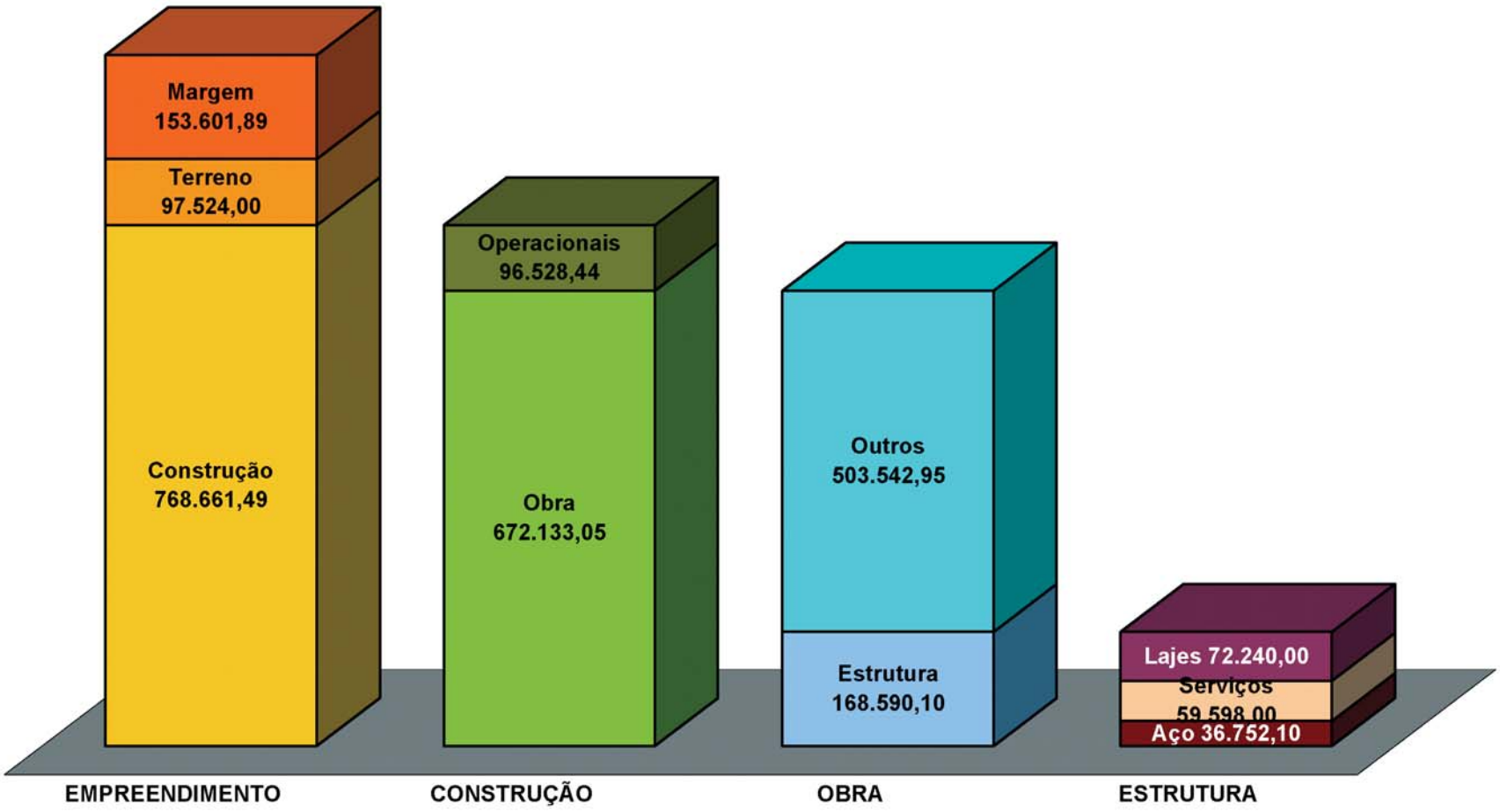
RENDIMENTO PELA ANTECIPAÇÃO DO PRAZO		Valor da locação →	18,00	R$/m² →	1,5	% VGV				
		Taxa de ocupação média →	100	% Área privativa			Rendimento →		43.885,80	48,60
		Taxa de juros →	1,5	% am			Juros →		661,58	0,73
		Número de períodos de antecipação →	3,0	meses			Valor final do rendimento (VF) →		44.547,38	49,33
EMPREENDIMENTO EM AÇO		Margem sobre a receita →	15	% VGV			Margem (VGV - Terreno - Construção +VF) →		153.601,89	170,10
		Custo do terreno →	10	% VGV			Terreno →		97.524,00	108,00
		Custo da construção →	75	% VGV			Construção (Construção em aço) →		768.661,49	851,23
		Margem em aço - Margem em concreto →	7,5	% VGV			Diferença na margem →		80.289,57	88,91

