

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE OBRAS**

**WANDERLEY RIBEIRO ALMEIDA**

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS ESTRUTURAIS METÁLICOS NO ATUAL  
CENÁRIO DA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA: ESTUDO DE CASO  
PARA A MONTAGEM DE ESTRUTURA E COBERTURA DE GALPÃO  
INDUSTRIAL DE MÉDIO PORTE**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA**

**2017**

**WANDERLEY RIBEIRO ALMEIDA**

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS ESTRUTURAIS METÁLICOS NO ATUAL  
CENÁRIO DA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA: ESTUDO DE CASO  
PARA A MONTAGEM DE ESTRUTURA E COBERTURA DE GALPÃO  
INDUSTRIAL DE MÉDIO PORTE**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gerenciamento de Obras, do Curso de Especialização em Gerenciamento de Obras do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Cezar Augusto Romano

**CURITIBA**

**2017**

**WANDERLEY RIBEIRO ALMEIDA**

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS ESTRUTURAIS METÁLICOS NO ATUAL  
CENÁRIO DA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA: ESTUDO DE CASO  
PARA A MONTAGEM DE ESTRUTURA E COBERTURA DE GALPÃO  
INDUSTRIAL DE MÉDIO PORTE**

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gerenciamento de Obras, Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

---

Prof. Dr. Cezar Augusto Romano  
Departamento Acadêmico de Construção Civil – Câmpus Curitiba

Banca:

---

Prof. Dr. Adalberto Matoski  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba

---

Prof. M. Eng. Massayuki Mário Hara  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba

Curitiba  
2017

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Grande Arquiteto do Universo (Deus), pela infinita sabedoria.

Aos meus pais Luiz Carlos Almeida (*in memoriam*) e Ana Maria Ribeiro de Almeida.

A Augusto Dias (*in memoriam*) pelos ensinamentos na área das estruturas metálicas.

A Stela Máris pelo amor e companheirismo.

Aos colaboradores da Walcon Engenharia Civil e Consultoria Ltda.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Cezar Augusto Romano, pela colaboração e compreensão.

## RESUMO

Os métodos construtivos tradicionais cederam lugar a modernas técnicas construtivas, conseqüentemente, a celeridade com que estas obras são executadas, faz com que o binômio custo *versus* tempo seja o maior diferencial dentro da cadeia produtiva. A utilização e a difusão dos sistemas estruturais metálicos têm se mostrado de suma importância na atual conjuntura econômica brasileira. O emprego desse sistema construtivo dentro de um mercado altamente exigente por novas tecnologias e métodos construtivos, encontra na construção civil o lugar ideal para que seja difundido. O objetivo geral do presente trabalho é estimular a utilização do sistema construtivo metálico no cenário atual da construção civil brasileira. A metodologia utilizada para atingir esse objetivo foi a pesquisa bibliográfica relacionada ao tema e um estudo de caso relativo à execução de obra de montagem de um galpão industrial de médio porte. A somatória de todas essas informações leva a uma comparação entre os sistemas estruturais existentes no mercado e a ressaltar a importância e as vantagens na utilização de sistemas construtivos em aço.

**Palavras-chaves:** Construção Civil. Estruturas Metálicas. Sistemas Construtivos.

## **ABSTRACT**

The use and diffusion of metallic structural systems have been shown to be extremely important in the current Brazilian economic situation. The use of this constructive system within a market highly demanding by new technologies and constructive methods, finds in the civil construction the ideal place to be diffused. The purpose of this work is to characterize the use of this constructive system, since it is a fact that, in the case of industrial constructions, the use of metallic structures is largely due to the use of these elements, whether they are combined with one another or alone with others Constructive systems. The methodology used to achieve this goal was visits to manufacturing companies, construction projects, literary research, manuals, books, monographs and a case study related to this work. Through these materials, it was possible to present and detail several subjects within the context approached, among them the importance of the use of metallic structural systems. The sum of all this information leads to a comparison between the existing structural systems in the market and to emphasize the importance and advantages of building steel.

**Keywords:** Construction. Metallic structures. Constructive Systems.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ponte de Paraíba do Sul.....	16
Figura 2 – Teatro Santa Izabel.....	16
Figura 3 – Elevação Lateral da Obra.....	34
Figura 4 – Elevação Frontal da Obra.....	35
Figura 5 – Placa de Base.....	38
Figura 6 – Pilar Metálico Treliçado.....	39
Figura 7 – Detalhe das Tesouras, Acessórios e Colocação das Telhas .....	40
Figura 8 – Detalhe dos Fechamentos Laterais.....	41

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM - American Society for Testing and Materials

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CBCA - Centro Brasileiro da Construção do Aço

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NBR - Norma Brasileira



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1 A PROBLEMÁTICA	11
1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DA PESQUISA	11
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA	12
1.3.1 Objetivo Geral	12
1.3.2 Objetivos Específicos	12
1.4 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES	13
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>15</b>
2.1 SISTEMAS ESTRUTURAIS EM AÇO	15
2.2 PARADIGMAS EM RELAÇÃO A ESTRUTURAS METÁLICAS	19
2.3 VERDADES SOBRE AS ESTRUTURAS METÁLICAS	21
2.4 O AÇO COMO SOLUÇÃO ESTRUTURAL	22
2.5 QUANDO CONSTRUIR EM AÇO	22
2.6 O TIPO DE ESTRUTURA MAIS ADEQUADA	23
2.6.1 O momento da escolha	24
2.6.2 Análise das características da obra	24
2.6.3 Conhecimento de cada sistema	25
2.7 COMO CONSTRUIR EM AÇO	26
2.8 CONFIGURANDO UM SISTEMA ESTRUTURAL EM AÇO	27
2.9 TIPOS DE AÇO	27
2.10 VANTAGENS DOS SISTEMAS ESTRUTURAIS METÁLICOS	29
<b>3 MÉTODO DE PESQUISA</b>	<b>32</b>
3.1 ESTUDO DE CASO	32
3.1.1 Obra Analisada	32
3.1.2 Apresentação da Obra	32
<b>4 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS</b>	<b>33</b>
4.1 PROJETO E NECESSIDADE DA OBRA	33
4.2 EXECUÇÃO DA OBRA	36
4.3 TERRAPLENAGEM E FUNDAÇÕES	37
4.4 PROCEDIMENTOS NA MONTAGEM DOS PILARES	38
4.5 PROCEDIMENTOS NA MONTAGEM DAS TESOURAS E COBRIMENTO	40
4.6 PROCEDIMENTOS NA MONTAGEM DOS FECHAMENTOS LATERAIS, DA FRENTE E FUNDOS	41
<b>5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>42</b>
REFERÊNCIAS	44

