

O Uso do Aço na Construção Civil

Nair do Amaral Sampaio Neta (Centro Universitário Christus) nairsampaio.nsn@gmail.com

Francisco Malaquias Ferrer Neto (Centro Universitário Christus) ferrerneto12@outlook.com

Resumo:

O aço na construção civil, mais especificamente, a alimentícia, é usado desde antigamente, em meados do século XVIII. A liga de aço inoxidável, com sua combinação de ferro, cromo e níquel, contém uma proteção em forma de filme passivo em sua superfície, que evita a corrosão. Este é, por sinal, o principal motivo pelo qual ela é largamente usada na indústria de alimentos. Esse material sempre proporcionou aos arquitetos, engenheiros e construtores, recursos arrojados, hábeis e de alto predicado. O aço no âmbito da construção civil tem um ar de inovação, modernidade e vanguarda, devido suas diversas vantagens ao ser utilizado. O seu ponto principal de uso é quanto à estética, pois o aço é bastante usado pelos arquitetos em decorações arquitetônicas e pelos engenheiros, por possuir mão de obra barateada e por possuir uma redução do tempo de construção. Como foi mencionado acima, o aço possui diversas vantagens e utilizações no setor construtivo, entre elas estão, o menor prazo de execução, o aço possui maior flexibilidade, é um produto 100% reciclável, possui boa precisão construtivas entre outras características. Com base no exposto, este trabalho tem como objetivo, retratar a importância do aço na construção civil através de suas propriedades, inovações tecnológicas bem como a ideia de preservação do meio ambiente que vem se expandindo gradativamente.

Palavras-chave: Aço, Construção Civil, Inovação, Meio Ambiente.

The Use of Steel in Civil Construction

Abstract

Steel in the civil construction, more specifically, food, has been used since ancient times, in the middle of century XVIII. The stainless steel alloy, with its combination of iron, chromium and nickel, contains a passive film protection on its surface, which prevents corrosion. This is, by the way, the main reason it is widely used in the food industry. This material has always provided architects, engineers, and builders with bold, skillful, and high-predicate resources. Steel in the scope of civil construction has an air of innovation, modernity and vanguard, due to its several advantages when being used. Its main point of use is in terms of aesthetics, since steel is widely used by architects in architectural decorations and by engineers, because it has a cheap labor and because it has a reduction in construction time. As mentioned above, steel has several advantages and uses in the construction sector, among them are the shorter execution time, steel has greater flexibility, is a 100% recyclable product, and has good constructive precision and other features. Based on the above, this paper aims to portray the importance of steel in the civil construction by properties, technological innovations as well as the idea of preserving the environment that has been gradually expanding.

Key-words: Steel, civil construction, Innovation, Environment.

1. Introdução

A busca por novos materiais fez com que a engenharia acompanhasse as tendências mundiais e inovassem buscando o desenvolvimento de materiais que possuísem baixo custo de produção, diminuição no período das obras e aumento na eficácia. Dessa forma, o aço começou a ser estudado mais profundamente devido suas inúmeras características que conseguiam satisfazer essa necessidade (DIAS, 1997).

Desde o século XVIII, quando se deu início ao uso de armações metálicas na construção civil até os dias atuais, o aço tem permitido aos arquitetos, engenheiros e construtores, recursos arrojados, hábeis e de boa qualidade. Das obras iniciais, como a ponte *Ironbridge* na Inglaterra, de 1779 aos contemporâneos edifícios que se ponderaram pelas amplas cidades, a arquitetura em aço sempre esteve adjunta ao conceito de modernidade e inovação demonstrada em obras de ampla expressão arquitetural e que constantemente apresentavam o aço aparente (BENÉVOLO, 1989; BRUNA, 1976).

No entanto, os benefícios no emprego de aparelhos construtivos em aço vão muito mais à frente da elocução estética de expressão acentuada, entre elas estão a, diminuição do tempo de edificação, racionalização na utilização de materiais e mão de obra e ampliação da produção, sobrevieram a serem fatores importantes para o sucesso de qualquer empreendimento (DIAS, 1997).