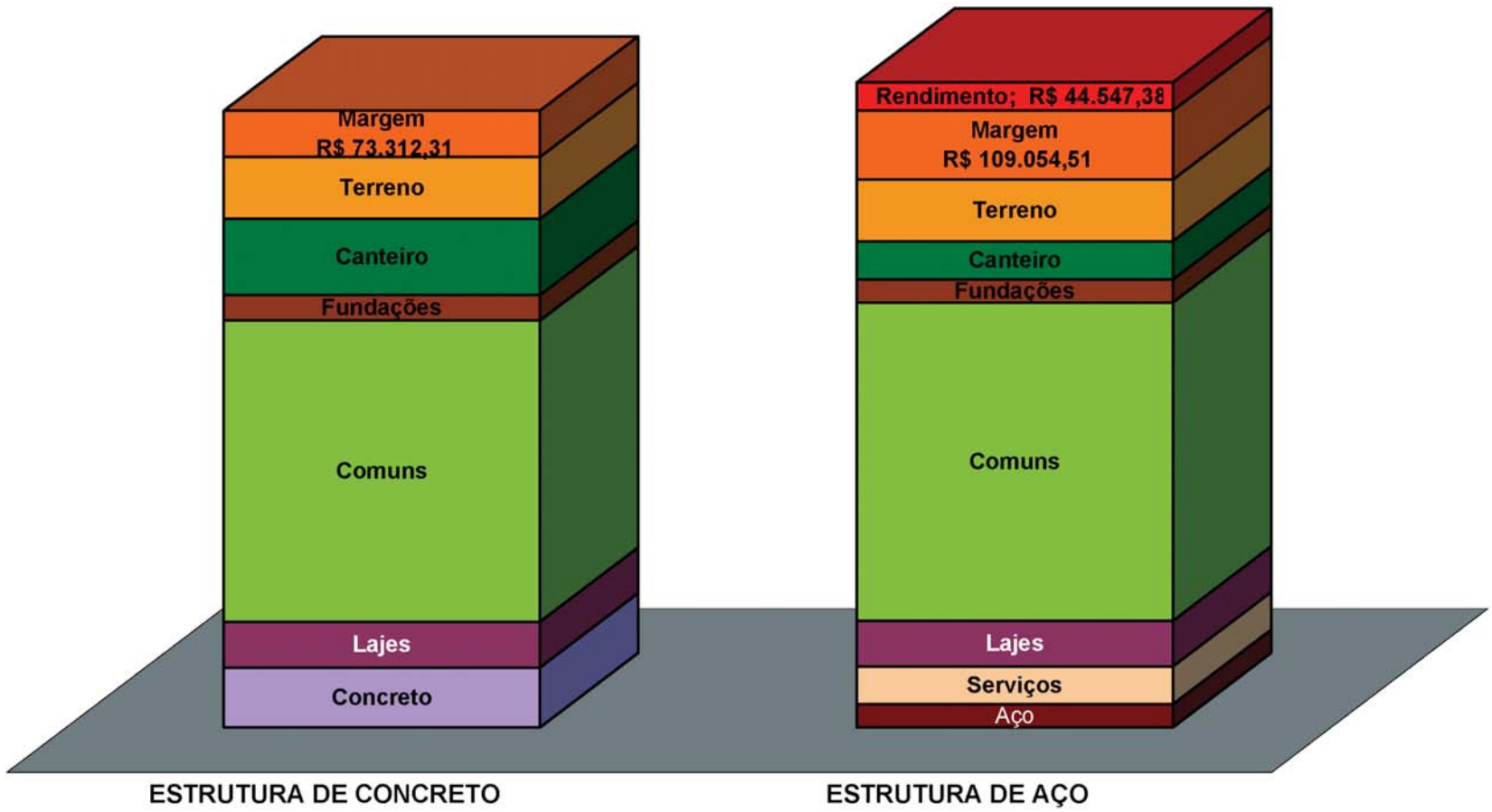
PLANILHA DE CUSTOS DO EMPREENDIMENTO EM AÇO