## 1 INTRODUÇÃO

No atual estágio da construção civil brasileira em que a competitividade exigida pelo mercado está cada vez maior, a adoção de métodos construtivos mais modernos, bem como a utilização de técnicas construtivas e de materiais de construção de elevada aplicabilidade e desempenho, tornou os custos de produção das obras de Engenharia Civil um dos principais fatores a serem considerados dentro da cadeia produtiva. Os métodos construtivos tradicionais cederam lugar a modernas técnicas construtivas, conseqüentemente, a celeridade com que essas obras são executadas, faz com que o binômio custo *versus* tempo seja o maior diferencial dentro da cadeia produtiva, pois, em um momento onde os prazos de execução evidenciam-se como preponderantes, e em um cenário em que a economia precisa retomar o aquecimento, é fundamental que as exigências do mercado da construção civil sejam prontamente atendidas.

Faleiros (2010) afirma que a indústria de estruturas metálicas, amplamente difundida em países como Estados Unidos, Reino Unido e Alemanha há décadas, vem nos últimos anos apresentando um expressivo crescimento no Brasil. O consumo de aço destinado às estruturas metálicas passou de 324 mil toneladas em 2002 para 1,6 milhão de toneladas em 2009, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os desembolsos do BNDES destinados a empresas do setor passaram de cerca de R\$ 6 milhões em 2001 para mais de R\$ 156 milhões em 2010.

Outro indício do forte aquecimento da demanda brasileira por estruturas metálicas é a reversão recente do saldo da balança comercial desse setor, que saiu de um quadro sempre superavitário entre 2001 e 2009 para um resultado deficitário em 2010, déficit este que, segundo os números de 2011, tende a se aprofundar.

A utilização de estruturas metálicas está intrinsecamente ligada ao setor da construção civil. Ao encontrar um ambiente de crescimento econômico no qual esse setor se sobressai como um dos mais dinâmicos, explica-se o bom desempenho recente dessa indústria ainda pouco estudada no Brasil, além de pouco difundida, porém, já consolidada em várias outras partes do mundo.

A presente monografia tem como premissa oferecer informações a fim de promover o estímulo para a utilização dos sistemas estruturais metálicos, oferecendo aos profissionais envolvidos no setor que disponham de informações seguras e possam optar por esse sistema estrutural baseado em informações confiáveis e consistentes, tendo como motivador as características dos sistemas estruturais metálicos, suas vantagens e o estudo de caso da construção de um Galpão em estrutura metálica medindo 30 m x 70 m.

### 1.1 A PROBLEMÁTICA

Na atualidade, o mercado brasileiro da Construção Civil não oferece informações a contento quanto à escolha do melhor sistema construtivo a ser adotado, para tanto, quando se pretende optar pela escolha de um sistema estrutural construtivo, nota-se que na maioria das vezes o único fator que é levado em consideração pelos construtores é o custo da obra, outras variáveis fundamentais não são consideradas, seja por desconhecimento de grande parte dos profissionais, seja por falta de informação e divulgação mais efetiva por parte dos órgãos responsáveis pela difusão e divulgação dos sistemas disponíveis no mercado. Com isso, a disponibilidade de informações confiáveis e consistentes faz com que a tomada de decisões nem sempre seja a mais correta, que pode ser gerada pela escolha inadequada e conseqüentemente um dispêndio financeiro inicialmente não previsto quando do planejamento.

### 1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DA PESQUISA

As obras industriais de construção civil, em geral, são as que mais sofrem com a ausência de dados e informações quanto à difusão e à utilização de estruturas metálicas no seu processo construtivo. Os problemas advindos da ausência de uma política industrial de expansão da construção metálica, que incentive a utilização desse sistema estrutural em todos os segmentos da construção, merecem ser destacados, pelo fato de atualmente não haver quadros técnicos qualificados dentro das

construtoras para uma análise minuciosa e criteriosa que possa dar o devido destaque e a devida importância a esse modal construtivo.

Com base nessa questão, optou-se por delimitar e direcionar esta pesquisa para obras de médio e grande porte, haja vista que é onde se concentra a maior parte das obras em execução em nosso país e as quais se utilizam das estruturas metálicas, para que possam ter, com este trabalho, uma fonte de pesquisa e consulta confiável, tendo como finalidade o aprimoramento do conhecimento acerca das atividades relacionadas ao assunto.

A pergunta norteadora do trabalho pode ser descrita resumidamente em:

Por que a construção metálica é hoje uma solução ideal dentro do atual cenário da construção civil brasileira.

### 1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

#### 1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é estimular a utilização do sistema construtivo metálico no cenário atual da construção civil brasileira.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos do trabalho têm-se:

- a) Promover o sistema estrutural dentro da construção civil;
- b) Ampliar o conhecimento e aplicação de sistemas estruturais metálicos em edificações;
- c) Apresentar as suas características por meio do exemplo de obras executadas e estudos de casos;
- d) Caracterizar o sistema estrutural metálico e ampliar os conhecimentos sobre esse sistema construtivo;

- e) Por meio dos resultados dos estudos de casos, fornecer as razões e vantagens da utilização da estrutura metálica, orientando dessa forma os profissionais envolvidos.

#### 1.4 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES

Atualmente, a busca pela qualidade e a crescente racionalização dos processos construtivos, visando ao aumento da produtividade, qualidade e a consequente redução dos custos de construção, resultaram em uma demanda crescente por estruturas metálicas.