O aço é um produto resultante das interações entre o ferro (Fe), o carbono (C) e outros componentes, que se encontra em bastante expansão quanto a sua utilização nas obras. A característica de ser bastante flexível fez com que o aço se tornasse um produto em destaque no cenário mundial, tornando-o muito procurado e requisitado pelos arquitetos e engenheiros (DIAS, 2001).

São conhecidas, atualmente, mais de 3 mil tipos de aços dos quais existe uma parte designada especificamente para a construção civil, ou seja, só é usada para finalidades construtivas. Nessa área de atuação do aço, ele pode ser empregado de duas maneiras: nas edificações, onde a base da estrutura é montada com componentes de aço, ou ele pode ser empregado também, nas formas de armadura, complementando a estrutura de concreto armado (MANDOLESI, 1981).

Nas grandes cidades, o aço se torna uma alternativa bastante útil, devido às cidades possuírem grandes áreas livres, e com isso, implicaria uma melhor utilização do espaço que se dispõe, devido as seções de pilares e vigas de aço serem mais reduzidas que as de concreto, aumentando ainda, a área útil do projeto (FERREIRA, 1998; MANDOLESI, 1981).

O aço começou a ser mais utilizado no final do século XIX com o aparecimento do concreto armado. O concreto armado utiliza as vantagens do concreto, que é a alta resistência às compressões, e também do aço, por possuir alta resistência às tensões. Com a junção do concreto e do aço, formando o concreto armado, foi possível que se projetasse edifícios mais altos, como aconteceu em Ohio, a construção do edifício *Ingalls*, conhecido mundialmente como o primeiro arranha-céu do mundo, e o interessante, é que ele possuía apenas 15 andares quando foi edificado (BENÉVOLO, 1989).

Como foi mencionado acima, a utilização do aço propôs um melhor aproveitamento do espaço, pois com as armações metálicas, menores pilares são necessários para sustentar a edificação (MANDOLESI, 1981).

No Brasil, o prédio do Museu de Arte de São Paulo, o MASP, é um exemplo de estrutura em concreto armado. O MASP possui um vão livre muito grande aproximadamente 76 metros, e isso só foram possíveis com a utilização de estruturas de aço junto com o concreto. O aço para fins construtivos pode ser disponibilizado de muitas maneiras pelas siderurgias nas formas de

chapas finas, grossas, perfis laminados, tubos, capas e vergalhões (FERREIRA, 1998; MANDOLESI, 1981; PARREIRAS, 2001).

Um aspecto importante que deve ser observado e estudado quanto a utilizar estruturas de aço é a corrosão. Uma maneira de contrafazer esse desgaste é o uso de pinturas específicas, mas isso retira uma grande parte do projeto arquitetônico, fazendo com que muitos arquitetos não utilizem essas tintas. Sem o uso de pinturas, devem ser feitas algumas considerações das condições locais e que o aço fique exposto a uma atmosfera de grande quantidade de dióxido de enxofre (SO_2), para formar uma camada de pátina, que dificulta a corrosão (MANDOLESI, 1981; PARREIRAS, 2001).

Esses fatores que demudaram a construção civil no maior mercado para os fabricantes de aço no exterior dão início agora a serem abrangidas por aqui. Procurando impulsionar este mercado e colocar o Brasil em uma posição elevada de desenvolvimento tecnológico como os outros países, a COSIPA (Companhia Siderúrgica Paulista) vem apresentar uma grande opção de aços para utilização exclusiva no setor construtivo.

Produzidos com os mais adiantados artifícios de produção, os aços COSIPA possuem propriedades de qualidade garantidas através das certificações ISO 9001 e ISO 14001. A concorrência da construção metálica tem permitido o emprego do aço em obras como, escritórios e apartamentos, casas, moradias populares, pontes, passarelas, supermercados, *shoppings centers*, lojas, postos de gasolina, estações rododferroviárias, etc.

De acordo com o exposto, o aço já faz parte do cotidiano das obras, fazendo com que o Brasil se torne o nono maior produtor desse material. No gráfico abaixo, estão listadas a produção de aço bruto nos 20 maiores países produtores de aço, no ano de 2013.