% Empreendimento	% Construção	% Obra	% Estrutura	Estimativa	Quantidade	Custos unitários (R$) Materiais	Serviços	Total	Custo Total R$	Custo Total R$/m² (AR)
1.019.787,38	768.661,49	672.133,05	168.590,10						1.019.787,38	1129,33

15%	**Margem sobre a Receita** (VGV - Terreno - Construção + Rendimento)								153.601,89	170,10
10%	**Custo do Terreno**								97.524,00	108,00
Construção 75%	**Operacionais** (não inclusos no CUB) **9%**	Elevadores e Equipamentos Impostos e taxas Publicidade e Corretagem Remuneração do Construtor/Imcorporador							0,00	0,00
		Canteiro de Obras							60.330,28	66,81
		Fundações							36.198,17	40,09
	Obra (CUB x Área equivalente) **66%**	**Outros 49%**	Vedações Internas e Externas Revestimentos e Pinturas Instalações Elétricas, Hidro-sanitárias, Gás,TV e Telefone Esquadrias, Vidros, Arremates e Outros						503.542,95	557,63
		Estrutura 17%	Lajes 7%	**100** % Área Real	903 m²	**50,00**	**30,00**	80,00	72.240,00	80,00
			Proteção c/ fogo **0%**	**0** % Área Real	0 m²	**0,00**	**0,00**	0,00	0,00	0,00
			Serviços **6%**		**9933** kg		**6,00**	6,00	59.598,00	66,00
			Aço 4%	**11** kg/m²	**9933** kg	**3,70**		3,70	36.752,10	40,70

Unidade: R$


Margem
153.601,89
Terreno
97.524,00
Construção
768.661,49
Operacionais
96.528,44
Obra
672.133,05
Outros
503.542,95
Estrutura
168.590,10
Lajes 72.240,00
Serviços
59.598,00
Aço 36.752,10
EMPREENDIMENTO
CONSTRUÇÃO
OBRA
ESTRUTURA


Margem
R$ 73.312,31
Terreno
Canteiro
Fundações
Comuns
Lajes
Concreto
Rendimento; R$ 44.547,38
Margem
R$ 109.054,51
Terreno
Canteiro
Fundações
Comuns
Lajes
Serviços
Aço
ESTRUTURA DE CONCRETO
ESTRUTURA DE AÇO

Referências Bibliográficas

Referências bibliográficas

ASTM A36 / A36M : 2003 - ***Standard Specification for Carbon Structural Steel*** .

ASTM A572 / A572M : 2007 - ***Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel***.

ASTM A588 / A588M : 2005 - ***Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel with 50 ksi [345 MPa] Minimum Yield Point to 4-in. [100-mm] Thick***.

GNECCO, Celso, MARIANO, Roberto, FERNADES, Fernando. **Tratamento de superfície e pintura**. 2. ed. Rio de Janeiro, IBS/CBCA, 2006. 88p., 29 cm (Série Manual de Construção em Aço). ISBN 85-89819-01-9.

*NASCIMENTO, Otávio Luiz do. **Alvenarias**. 2.ed. Rio de Janeiro, IBS/CBCA, 2004. 54p., 29 cm. (Série Manual de Construção em Aço). ISBN 85-89819-03-5.*

NBR 5008 :1997 - ***Chapas grossas e bobinas grossas, de aço de baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica, para uso estrutural*** - *Requisitos*

NBR 5921 :1997 - ***Chapas finas a quente e bobinas finas a quente, de aço de baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica, para uso estrutural*** - *Requisitos.*

NBR 12721 : 2006 - ***Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios*** - *Procedimento.*

PINHO, Fernando Ottoboni. **Quando construir em aço** - roteiro para escolha do sistema estrutural mais adequado. São Paulo, Gerdau Açominas, [200-?]. 5 p.

PINHO, Mauro Ottoboni. **Transporte e montagem**. Rio de Janeiro, IBS/CBCA, 2005. 148p., 29 cm (Série Manual de Construção em Aço). ISBN 85-89819-08-6.

SILVA, Maristela Gomes da, SILVA, Gomes da. **Painéis de vedação**. 2.ed. Rio de Janeiro, IBS/CBCA, 2004. 59p., 29 cm (Série Manual de Construção em Aço). ISBN 85-89819-04-3.

VARGAS, Mauri Resende, SILVA, Valdir Pignatta. **Resistência ao fogo das estruturas de aço**. Rio de Janeiro, IBS/CBCA, 2003. 78p., 29 cm (Série Manual de Construção em Aço). ISBN 85-89819-02-7.