

# USO DAS ESTRUTURAS DE AÇO NO BRASIL

Lucas Azevedo da Rocha Cortez<sup>1</sup>  
Carlos Alberto dos Santos Maciel<sup>2</sup>  
Poliane Borges Santos<sup>3</sup>  
Rodrigo Teixeira Lima<sup>4</sup>  
Thaynara Maria Ferreira dos Santos<sup>5</sup>  
Monica Melo Gomes do Nascimento<sup>6</sup>

Engenharia Civil



## RESUMO

O sistema construtivo em aço é um dos métodos mais amplos e diversificadores que se projetou nos últimos tempos, pois apresenta características variadas, tornando o seu uso vantajoso quando comparado a os outros métodos. Enquanto as estruturas convencionais ainda impõem uma limitação criativa, o aço permite construir estruturas com maior precisão e qualidade, por ser um material flexível, possibilita uma estrutura perfeitamente aprumada e nivelada. Portanto este sistema é compatível com qualquer tipo de fechamento, vertical ou horizontal, utilizando totalmente a alvenaria adicionando em suas estruturas os materiais convencionais ou até os pré-fabricados, como lajes, painéis, drywall. Com o alto desenvolvimento urbano fica cada vez mais difícil de construir da maneira convencional, maiormente pela falta de espaço. Por este motivo, o mercado procura alternativas para atender as necessidades urbanas, e muitas construtoras encontram no aço uma solução, considerando que sua resistência permite criar estruturas cada vez mais altas e também proporciona um maior aproveitamento do espaço, uma vez que a sua utilização demanda de menos pilares, possibilitando o melhor aproveitamento do estaco, ou seja, mais espaço útil é possível no interior das construções. Conclui-se, portanto, que o aço modificou para sempre a engenharia civil, tornando possível criar estruturas cada vez maiores e mais leves, permitindo que os arquitetos ousem cada vez mais, uma vez que suas criações não seriam possíveis com a alvenaria convencional em decorrência do peso do concreto.

## PALAVRAS-CHAVE

Estruturas de Aço. Sustentabilidade. Meio Ambiente.

## ABSTRACT

The steel construction system is one of the most extensive and diversified methods to be built in recent times, since it presents diverse characteristics making its use advantageous over other methods. While conventional structures still have a certain creative edge, steel allows us to create structures with more precision and quality, as it is a flexible material allowing a perfectly upright and level structure. Therefore this system is compatible with any type of closure be it vertical or horizontal, using the masonry and adding in its structures conventional materials or even the prefabricated ones, such as slabs, panels, dry-wall. With high urban development it is increasingly difficult to build in the conventional way, in most cases due to lack of space. For this reason the market looks for alternatives to meet its urban needs, in the case many constructors see steel as a solution, because it allows to create structures higher and higher because it is a resistant material. It is worth mentioning that it provides a greater use of space, with steel structures less pillars are needed to sustain the construction, in this way more useful space is possible inside the buildings. We can conclude that steel has forever modified civil engineering, because only with the use of this material, it was possible to create ever larger and lighter structures, allowing architects to imagine more and more, since these imaginations would not be possible with conventional masonry because of the weight of the concrete.

## KEYWORDS

Steel structures. Sustainability. Environment.

## 1 INTRODUÇÃO

O uso das estruturas de aço no Brasil é algo recente, seguindo a tendência mundial, que já há décadas utiliza de estruturas metálicas em edificações de múltiplos andares, o Brasil, embora atrasado, finalmente despertou para o grande mercado da construção civil industrializada.

As estruturas de aço são a aposta do mercado brasileiro que quer investir em algo novo. De maneira tardia, mas evoluindo gradativamente, este tipo de construção permite um projeto liberalista com total chance de criar e usar a imaginação, praticamente impossível com a utilização do concreto armado por ser um material pesado que não possui essa flexibilidade.

Por este motivo muitas construtoras estão investindo no uso do aço em seus projetos, por ser um material versátil e que possui uma série de vantagens que são percebidas a cada obra executada com o seu auxílio.

### 1.1 CONTEXTO HISTÓRICO

A construção em aço surgiu inicialmente na Inglaterra – há cerca de 200 anos – e desde então vem aprimorando sua tecnologia, contribuindo para o desenvol-

vimento do setor em todo o mundo. No Brasil, o processo de utilização do aço na construção civil é mais recente, porém, avança sensivelmente.

Até então, o tipo de estrutura mais utilizado era a alvenaria convencional, o mais comumente utilizado nas construções brasileiras, considerando sua função primordial dentro de uma construção que é a de promover a vedação, a partir da separação de ambientes e fachadas. Mas, com o passar dos anos, esse cenário começou a mudar, pois projetistas viram no aço um novo mecanismo para impulsionar o mercado construtivo, permitindo a liberdade de criação em seus projetos.