A acelerada competitividade do mercado, todavia, exige soluções que, interagidas ao processo construtivo das estruturas metálicas, possam melhorar a eficiência do processo, de forma a eliminar algumas etapas construtivas, minimizando interferências entre os demais sistemas construtivos e fazendo com isso que se eleve a qualidade do produto final. Optar por soluções construtivas que estejam voltadas à industrialização, principalmente com as estruturas metálicas, pode ser um caminho para a melhora da eficiência desse processo.

Justifica-se a abordagem e a exploração deste tema pelo autor fundamentalmente pela necessidade de apresentar e de propor aos construtores e demais interessados, como investidores, informações e o conhecimento adequado das características que envolvem as estruturas metálicas, para, a partir daí tê-la como uma opção construtiva e que atenda as suas necessidades.

O produto a ser obtido ao final deste trabalho é uma contribuição para a escolha das estruturas metálicas como sendo a melhor opção construtiva para obras de médio e grande porte.

#### 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

De início, pretende-se mostrar os paradigmas a que estão submetidas as estruturas metálicas expondo os mais comuns.

Em seguida, serão apresentadas as verdades em relação às estruturas metálicas, mostrando assim que, como existem paradigmas negativos, há uma série de verdades que são comprovadamente aceitas e consagradas pelo uso.

Também será abordado o aço como solução estrutural, a fim de que seja uma escolha racional e estruturada para cada caso em que leve em conta todos os aspectos que possam influenciar o desempenho de uma estrutura e que possa decidir por uma boa solução ao conjunto da obra.

Dando sequência, abordaremos quando devemos executar as estruturas metálicas, a sua forma mais correta e como obter o melhor desempenho destas, haja vista que a competitividade de um sistema estrutural está ligada a características próprias de cada sistema e também a uma configuração correta desse sistema, adotando as escolhas certas para o melhor desempenho do sistema na obra em análise. O objetivo será o de capacitar os diversos profissionais (engenheiros, arquitetos, consultores, construtores e investidores) que estejam envolvidos com empreendimentos que venham a ser edificadas em aço para que possam configurar corretamente essa estrutura.

Finalizando, vamos apresentar por meio do resultado de um estudo de caso, as razões e vantagens da utilização da estrutura metálica no cenário atual, orientando dessa forma os profissionais envolvidos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será abordado um breve histórico sobre o aço e a utilização das estruturas metálicas.

### 2.1 SISTEMAS ESTRUTURAIS EM AÇO

Inaba (2016, p.1) afirma que

Desde o século XVIII, quando se iniciou a utilização das estruturas metálicas na construção civil até os dias atuais, o aço tem possibilitado aos arquitetos, engenheiros e construtores, soluções arrojadas, eficientes e de alta qualidade. Das primeiras obras, aos modernos edifícios que se multiplicaram pelas grandes cidades, a arquitetura em aço sempre esteve associada à ideia de modernidade, inovação e vanguarda, traduzida em obras de grande expressão arquitetônica e que invariavelmente traziam o aço aparente. No entanto, as vantagens da utilização de sistemas construtivos em aço vão muito além da linguagem estética de expressão marcante. Redução do tempo de construção, racionalização no uso de materiais e mão de obra e aumento da produtividade passaram a ser fatores-chave para o sucesso de qualquer empreendimento.

Santos (2007) afirma que as estruturas metálicas têm em seu histórico obras que datam de 1750, quando se descobriu a maneira de produzi-las industrialmente. Por volta de 1780, na França, foi feito seu primeiro emprego estrutural, na escadaria do Louvre e no Teatro do Palais Royal, e na Inglaterra em 1757, onde se fez a primeira ponte de ferro fundido. Em meados de 1880 nos Estados Unidos, principalmente em Chicago, o aço passou a ser utilizado em grande escala na construção de edifícios de múltiplos andares.

A fabricação de obras em estrutura metálica no Brasil começou por volta de 1812. Acredita-se que a primeira obra a usar ferro fundido no Brasil foi no Estaleiro Mauá, em Niterói, RJ, onde se construiu a Ponte de Paraíba do Sul (Figura 01), com vãos de 30 metros, cuja data de construção é de 1857, estando em uso até hoje.



Figura 01: Ponte de Paraíba do Sul – Estaleiro Mauá – Niterói - RJ  
Fonte: [www.saofidelisrj.com.br](http://www.saofidelisrj.com.br) (2016)

A primeira obra brasileira a utilizar aço importado foi o Teatro Santa Izabel (Figura 02), em Recife. Como o Brasil é um país em crescimento, o setor industrial é o grande consumidor de estruturas metálicas, absorvendo a maior parte da produção (SANTOS, 2007).



Figura 02: Teatro Santa Izabel – Recife - PE  
Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br) (2016)



Essas características que transformaram a construção civil no maior mercado para os produtores de aço no exterior começam agora a ser percebidas por aqui, seguindo essa tendência mundial, onde há décadas faz-se o uso de estruturas metálicas em galpões industriais e edifícios de múltiplos andares. O Brasil, embora atrasado, finalmente despertou para o mercado da construção industrializada.

O mercado da construção metálica hoje, no Brasil, se apresenta em um período de consolidação, caracterizado por um crescimento contínuo da utilização desse modal construtivo, graças à maior variedade de produtos oferecidos, ao maior número de profissionais envolvidos e às vantagens da utilização do aço em elementos pré-fabricados. Embora o conhecimento técnico hoje seja mais difundido do que há alguns anos, observa-se que o número de profissionais especializados atuantes ainda não é suficiente para acompanhar a demanda em crescimento do mercado da construção metálica.

D'Alambert (2004) afirma que a utilização do aço como elemento estrutural no Brasil ainda é pequena nos diversos segmentos da construção, com exceção da área industrial, onde já existe uma participação expressiva do aço, principalmente na fabricação de galpões. Mas, mesmo nesse segmento, ainda é relativamente reduzida a utilização de galpões do tipo pórtico estruturado com perfis de alma cheia. Em outros países, onde a cultura do aço é mais difundida, essa solução é amplamente utilizada, devido à praticidade e rapidez na execução dos projetos.