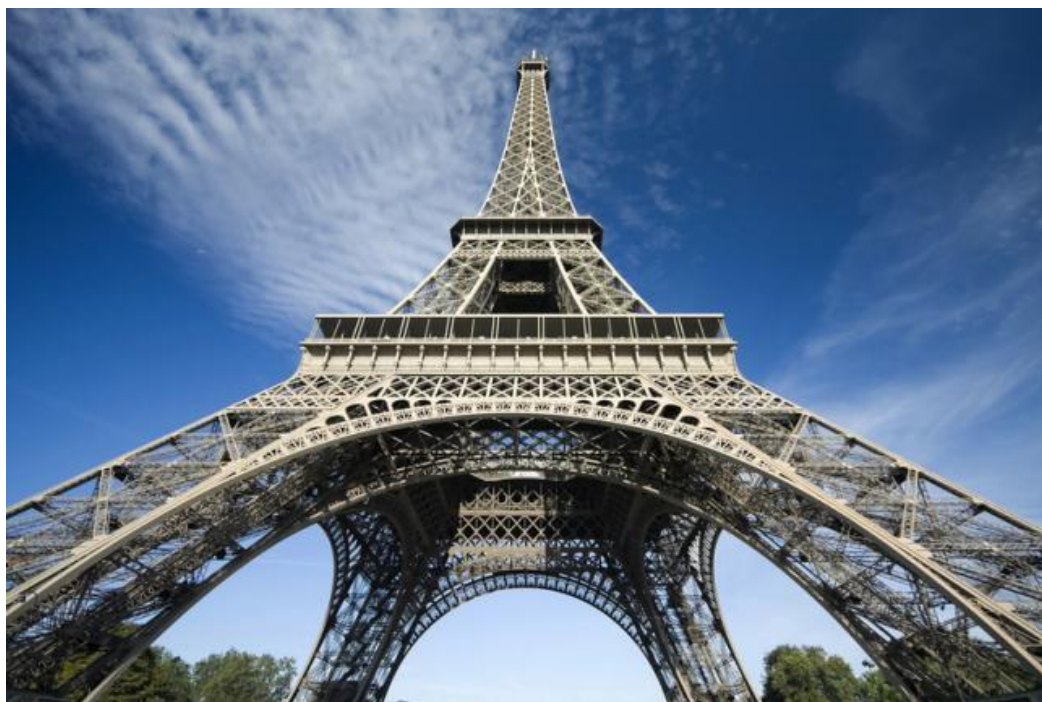
Fonte: Crescimento e vantagens do uso do aço na construção civil:

<http://reverbe.net/estudodomeio9ano/csn-a-verdade-nua-e-crua/>

2. Estruturas metálicas utilizando aço

Desde as primeiras pontes metálicas até os edifícios mais modernos atualmente, a utilização do aço nas construções tem sido cada vez mais aplicadas, devido ao seu aspecto arrojado e eficiente para muitos tipos de obra. A Torre Eiffel (Figura 1) é um exemplo, construída em 1889 em Paris, é uma das estruturas metálicas que mais trouxe a ideia de modernidade e

inovação para o mundo. É formada por 18000 peças, totalizando 1700 toneladas de aço com altura de 300 metros, atraindo muitos turistas de todo o mundo (MANDOLESI, 1981; PARREIRAS, 2001).



Fonte: Primeiras construções em aço: <https://www.vix.com/pt/bbr/ciencia/3517/5-curiosidades-sobre-a-torre-eiffel-a-dama-de-ferro-dos-franceses>

Figura 1 – Torre Eiffel – Paris, França

Já, no Brasil, um exemplo clássico é o Museu de Arte de São Paulo (MASP), como mostra a Figura 2, abaixo.