A partir do final do século XIX e início do século XX o aço passou a ser utilizado, ainda na forma de estruturas pré-fabricadas importadas para atender à demanda crescente no mercado da construção civil industrializada. Deste momento em diante, foram desenvolvidas diversas aplicações para o aço que variam desde as primeiras pontes metálicas até os mais modernos edifícios comerciais e residenciais, sendo utilizado cada vez mais na construção civil, possibilitando soluções arrojadas e eficientes para inúmeros tipos de obra.

## 1.2 TIPOS DE AÇOS ESTRUTURAIS

### 1.2.1 Classificação das Estruturas de Aço

Segundo a sua composição química, os aços utilizados em estruturas são divididos em dois grupos: aços-carbono e aços de baixa liga. Os dois tipos podem receber tratamentos térmicos que modificam suas propriedades mecânicas.

**AÇOS-CARBONO** - os aços-carbono são os tipos mais usados, nos quais o aumento de resistência em relação ao ferro puro é produzido pelo carbono e, em menor escala, pelo manganês. Eles contêm as seguintes porcentagens máximas de elementos adicionais. Em função do teor de carbono, distinguem-se três categorias: Baixo carbono; Médio Carbono; Alto Carbono.

**AÇOS DE BAIXA LIGA** - os aços de baixa liga são aqueles acrescidos de elementos de liga (cromo colúmbio, cobre, manganês, molibdênio, níquel, fósforo, vanádio, zircônio), os quais melhoram algumas propriedades mecânicas. Alguns elementos de liga produzem aumento de resistência do aço por meio da modificação da microestrutura para grãos finos.

### 1.2.2 Aços com Tratamento Térmico

Tanto os aços-carbono quanto os de baixa liga podem ter suas resistências aumentadas pelo tratamento térmico. A soldagem dos aços tratados termicamente é, entretanto, mais difícil, o que torna o seu emprego pouco usual em estruturas correntes. Os parafusos de alta resistência utilizados como conectores são fabricados com aço de médio carbono sujeito a tratamento térmico (especificação ASTM A325). Os aços de baixa liga com tratamento térmico são empregados na fabricação de barras de aço para protensão e também de parafusos de alta resistência (especificação ASTM A490).

## 2 PROPRIEDADES DOS AÇOS

Do ponto de vista de suas aplicações, os aços podem ser classificados em diversas categorias, cada qual com suas características (CHIAVERINI, 1996).

Por exemplo, dos aços para estruturas são requeridas propriedades de boa ductilidade, homogeneidade e soldabilidade, além de elevada relação entre a tensão resistente e a de escoamento. A resistência à corrosão é também importante só sendo, entretanto, alcançada com pequenas adições de cobre. Para atender a estes requisitos, utilizam-se, em estruturas os aços-carbono e os aços em baixo teor de liga ou micro ligado, ambos com baixo e médio teores de carbono. A elevada resistência de alguns aços estruturais é obtida por processos de conformação ou tratamentos térmicos. Portanto, é válido lembrar detalhadamente outras propriedades de grande importância no âmbito da construção civil como:

**DUCTILIDADE** - Nessa propriedade os aços dúcteis, quando sujeitos a tensões locais elevadas, sofrem deformações plásticas capazes de redistribuir as tensões;

**FRAGILIDADE** - Os aços podem se tornar frágeis pela ação de diversos agentes: baixas temperaturas ambientes, efeitos térmicos locais causados, por exemplo, por solda elétrica etc.

## 3 ESTRUTURAS EM AÇO

Desde as primeiras pontes metálicas até os mais modernos edifícios comerciais e residenciais, o aço tem sido utilizado cada vez mais na construção civil, possibilitando soluções arrojadas e eficientes para inúmeros tipos de obra. De fato, o uso do aço na construção dos mais diversos tipos de estruturas, principalmente, daquelas em que o material é aparente, trouxe, logo no início, a ideia de modernidade e inovação, renovando as expressões arquitetônicas vigentes.

Em contrapartida, o visual estético moderno e marcante é apenas um dos inúmeros motivos para que a construção civil seja o maior mercado para os produtores mundiais de aço. Dentre as inúmeras vantagens na utilização desse material em sistemas construtivos, estão a racionalização da mão de obra e dos materiais, a redução do tempo de construção e o aumento da produtividade. Desse modo, os processos de fabricação de estruturas metálicas têm se aperfeiçoado e a sua qualidade é garantida por meio das certificações ISO 9001 (Gestão de qualidade) e ISO 14001. Assim, o uso do aço surge como uma alternativa viável e segura para a construção de edifícios, residências, pontes, passarelas, viadutos, postos de gasolina, supermercados, aeroportos, ginásios esportivos, torres de transmissão etc.