Na disputa com o concreto armado, as estruturas metálicas já despontam como sendo a primeira opção na construção civil, ao menos nas obras de grande porte.

Nessas obras, as estruturas metálicas chegam sob a forma de estruturas metálicas pré-moldadas, prontas para uso. "A construção em aço representa atualmente cerca de 15% do universo do setor de edificações no Brasil", segundo Fonseca (2015, p. 2) do Centro Brasileiro da Construção do Aço (CBCA).

Ainda há muito espaço para o crescimento desse sistema estrutural. Nos Estados Unidos, 50% das construções multiandares comerciais são em aço; na Inglaterra, chegam a 70%. Fonseca (2015, p. 2) observa que "hoje, produtividade e sustentabilidade são palavras-chaves na área de construção" e que o aço atende a

essa expectativa. "Esperamos atingir 20% das construções em aço nos próximos cinco anos."

Segundo Fonseca (2015, p. 2), em processos convencionais, o desperdício de materiais pode chegar a 25% em peso. Com o aço, o entulho da obra deixa de existir ou é reciclado. "Por serem mais leves, as estruturas metálicas podem reduzir em até 30% o custo das fundações." O tempo de construção é reduzido entre 10% e 20%.

A aceitação do aço se dá, sobretudo, pelo uso de estruturas prontas.

A construção metálica vem crescendo entre 30% e 50% mais que as obras com concreto nos últimos cinco anos no país. Na Arcelor, a estrutura metálica cresce 30% mais que o concreto armado. Nos próximos cinco anos, a tendência é que a construção com estrutura metálica continue crescendo, e só depois se estabilizará. (PAULA, 2015, p. 1)

De acordo com Paula (2015, p. 1), "cerca de 80% do que a companhia vende hoje para as construtoras são soluções com serviços agregados, prontas; há uma década eram 10%". Na média das construtoras, ele estima que entre 50% e 60% do aço já chega ao canteiro como soluções para agilizar a construção.

Por conta das vantagens, a construção civil já representa entre 35% e 40% nas carteiras de clientes das siderúrgicas. Para atender a essa demanda, as empresas apostam em soluções que permitam que essas estruturas metálicas cheguem praticamente prontas da fábrica no canteiro de obras.

A pouca resistência que ainda persiste para a substituição do concreto pelo aço não se justifica mais pelo preço, já que as reduções do tempo e da mão de obra compensam a diferença. O que prevalece é uma cultura pelo concreto armado que vem das escolas de engenharia do país.

A disputa entre aço e concreto também divide países europeus, conforme afirma Paula (2015, p. 1) "Na Alemanha, cerca de 80% das construções de edifícios e pontes são feitas com aço; na França 80% são de concreto".

Verifica-se que o Brasil está mais próximo dos conservadores franceses que dos ingleses. Mas tanto lá fora como aqui, o *lobby* das siderúrgicas é no sentido de ressaltar as vantagens do aço.

Quando pensamos em aço, se pensa em uma obra de grande modernidade, esteticamente agradável e de longa durabilidade.

A construção metálica agrega redução de tempo do empreendimento, mão de obra especializada, racionalização no uso de materiais e aumento da produtividade no canteiro. Outro benefício é a redução do cronograma de entrega, o que permite antecipar a entrega e o uso do imóvel.

Se diante do concreto o aço vai bem, o mercado da construção no seu conjunto vai mal. "Mesmo nas estruturas metálicas, houve queda de 13% no primeiro trimestre de 2015 sobre mesmo intervalo do ano passado". (PAULA, 2015, p. 2)

De acordo com o Instituto Aço Brasil, o consumo de aço para estruturas metálicas voltadas para a construção cresceu 6,4% entre 2012 e 2013 e para 11,4% em 2015.

## 2.2 PARADIGMAS EM RELAÇÃO ÀS ESTRUTURAS METÁLICAS

Para Pinho et al. (2008), há muitos paradigmas relacionados com as estruturas de aço que podem impedir uma análise correta desse sistema estrutural quando dos estudos referentes à qualidade das estruturas e da viabilidade dos investimentos.

Os mais comuns são:

- a estrutura de aço possui um custo elevado;
- o aço oxida-se rapidamente;
- existem dificuldades com as interfaces (concreto armado e pré-moldado);
- 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 de tal forma que, se empregados corretamente, trazem uma série de vantagens para o conjunto da obra, que podem facilmente reverter o custo final, mesmo com um custo específico maior.

Quanto à 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 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 manuais do Centro Brasileiro da Construção em Aço:

- **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, gesso acartonado e metálicos;
- **Interfaces Aço-Concreto** – para soluções e recomendações, inclusive no 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 da 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 necessária uma proteção adicional contra fogo, com custos conhecidos e muito próximos dos padrões internacionais e não deve inviabilizar nenhuma estrutura.

Finalmente, 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.

## 2.3 VERDADES SOBRE AS ESTRUTURAS METÁLICAS

Segundo Pinho et al. (2008), da mesma forma que ainda existem vários paradigmas negativos em relação às 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. Essa 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. Essa 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 essa 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, haja vista que, esgotada a vida útil de uma edificação, esse aço pode retornar aos fornos sob a forma de sucata e se tornar um novo aço sem a perda de qualidade.

## 2.4 O AÇO COMO SOLUÇÃO ESTRUTURAL

Pinho et al. (2008) concluem 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.

## 2.5 QUANDO CONSTRUIR EM AÇO

Para Pinho et al. (2008), a pergunta “**Quando construir em aço?**” é frequentemente 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) nos 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, pelo 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 adequado para a minha obra?”**

A maior dificuldade para identificar o tipo de estrutura mais adequado 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.

## 2.6 O TIPO DE ESTRUTURA MAIS ADEQUADO

Segundo Pinho et al. (2008), 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.