Fonte: Museu de Arte de São Paulo (MASP):

<http://www.archdaily.com.br/br/01-59480/classicos-da-arquitetura-masp-lina-bo-bardi>

Figura 2 – Museu de Arte de São Paulo (MASP)

O MASP é uma estrutura em concreto armado, ou seja, foi utilizado o concreto e o aço na sua composição. O edifício foi projetado como um contêiner de arte, que armazena a cultura na zona onde se implanta. Uma arquitetura simples, que comunica de imediato àquilo que no passado foi chamado de monumental (RIBEIRO, 2002; ROSSO, 1980).

3. Vantagens da utilização do aço na construção civil

O aço possui diversas vantagens quanto a sua utilização, tais como: relativo baixo custo, apresenta boa resistência, material sustentável, reciclável, fácil de ser utilizado, etc. (RIBEIRO, 2002; ROSSO, 1980).

3.1. Flexibilidade do aço

A estrutura metálica manifesta-se notadamente indicada nas ocorrências onde há indigência de adequações, ampliações, reformas e alteração de ocupação de construções. Além disso, torna mais simples o caminho de utilidades como água, ar condicionado, eletricidade, esgoto, telefonia, informática, etc. (RIBEIRO, 2002).

3.2. Compatibilizado com outros materiais

O método construtivo em aço é compatível com qualquer outro tipo de material de fechamento, tanto vertical como horizontal, permitindo os materiais mais convencionais, como tijolos e lajes moldadas, até os componentes pré-fabricados, como lajes e painéis de concreto (ROSSO, 1980).

3.3. Menor prazo de execução

A produção da estrutura com a execução das fundações, ter a possibilidade de se trabalhar em diversas frentes de serviços ao mesmo tempo, a diminuição de formas e escoramentos, entre outros pontos, tornam o uso do aço mais propício, reduzindo assim, em até 40% no tempo de execução quando comparado com outros materiais (FERREIRA, 1998).

3.4. Sustentabilidade

O aço é um material 100% reciclável, e as estruturas podem ser desmontadas e reaproveitadas a qualquer momento. Como a questão do meio ambiente está sendo bastante debatida, é necessário que se procure materiais com essa característica (PARREIRAS, 2001).

3.5. Boa exatidão construtiva

Nas estruturas de concreto a precisão é medida em centímetros, já nas estruturas em aço, a medida passa a ser em milímetros, proporcionando uma maior precisão. Isso garante uma estrutura nivelada, facilitando algumas atividades, como o assentamento de esquadrias, a instalação de elevadores na construção, além de reduzir com materiais de revestimento (FERREIRA, 1998).

3.6. Alvedrio no projeto de arquitetura

Essa, talvez seja uma das características mais importantes e equivalentes do uso do aço nas construções, pois permite ao arquiteto e ao engenheiro projetar estruturas modernas e bem acabadas, ocasionando uma expressão arquitetônica marcante.

3.7. Maior e melhor utilização do ambiente

As seções de pilares e vigas em aço são mais esbeltas do que as de concreto, permitindo assim um melhor aproveitamento do espaço interno e um aumento da área útil, fator muito importante na elaboração de garagens.

3.8. Alívio de cargas nas fundações

Como o aço é um material leve, as estruturas metálicas podem reduzir em até 30% o custo das fundações (RIBEIRO, 2002; ROSSO, 1980).

4. Desvantagens da utilização do aço na construção civil

Como todo material, o aço também possui algumas desvantagens.

Pode ocorrer um maior custo na obra, caso o projeto estrutural não leve em conta todos os incisos da construção, isso pode ocasionar um custo de até 20% ou mais, se comparado ao processo tradicional.

O aço não é muito indicado em construções pequenas, pois como se trata de uma estrutura industrial, não é aconselhável que se encomende aço em pouca quantidade. O aço também possui uma necessidade de amarração especial para poder se unir as superfícies de fechamento (RIBEIRO, 2002; ROSSO, 1980).

Uma desvantagem bastante comum do aço, é que ele possui um curto prazo, com isso, é necessário que o dinheiro a ser utilizado já esteja disponível, além de possuir dificuldade de transporte, principalmente em locais ermos ou cidades distantes do centro industrial. É necessário que se tenha uma boa equipe técnica qualificada, pois, caso haja erros de execução, é possível que se obtenha um custo maior do aço.