## 4 VANTAGENS DAS ESTRUTURAS DE AÇO

O uso das estruturas de aço conta com inúmeras vantagens. Por ser um material flexível em processo estrutural, onde o seu uso garante a liberdade para criar

o que se imaginar, assim, diversas construtoras estão investindo no uso do aço no processo estrutural de casas, prédios e outras construções. Desta forma, é necessário relacionar algumas vantagens das estruturas em aço.

**REDUÇÃO DO TEMPO DA OBRA** - o uso de estruturas de aço pode reduzir em até 40% o tempo de execução quando comparado com os processos convencionais, devido ao fato de serem usadas peças pré-fabricadas, à possibilidade de se trabalhar em diversas frentes de serviço simultaneamente, à diminuição de fôrmas e escoramentos e a uma maior independência em relação aos fatores climáticos.

**FACILIDADES NO CANTEIRO DE OBRAS** - em construções convencionais, há a necessidade de grandes depósitos de areia, brita, cimento, madeiras e ferragens no canteiro de obras, o que não acontece nas construções com estruturas metálicas, visto que elas são totalmente pré-fabricadas. Assim, há uma maior organização e limpeza do canteiro, além de reduzir a produção de entulhos e de garantir maior segurança aos trabalhadores, diminuindo o número de acidentes decorrentes desses problemas.

**RACIONALIZAÇÃO DE MATERIAIS E DE MÃO DE OBRA** - em uma construção convencional, o desperdício de materiais pode chegar a 25% em peso. Em contrapartida, a estrutura metálica permite que esse desperdício seja sensivelmente reduzido, devido à adoção de sistemas industrializados.

**MAIOR GARANTIA DE QUALIDADE** - por ser uma estrutura pré-fabricada, sua produção ocorre sob um rígido controle existente durante todo o processo industrial, com utilização de uma mão-de-obra altamente qualificada, o que dá ao cliente a garantia de uma obra com qualidade superior.

#### 4.1 DESVANTEGENS

Como todo material, o aço também possui suas desvantagens, apesar de não serem são muito alarmantes deve ser esclarecidas para ter uma obra totalmente segura. É necessário ter conhecimento dos pontos fracos dos materiais aplicados em construção para não haver complicações no desenvolvimento do projeto. Por este motivo serão apresentadas a seguir as suas desvantagens:

**CUSTO** - dependendo do tipo e do planejamento de uma obra, a construção em aço pode custar mais caro do que uma estrutura de concreto equivalente.

**MÃO DE OBRA QUALIFICADA** - as estruturas metálicas exigem, para fabricação e para execução, uma mão de obra mais especializada que as estruturas convencionais.

**VIABILIZA APENAS ELEMENTOS LINEARES** - o uso do aço viabiliza apenas a fabricação de elementos lineares, como a formação de vigas, pilares e treliças, por exemplo. Para a construção de lajes, entretanto, a estrutura metálica deverá ser associada ao concreto.

**LIMITAÇÃO DO MERCADO** - a utilização de estruturas metálicas, muitas vezes, se torna limitada devido à dificuldade para encontrar determinados tipos e perfis de aço. Em algumas regiões do Brasil, por exemplo, não há a tradição de utilizar esse tipo de estrutura.

**NECESSIDADE DE TRATAMENTO** - precisa ter um tratamento superficial das peças contra oxidação, devido ao contato com o ar atmosférico.

## 4.2 SUPOSIÇÕES SOBRE O USO DO AÇO

Quanto a sua aplicação, muitas são as suposições que acabam impedindo que as pessoas invistam neste método construtivo que, como já mostramos, é muito vantajoso, por isso foram relacionadas as possíveis dúvidas sobre estruturas em aço.

**A ESTRUTURA METÁLICA NÃO TEM DURABILIDADE, POIS O AÇO “ENFERRUJA”** - a ideia de que não se pode construir estruturas de aço em locais próximos à praia ou em quaisquer lugares com condições climáticas não favoráveis, devido à possibilidade de o aço enferrujar, é, na verdade, bem atrasada. Atualmente, existem diversos mecanismos, como pinturas especiais, que evitam a corrosão e tornam as estruturas metálicas seguras e estáveis. A durabilidade de uma edificação, contudo, vai depender da correta especificação do material, da execução da obra, do uso compatível com o projeto e da manutenção adequada.

**O AÇO É MUITO CARO** - é importante ressaltar que, para se comparar o custo dos dois (aço e concreto), não se pode levar em conta apenas o material, mas é preciso ter o cuidado de considerar o sistema construtivo como um todo. A estrutura metálica, mesmo que, inicialmente, com um maior custo, tem a vantagem econômica de poder ser reaproveitada, visto que o aço tem valor até como sucata.