### 2.6.1 O Momento da Escolha

Para Pinho et al. (2008), é unanimidade entre os profissionais envolvidos na execução de uma obra que quanto mais cedo for feita a escolha do tipo da estrutura,

maior será o tempo para a otimização do sistema escolhido, obtendo assim o melhor resultado para a obra.

### **2.6.2 Análise das Características da Obra**

De início deverá ser feito o levantamento das características da obra em análise que possam interferir na escolha do sistema estrutural, identificando sempre as mais importantes para o empreendimento. A seguir, algumas características de obra que podem ter 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 com os sistemas 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 de materiais/mão de obra;
- Segurança do trabalhador;
- Custos financeiros;
- Adequação ambiental;
- Qualidade e durabilidade;



- Desempenho;
- Incômodo de áreas próximas.

### **2.6.3 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. A seguir, alguns itens que devem compor 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;
- Tipo de proteção contra a corrosão;
- Tipo de proteção contra incêndio;
- Durabilidade;
- Esquema de montagem.

## **2.7 COMO CONSTRUIR EM AÇO**

De acordo com Pinho et al. (2008), um sistema estrutural precisa ser devidamente configurado para uma melhor obra, e um sistema bem configurado não é necessariamente um 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.

Ao configurar um sistema estrutural, deve-se ter em mente o conhecimento do conjunto das escolhas feitas para cada uma das opções que formam o sistema (componentes, elementos e subsistemas), 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 às 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.

Será feita uma abordagem para as configurações dos seguintes sistemas estruturais:

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

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.

## 2.8 CONFIGURANDO UM SISTEMA ESTRUTURAL EM AÇO

Para Bellei et al. (2011), um sistema estrutural todo de aço, ou um sistema misto aço/concreto podem ser configurados pelas escolhas feitas para cada um dos seguintes itens:

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

## 2.9 TIPOS DE AÇO

Segundo Bellei et al. (2011), aços estruturais são todos os aços que, devido à sua resistência mecânica, resistência à corrosão, ductilidade, 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%) e 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, podem significar elementos mais delgados, mais leves e mais econômicos.

## 2.10 VANTAGENS DOS SISTEMAS ESTRUTURAIS METÁLICOS

De acordo com Inaba (2016), o sistema construtivo em aço apresenta vantagens significativas, algumas delas abaixo:

- **Liberdade no projeto de arquitetura** - A tecnologia do aço confere aos arquitetos total liberdade criadora, permitindo a elaboração de projetos arrojados e de expressão arquitetônica marcante.
- **Maior área útil** - As seções dos pilares e vigas de aço são substancialmente mais esbeltas do que as equivalentes em concreto, resultando em melhor aproveitamento do espaço interno e aumento da área útil, fator muito importante principalmente em garagens.
- **Flexibilidade** - A estrutura em aço mostra-se especialmente indicada nos casos onde há necessidade de adaptações, ampliações, reformas e mudança de ocupação de edifícios. Além disso, torna mais fácil a passagem de utilidades como água, ar-condicionado, eletricidade, esgoto, telefonia, informática, etc. As edificações com estrutura em aço oferecem máxima liberdade ao empreendimento, tanto na fase de operação como em futuras adaptações. As construções podem ser facilmente modificadas ou ampliadas para se adaptarem a novos usos.

**Compatibilidade com outros materiais** - O sistema construtivo em aço é perfeitamente compatível com qualquer tipo de material de fechamento, tanto vertical como horizontal, admitindo desde os mais convencionais (tijolos e blocos, lajes moldadas *in loco*) até componentes pré-fabricados (lajes e painéis de concreto, painéis "dry-wall", etc.).

- **Menor prazo de execução** - A fabricação da estrutura em paralelo com a execução das fundações, a possibilidade de se trabalhar em diversas frentes de serviços, simultaneamente, a diminuição de formas e escoramentos e o fato da montagem da estrutura não ser afetada pela ocorrência de chuvas, pode levar a

uma redução de até 40% no tempo de execução quando comparado com os processos convencionais. O aço permite maior velocidade da construção, visto que os componentes, na sua maioria, são produzidos fora do canteiro de obra. O tempo de construção é mais curto, minimizando os incômodos causados à vizinhança.

- **Racionalização de materiais e mão de obra** - Em uma obra, por meio de processos convencionais, o desperdício de materiais pode chegar a 25% em peso. A estrutura em aço possibilita a adoção de sistemas industrializados, fazendo com que o desperdício seja sensivelmente reduzido.
- **Alívio de carga nas fundações** - Por serem mais leves, as estruturas em aço podem reduzir em até 30% o custo das fundações.
- **Garantia de qualidade e durabilidade** - A fabricação de uma estrutura em aço ocorre dentro de uma indústria e conta com mão de obra altamente qualificada, o que dá ao cliente a garantia de uma obra com qualidade superior devido ao rígido controle existente durante todo o processo industrial. Existem diversas maneiras de proteção efetiva do aço contra corrosão, seja por meio de revestimento metálico ou pintura, ou ambos, que são cada vez mais aplicados diretamente às chapas ou à estrutura durante o processo de fabricação.
- **Antecipação do ganho** - Em função da maior velocidade de execução da obra, haverá um ganho adicional pela ocupação antecipada do imóvel e pela rapidez no retorno do capital investido.
- **Organização do canteiro de obras** - Como a estrutura em aço é totalmente pré-fabricada, há uma melhor organização do canteiro devido, entre outros, à ausência de grandes depósitos de areia, brita, cimento, madeiras e ferragens, reduzindo também o inevitável desperdício desses materiais. O ambiente limpo com menor geração de entulho oferece ainda melhores condições de segurança

ao trabalhador, contribuindo para a redução dos acidentes na obra.