5. Características ressaltantes do projeto

A primeira decisão que deve ser tomada entre os arquitetos e os engenheiros é quanto à forma da estrutura metálica. Inversamente ao que muitas pessoas pensam grande parte das obras em aço existentes no exterior são efetivadas com aço revestido. Essa solução pode indicar uma significativa redução nos gastos com pintura e na proteção contra incêndios, mas o que realmente importa é a característica estrutural do aço e não a sua estética (RIBEIRO, 2002).

Cabe ao arquiteto ou engenheiro responsável, definir qual a maneira mais eficiente do uso do aço em cada obra. Nessa parte de projeto, é importante que se consulte um calculista para que ele possa indicar a melhor alternativa.

Quanto ao detalhamento, é importante que se possua um bom projeto estrutural, para que se leve em conta possíveis interferências nos projetos de instalações, sejam elas elétricas, hidráulicas, hidrossanitárias, etc. e evitar improvisações nos canteiros de obra (ROSSO, 1980).

Alguns cuidados básicos nas etapas de projeto são de suma importância, independentemente do tipo de aço a ser utilizado ou do esquema de pintura empregado, pois esses cuidados vão ser responsáveis para melhorar significativamente o problema da corrosão.

As maneiras mais adequadas de se evitar a corrosão é evitar regiões onde haja poças de água e deposição de resíduos, no projeto, é importante que se preveja furos de drenagem em quantidade e tamanho suficientes, permitir a circulação de ar para facilitar assim a secagem, impedir o contato de outros metais com o aço para evitar a corrosão galvânica, e evitar também, peças semienterradas. Outro aspecto importante na parte de projeto é a definição do sistema de ligação a serem utilizados entre as vigas, pilares e contraventamentos (RIBEIRO, 2002; ROSSO, 1980).

É importante que as chapas, parafusos e soldas utilizadas, apresentem resistência mecânica compatível com o aço que está sendo utilizado na estrutura. Isso pode significar, uma obra mais barateada e tornar a montagem mais rápida.

Existem alguns pontos importantes para essa escolha de ligação, que é a condição de montagem no local da obra, o grau de dificuldade para fabricação de determinada peça, e a padronização das ligações.

6. Peso estrutural

Para poder prever os custos da obra, é necessário que se conheça o peso da estrutura. A Tabela 1 abaixo apresenta o peso estimado das estruturas em diferentes tipos de construção.

TIPO DE EDIFICAÇÃO		PESO (kg/m ²)
Edifícios	Até 4 pav. padrão popular	20 a 35
	Até 4 pav. padrão médio/alto	35 a 50
	4 a 12 pavimentos	40 a 50
	> 12 pavimentos	45 a 60
Residências		20 a 70
Galpões Industriais sem ponte rolante		20 a 25
Shopping Centers		50 a 55

Fonte: Construções metálicas

Tabela 1 – Tipos e peso de cada edificação

7. Tipos de aços mais utilizados na construção civil

No ramo construtivo, existem diversos tipos de aços que podem ser utilizados nas estruturas metálicas. Como se pode observar, o aço pode assumir diversos papéis nas obras, tanto estético como estrutural, depende-se da finalidade a que ele é submetido.

As características dos aços devem ser sempre levadas em consideração e estudadas para que não haja um desperdício ou o uso inadequado do material. Resistência mecânica, resistência à corrosão atmosférica, limite de escoamento e resistência mínima são algumas das características mais relevantes desse material (BENEVOLO, 1989; BRUNA, 1976).

Na Tabela 2 abaixo, é apresentado alguns dos tipos de aços mais utilizados no setor de construção.

AÇO	Resistência Mecânica	Resistência à Corrosão Atmosférica	Limite de Escoamento mínimo (MPa)	Limite de Resistência mínimo (MPa)
COS AR COR 400	média	superior	250	380/520
COS AR COR 400E	média	superior	300	380/520
COS AR COR 500	alta	superior	375 ⁽¹⁾ 320 ⁽²⁾	490/630 ⁽¹⁾ 480 ⁽²⁾
COS CIVIL 300	média	normal	300	400/500
COS CIVIL 350	alta	normal	350	490
ASTM A 36	média	normal	250	400/550
ASTM A 572 grau 50	alta	normal	345	450
ASTM A 570 grau 40	média	normal	275	380
(1) Chapas grossas e Tiras a Quente (2) Laminados a Frio				

Fonte: Construções metálicas: estruturas e pintura

Tabela 2 – Tipos de aços na construção civil

Como foi salientado, existem inúmeros tipos de aços e cada um com suas principais características. É importante, desde a fase de projeto da construção, que o calculista estude minuciosamente o tipo de aço a ser utilizado para que não haja nenhum problema na fase final da obra, o que acarretaria aos arquitetos, engenheiros, construtores e clientes, um custo absurdo gerando assim, insatisfação para ambas as partes.

8. Estruturas metálicas revestidas e aparentes

A não ser o aço COS AR COR, que em determinadas condições pode ser utilizado para a pintura, os demais aços de estruturas para o ramo construtivo necessitam de algum tipo de revestimento para haver uma proteção contra incêndios e efeitos corrosivos atmosféricos (RIBEIRO, 2002; ROSSO, 1980).

Nos países desenvolvidos, a maioria das construções em aço tem estrutura metálica revestida, o que significa uma redução futura nos custos com pintura e proteção contra incêndios e efeitos da corrosão.

Já para estruturas metálicas aparentes, é recomendada a utilização do aço COS AR COR resistente à corrosão. Poderá ocorrer de a estrutura metálica aparente ficar sem nenhum tipo de pintura, principalmente se ela for aplicada em ambientes urbanos, rurais e industriais não muito rigorosas.

A estrutura metálica aparente pode ser utilizada sem nenhum tipo de pintura, mas é de suma importância que se estude minuciosamente o local a ser utilizado e das condições de utilização. É necessário, também, que hajam ciclos alternados de molhamento e secagem, e que o local possua substâncias químicas que favoreçam e facilitem a formação do aço para que a camada de pátina inibidora do processo de corrosão se forme (ROSSO, 1980).

Alguns materiais como a graxa, resíduos de óleo e respingos de solda, devem ser totalmente removidos para que a camada de pátina se forme com perfeição. Essa camada pode levar de 1 a 3 anos para ser formada completamente. Devem ser evitados ambientes de estagnação de água e resíduos, porque isso facilita a dissolução da pátina. Caso não possam ser removidos, devem estar completamente protegidos (RIBEIRO, 2002; ROSSO, 1980).

9. Resistência ao fogo

No caso de incêndios, o aço está protegido termicamente por pinturas intumescentes, argamassas leves, fibras e/ou outras proteções passivas. A presença de *sprinklers* também pode contribuir para o resfriamento da estrutura metálica. No caso das estruturas de concreto armado ou concreto protendido, o próprio concreto tem a função de proteger termicamente o aço das armaduras (FERREIRA, 1998; MANDOLESI, 1981).

Dependendo da carga do incêndio e da sua duração, a temperatura do aço poderá superar os 1000°C. Na faixa dos 800°C, o aço apresenta uma notável redução na sua resistência, e com temperaturas acima dos 1000°C, a resistência do material é quase de apenas 25% da resistência à temperatura ambiente. O efeito das altas temperaturas é mais crítico em aços de protensão, já que eles são trabalhados a frio. Temperaturas acima de 700°C a 750°C eliminam, irreversivelmente, as propriedades mecânicas do aço.

10. Considerações finais

Foi notável que o aço vem sendo utilizado cada vez mais no ramo construtivo. Suas vantagens propiciam para os arquitetos, engenheiros e construtores novas ferramentas e formas de construir.

A principal preocupação atualmente é em relação ao meio ambiente e a sustentabilidade. Como pôde ser observada, uma das características predominantes do aço é por ser um material reciclável proporcionando um bem estar ambiental e social.

A principal preocupação em relação a esse material é quanto a um estudo de projeto minucioso e crítico feito pelo calculista responsável, a fim de satisfazer todos os requisitos necessários na obra, e para que não haja perda de material e recursos.