- **Precisão construtiva** - Enquanto nas estruturas de concreto a precisão é medida em centímetros, em uma estrutura em aço a unidade empregada é o milímetro. Isso garante uma estrutura perfeitamente aprumada e nivelada, facilitando atividades, como o assentamento de esquadrias, instalação de elevadores, bem como redução no custo dos materiais de revestimento.
- **Reciclabilidade** - O aço é 100% reciclável e as estruturas podem ser desmontadas e reaproveitadas com menor geração de rejeitos. O aço pode ser reciclado em sua totalidade sem perder nenhuma de suas qualidades. Devido a suas propriedades magnéticas, que não são encontradas em nenhum outro material, o aço é facilmente separado de outros materiais, possibilitando elevados índices de reciclagem.
- **Preservação do meio ambiente** - A estrutura em aço é menos agressiva ao meio ambiente, pois além de reduzir o consumo de madeira na obra, diminui a emissão de material particulado e poluição sonora geradas pelas serras e outros equipamentos destinados a trabalhar a madeira.

### **3 MÉTODO DE PESQUISA**

A metodologia utilizada para realização deste trabalho foi em parte a pesquisa bibliográfica e literária de materiais relacionados ao tema por se tratar de um material teórico, de fundamentação, definições e conceitos, além do estudo de caso de uma obra caracterizada como Galpão em estrutura metálica, medindo 30 m x 70 m, destinada para fins de depósito.

Primeiramente, por meio de pesquisa às normas técnicas, livros, sites e outros trabalhos sobre o assunto, trataram-se dos principais assuntos relacionados ao tema estruturas metálicas, fazendo-se um destaque para as vantagens do sistema estrutural metálico e, posteriormente, abordou-se e descreveu-se o estudo de caso de uma obra.

#### **3.1 ESTUDO DE CASO**

##### **3.1.1 Obra Analisada**

A obra analisada está localizada em Curitiba (PR), foi executada no ano de 2015 e atua no ramo de tapetes, carpetes e materiais de construção. Dessa forma, foi possível estudar esse sistema estrutural em dois diferentes ambientes de trabalho, interno e externo, cada um com as suas características e condições próprias.

##### **3.1.2 Apresentação da Obra**

A edificação analisada foi executada no ano de 2015 e está situada em Curitiba (PR). A obra em estudo é um Galpão em Estrutura Metálica destinado para fins de depósito, medindo 30 m x 70 m com pé direito de 9,50 m de altura.

Área Construída: 2.100,00 m<sup>2</sup>

Aços Empregados: ASTM 572 GRAU 50 e ASTM A36 para chapas

Fabricação e Montagem da Estrutura em Aço: Empresa A (fictícia)

Data de Projeto: 12/2014

Data do início da construção da estrutura: 05/2015



## 4 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

Este capítulo divide-se em duas partes. A primeira delas visa orientar o cliente quanto às características e variáveis envolvidas em cada etapa da construção, a fim de atendê-lo de forma plena e satisfatória, antes, durante e posterior a sua execução, haja vista que, quando o cliente nos contactou, já estava definido o tipo de estrutura que seria adotado. Para tanto, exigiu-se dos contratados a total observância dos fatores que determinaram a sua escolha pelo sistema estrutural metálico, destacando os principais aspectos a serem levados em consideração em cada uma das etapas construtivas, alertando e comunicando sobre as etapas que seriam desenvolvidas e os cuidados que seriam tomados a fim de se evitar falhas, retrabalhos, má qualidade de execução e custos adicionais. A segunda parte visa descrever a execução da obra propriamente dita, por meio de informações preliminares e o passo a passo até a entrega da estrutura contratada.

### 4.1 PROJETO E NECESSIDADE DA OBRA

De posse do projeto arquitetônico, das informações geotécnicas e topográficas, foi desenvolvido o projeto da estrutura metálica. O proprietário e o responsável pelo projeto arquitetônico solicitaram apenas que fosse considerada a presença de uma parede de alvenaria de blocos cerâmicos na altura de 3,00 metros em todo o perímetro do galpão e, nos 6,50 m restantes, que fosse executado o fechamento com painéis (telhas) de aço zincado. De posse dessas informações e do projeto estrutural metálico definido, poderia ser estabelecido um cronograma que resultasse em uma grande rapidez construtiva, haja vista que, no caso de galpões, a decisão por uma solução mais rápida garante um rápido retorno, fator preponderante para viabilização da obra.

O projeto estrutural metálico foi desenvolvido para um galpão em estrutura metálica medindo 30 metros de vão por 70 metros de comprimento, com beirais, dispostos em 14 vãos de 5,00 metros cada e utilizando-se pórtico em estrutura metálica

de duas águas, com pé direito de 9,50 metros, frente e fundos fechados em alvenaria e telhas de aço. As laterais, frente e fundos são fechados até altura de 3,00 metros em alvenaria e 6,50 metros em telhas de aço (Figura 03).



Figura 03: Elevação lateral da obra  
Fonte: Acervo do autor (2016)

A inclinação determinada para o estudo foi de 13,1%, sendo considerados os beirais para cobertura e as telhas utilizadas são de aço zincado galvanizado do tipo ondulada em chapa de 0,5 mm disposta sobre terças a cada 1,64 metro, com comprimento total de cada telha de 6,60 metros.

A geometria adotada da estrutura metálica de cobertura é de uma tesoura treliçada (Figura 04) de 30,00 metros de vão e altura de 3,50 metros, dispostos em 14 vãos de 5,00 metros apoiados sobre pilares metálicos treliçados, com pé direito de 9,50 metros. Frente e fundos das tesouras serão fechados com telhas de aço.



Figura 04: Elevação frontal da obra  
Fonte: Acervo do autor (2016)

O local da execução da referida obra é a cidade de Curitiba e tem por finalidade o depósito e armazenamento de tapetes, carpetes e materiais para construção, haja vista que o local utilizado já se mostrava insuficiente quanto à área, pois se localizava em uma via de tráfego intenso e com valor de locação incompatível com a realidade econômica do mercado.

Para o projeto e execução da obra foram consideradas todas as informações relevantes para sua finalidade, como armazenamento, localização, logística dos materiais, área de movimentação de empilhadeira, área de carga e descarga e administração.

Buscou-se adequar o projeto às necessidades do cliente abaixo solicitadas:

- Menor custo total da construção;

- Redução do peso da estrutura metálica;
- Menor prazo de execução possível;
- Redução de mão de obra;
- Redução dos custos de manutenção.