Se for estudado e aplicado corretamente, o aço é um material extremamente adequado para as construções. Diante disso, o objetivo principal desse estudo é mostrar como o aço pode ser um material aplicável e eficiente no seu uso.

Referências

- BENEVOLO, L. *História da Arquitetura Moderna*. São Paulo, Perspectiva, 1989.
- BRUNA, P.J.V. *Arquitetura, industrialização e desenvolvimento*. São Paulo, Perspectiva, 1976.
- DIAS, L.A.M. *Aço e Arquitetura. Estudo de Edificações no Brasil*. São Paulo, Ed. Zigurate, 2001.
- DIAS, L.A.M. *Estruturas de Aço. Conceito, Técnicas e Linguagem*. São Paulo, Ed. Zigurate, 1997.
- FERREIRA, O.L. *O uso adequado do aço e sua contribuição na racionalização da construção*. 206p. Dissertação de Mestrado - FAU/UFRJ - Rio de Janeiro, 1998.
- MANDOLESI, E. *Edificacion. El proceso de edificacion. La edificacion industrializada. La edificacion del futuro*. Barcelona, Espanha, Ediciones CEAC, 1981.
- PARREIRAS, A.O. *O Aço e a Construção Civil no Brasil: Um Estudo do Sistema Construtivo Metálico*. 222p. Dissertação de Mestrado - FAU/UFRJ - Rio de Janeiro, 2001.
- RIBEIRO, M.S. *A industrialização como requisito para a racionalização da construção*. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, UFRJ – FAU, 2002.
- ROSSO, T. *Racionalização da construção*. São Paulo, USP-FAU, 1980.

Portal Blog da Engenharia – A utilização do aço na Construção Civil. Disponível em: <https://blogdaengenharia.com/utilizacao-do-aco-na-construcao-civil/>. Acesso em 7 de setembro de 2017.



VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ponta Grossa, PR, Brasil, 06 a 08 de dezembro de 2017

Portal Construções Metálicas: o Uso do aço na Construção Civil. Disponível em: <http://www.metalica.com.br/construcoes-metalicas-o-uso-do-aco-na-construcao-civil>. Acesso em 7 de setembro de 2017.

Portal Grupo Cimm – Introdução: Crescimento e vantagens do uso do aço na Construção Civil. Disponível em: https://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/6334-introducao-crescimento-e-vantagens-do-uso-do-aco-na-construcao-civil#.WbF-MiGPIU. Acesso em 7 de setembro de 2017.

Portal Revista do Aço – O aço na construção civil. Disponível em: <http://www.revistadoaco.com.br/o-aco-na-construcao-civil/>. Acesso em 7 de setembro de 2017

Portal Instituto de Engenharia – A utilização do aço na construção civil. Disponível em: https://institutoengineharia.org.br/site/noticias/exibe/id_sessao/4/id_noticia/9566/A-utiliza%C3%A7%C3%A3o-do-a%C3%A7o-na-constru%C3%A7%C3%A3o-civil. Acesso em 7 de setembro de 2017.

Portal MET@LICA CONSTRUÇÃO CIVIL – Proteção de estruturas metálicas frente ao fogo. Disponível em: <http://www.metalica.com.br/protecao-de-estruturas-metalicas-frente-ao-fogo>. Acesso em 7 de setembro de 2017

Portal MET@LICA CONSTRUÇÃO CIVIL – Construções Metálicas: O uso do Aço na Construção Civil – Construções Metálicas. Disponível em: <http://www.metalica.com.br/construcoes-metalicas-estruturas-e-pintura>. Acesso em 7 de setembro de 2017.

Portal engenhariacivil.com – Resistência ao fogo de estruturas metálicas. Disponível em: <https://www.engenhariacivil.com/resistencia-fogo-estruturas-metalicas>. Acesso em 7 de setembro de 2017. Portal Indústria Hoje – O Aço na Construção Civil. Disponível em: <http://www.industria hoje.com.br/o-aco-na-construcao-civil>. Acesso em 7 de setembro de 2017.