O presente projeto atende às normas vigentes da ABNT para edificações, Leis e Decretos Municipais, Estaduais e Federais. Esses requisitos serão atendidos pelo executor da obra em estrutura metálica, que também deverá atender ao que está explicitamente indicado no projeto, devendo os serviços obedecer às especificações do presente projeto.

Entre as normas técnicas mais relevantes e que nortearam o serviço de desenvolvimento deste projeto de estrutura metálica, destacam-se as seguintes normas da ABNT:

- NBR 14762** – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio;
- NBR 6123** – Forças devidas ao vento em edificações;
- NBR 8800** – Projeto de estrutura de aço em edifícios;
- NBR 6120** – Cargas para cálculo de estrutura de edificações;

## 4.2 EXECUÇÕES DA OBRA

Na análise sobre a viabilidade e execução da obra, ainda na fase do projeto, realizada entre o contratante e o engenheiro responsável pelo projeto, considerou-se que a construção do galpão exigia um sistema de construção que atendesse tanto as necessidades de prazo quanto de custo, além de toda a logística de construção que esse tipo de obra exige, porém, com os menores impactos possíveis.

De início, o contratante, ao analisar a necessidade de prazo e logística, optou pela adoção do sistema estrutural metálico, descartando qualquer outra estrutura, seja a convencional em concreto armado ou a pré-moldada, o motivo era de que necessitava estar com a obra totalmente concluída em um prazo de 120 dias. Situada

em uma região com baixo adensamento populacional e de baixo fluxo de tráfego, permitiria, durante o período da construção, as movimentações decorrentes dos trabalhos na obra, as quais não causariam impactos significativos à vizinhança e ao trânsito da região.

A adoção de estrutura de concreto armado, segundo ele, acarretaria em severas dificuldades logísticas e de movimentação de cargas às demais empresas da região, uma vez que o recebimento de caminhões betoneiras e o constante fluxo de materiais de construção prejudicariam um sentido da rua.

Assim, a decisão pelo uso de estrutura metálica se deu por uma combinação entre baixo custo e rapidez na construção, aliada a logística que esse tipo de obra representa, bem como a agilidade e economia.

#### 4.3 TERRAPLENAGEM E FUNDAÇÕES

A terraplenagem foi executada em 09 dias, compreendendo os serviços de corte, nivelamento e compactação. As fundações, compreendendo os serviços de escavação das estacas, blocos de coroamento e vigas baldrames, foram executadas em 22 dias por empresa terceirizada, a qual, após receber os trabalhos de terraplenagem, efetuou a locação da obra em conjunto com a equipe de topografia, que esteve presente durante todo o período de escavação das estacas. A equipe de fundações, em companhia do encarregado da montagem da estrutura metálica, definiu “*in loco*” a posição dos blocos de fundação, os quais levariam junto as suas superfícies, uma placa de base (Figura 05), que seria embutida em conjunto dos chumbadores durante a concretagem dos blocos, a fim de que, posteriormente, pudesse receber os pilares metálicos.

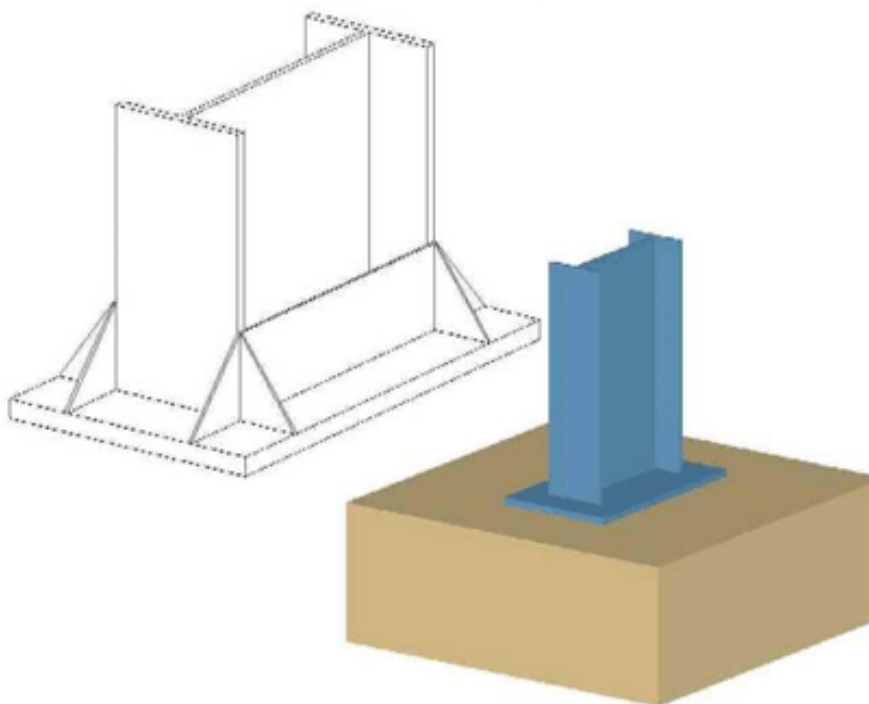


Figura 05: Placa de Base

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br) (2015)

#### 4.4 PROCEDIMENTOS NA MONTAGEM DOS PILARES

Quando da instalação dos pilares metálicos (Figura 06), foram necessárias 10 horas de munck para que fossem colocados os 30 pilares de 9,50 metros cada, incluindo nesse tempo os serviços de fixação e solda dos pilares junto à placa de base. Tal desempenho ficou dentro do planejado, pois inicialmente havia uma estimativa de que seriam necessárias 12 horas, todavia, o serviço foi concluído em 10 horas máquina. Tal desempenho nessa montagem, segundo o operador de munck, não seria possível de alcançar se tivessem sido adotados pilares convencionais moldados no local ou pilares pré-moldados; o primeiro, porque seria necessário que se fizesse em etapas, pois a altura do pilar, 9,50 metros, causaria uma mobilização da equipe de carpintaria e de serventes para a concretagem, além do fato de não poder ser efetuada a instalação das tesouras metálicas logo após, haja vista que, na prática, quando isso acontece, somente após 07 dias são apoiadas as estruturas nesses pilares, mesmo assim, utilizando-se concreto usinado.



O segundo, porque seria necessário mais que o triplo do tempo que se utilizou na montagem dos pilares metálicos, pois o trabalho de embutimento dos pilares junto aos colarinhos é feito simultaneamente ao içamento dos pilares e a altura dos mesmos faz com que a mobilização seja levemente dificultada e a velocidade na colocação dessas peças seja mais lenta. Além disso, pilares pré-moldados com essa altura necessariamente possuem vigas de travamento a meia altura a fim de se evitar deslocamentos horizontais.



Figura 06: Pilar metálico treliçado  
Fonte: Acervo do autor (2016)

#### 4.5 PROCEDIMENTOS NA MONTAGEM DAS TESOURAS E COBRIMENTO

Na instalação das tesouras (Figura 07), foram necessárias 08 horas de munck para que fossem colocadas as 15 peças de 30,00 metros cada, sendo que nesse tempo estão inclusos os trabalhos de soldagem das tesouras nos pilares e a soldagem dos pilares nas placas de base. Essa etapa contou com dois montadores e quatro ajudantes, sequencialmente iniciou-se a colocação das terças da cobertura (Figura 07), colocação dos acessórios de fixação, como contraventamentos, mãos francesas e tirantes rígidos. Essa etapa foi executada em 12 dias; havia uma estimativa inicial de que se levariam 18 dias para a execução desses trabalhos, haja vista que nesse período houve 3 dias chuvosos, o que poderia comprometer a execução desses trabalhos.



Figura 07: Detalhe das tesouras, acessórios e colocação das telhas

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br) (2015)



#### 4.6 PROCEDIMENTOS NA MONTAGEM DOS FECHAMENTOS LATERAIS, DA FRENTE E FUNDOS

Quando da montagem dos fechamentos laterais, frente e fundos a partir dos 3,00 metros estabelecidos (Figura 08), em paralelo iniciou-se a execução da alvenaria e do piso industrial da obra (Figura 03). Embora sejam tarefas distintas, elas não se confrontavam entre si, todavia impactavam de modo significativo no prazo de execução de 120 dias da obra e que houvera sido estabelecido e exigido pelo proprietário, pois, estando a obra totalmente coberta, foi possível que essas três frentes de trabalho pudessem desenvolver seus serviços em tempo hábil, sem receios de intervenções climáticas que pudessem causar impedimentos e atrasos. Nessa etapa de execução da instalação das estruturas dos fechamentos laterais, frentes e fundos (Figura 08), foram necessários 06 dias de trabalho. Tal desempenho ficou dentro do planejado, pois inicialmente havia uma estimativa de que seriam necessários 8 dias.



Figura 08: Detalhe dos fechamentos laterais  
Fonte: Acervo do autor (2015)

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O emprego das estruturas metálicas evidencia uma quebra de paradigmas em relação a sua utilização e se torna uma alternativa fundamental na construção civil, o binômio custo x benefício tornou-se um fator decisivo, principalmente para obras comerciais e industriais, como *shoppings centers* e galpões, nos quais o tempo de execução é um fator determinante e influencia diretamente no retorno financeiro do empreendimento. No estudo de caso abordado a estrutura metálica foi executada em 21 dias após a conclusão das fundações, restando um prazo de 77 dias para a conclusão dos demais serviços, como instalações elétricas, hidráulicas e acabamento.

Uma vez que o mercado exige obras rápidas, duráveis, precisas, flexíveis, que tenham facilidade de manutenção e reparo, com pouca geração de resíduos e que garantam uma viabilidade técnica e econômica satisfatória para aqueles que pretendem adotá-la, portanto, a escolha pelo sistema estrutural metálico, assim como planejamento das suas etapas construtivas e o conhecimento dos materiais, são fatores importantes para a obtenção de êxito em seu produto final.

Através do presente estudo de caso, pode-se afirmar que um planejamento minucioso daquilo que pretende se obter e com experiência na avaliação de resultados, aliados a uma correta divulgação desse sistema construtivo aos clientes potenciais, a utilização das estruturas metálicas tende a uma difusão cada vez maior, seja em função de suas inúmeras vantagens, técnicas ou econômicas. A contribuição deste estudo de caso visa por meio de resultados em uma obra específica, estabelecer a sua importância e o seu posicionamento no mercado.

Conclui-se que uma solução estrutural deve ser escolhida com base no conhecimento desses sistemas e de suas características. Através de uma análise incompleta e distorcida pode-se perder os benefícios de uma boa solução. O que se pretende é encontrar a solução estrutural adequada, 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. No estudo em questão, a estrutura metálica atingiu os objetivos esperados pelo contratante.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: projeto e execução de estruturas de aço de edifícios, 2008.

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**.

BELLEI, Ildony H. et al. **Edifícios de pequeno porte estruturados em aço**. Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2011.

D'ALAMBERT, Flávio. **Galpões em pórticos com perfis estruturais laminados**. 2. ed. Gerdau Açominas, 2004.

FALEIROS, João P. M. et al. O crescimento da indústria brasileira de estruturas metálicas: um panorama do período 2001-2010. **Revista BNDES Setorial** 35, 2010.

FONSECA, Carolina. **Estrutura Metálica é aposta na construção**. Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2015.

INABA, Roberto. **Construções Metálicas: o uso do Aço na Construção Civil**. Portal Metálica, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA. **Galpões para usos gerais**. 3. ed. IBS/CBCA, 2004.

PAULA, Jeferson de. **Estrutura Metálica é aposta na construção**. Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2015.

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

PINHO, Fernando Ottoboni. **Viabilidade Econômica** – Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2008.

SANTOS, Raquel Simone. **Comparativo entre estruturas de aço e concreto Armado**. Monografia defendida e aprovada na Universidade São Francisco em 13 de dezembro de 2007.