**O AÇO “AMOLECE” EM CASO DE INCÊNDIO** - é importante ressaltar que tanto o aço como o concreto perde resistência quando submetidos a altas temperaturas. A diferença é que o concreto possui uma maior inércia térmica que o aço. Pelo gráfico a seguir, pode-se, inclusive, perceber que, até certa temperatura, o concreto perde uma porcentagem maior de resistência em relação ao aço.

## 5 SUSTENTABILIDADE

Segundo o Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA), além de ser extremamente versátil e durável, o aço está em perfeita sintonia com o conceito de desenvolvimento ambientalmente sustentável, por ser um material 100% reciclável, podendo, esgotada a vida útil da edificação, retornar aos fornos sob forma de sucata e se renovar sem perda de qualidade. A construção com estruturas em aço utiliza tecnologia limpa, reduz sensivelmente os impactos ambientais na etapa de construção e, concluída a obra, garante segurança e conforto aos ocupantes da edificação.

As construções em aço apontam benefícios para o meio ambiente, atendendo às expectativas presentes do consumidor em relação à qualidade de vida de futuras gerações. Na busca pela sustentabilidade na construção civil é essencial considerarmos todo o ciclo de vida da edificação, desde a concepção, até o final de sua vida útil. É preciso lidar com todas as etapas já na elaboração do projeto, trazendo soluções para responder de forma adequada aos importantes desafios ambientais, sociais e econômicos relacionados ao empreendimento.

Assim, essas são questões amplas, que envolvem decisões desde a escolha da implantação às condições e custos de operação; a seleção dos materiais utilizados, a avaliação do impacto da obra em seu entorno e definições do conforto térmico,

acústico e visual proporcionado aos usuários. Além disso, há a atenção com os aspectos sociais relacionados aos trabalhadores envolvidos ou à comunidade. Neste contexto, em que o aço revela todo o seu potencial para contribuir com o avanço da construção sustentável, apresenta vantagens como:

**NÃO POLUI O MEIO AMBIENTE** - o aço é obtido a partir do minério de ferro, que é um dos elementos mais abundantes no planeta. Do processo de produção resulta um material homogêneo, que não libera substâncias que agridem o meio ambiente;

**USO DE COPRODUTOS** - os coprodutos resultantes da produção do aço também podem ser utilizados na construção civil. Os agregados siderúrgicos são usados na produção de cimento que pode ser empregado na pavimentação de vias e como lastro em ferrovias;

**ECONOMIZA MATERIAIS E DIMINUI OS IMPACTOS** - o menor peso da estrutura em aço reduz as fundações e escavações, gerando menor retirada de terra que, consequentemente, diminui as viagens de caminhões para sua remoção e a necessidade de áreas para descarte;

**MAXIMIZA A ILUMINAÇÃO NATURAL COM ECONOMIA DE ENERGIA** - a alta resistência do aço permite estruturas com vãos mais amplos, telhados e fachadas leves e transparentes favorecem a iluminação natural e, consequentemente, a economia de energia elétrica;

**O AÇO É INFINITAMENTE RECICLÁVEL** - 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.

## 6 CRESCIMENTO DAS ESTRUTURAS DE AÇO

A construção civil está em constante processo de mudança. Novos materiais e novas tecnologias surgem a cada dia com a proposta de resolver melhor e mais rápido as questões que se apresentam nos canteiros de obras.

A partir de 2003, a construção encontrou um novo ritmo de crescimento. A expansão também trouxe grandes alterações qualitativas e um crescente amadurecimento do mercado, que passou a exigir obras cada vez mais rápidas e com maior qualidade. A construção civil é o setor que mais consome produtos siderúrgicos no Brasil, assim como no mundo todo. Atualmente, responde por 37% do total do consumo aparente de aço no país. E a Pesquisa Industrial Anual do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indica que a construção em aço cresceu ao ritmo de 11% ao ano, em média, no período entre 2002 e 2012, atingindo o consumo de 1,7 milhão de toneladas. Enquanto isso, a construção civil como um todo crescia 4,3% ao ano e o PIB nacional registrou média de apenas 3,9% no mesmo período.

O uso do aço em obras recentes, como estádios para a Copa do Mundo de Futebol em 2014, aeroportos, edifícios corporativos, hotéis e até edifícios do plano Minha Casa Minha Vida do Governo Federal, atestam a enorme contribuição que a construção em aço oferece para que tenhamos obras cada vez mais rápidas, eficientes,

bonitas e sustentáveis. Os últimos dez anos mostram que a construção civil brasileira está em pé de igualdade com o que existe de mais moderno no mundo e são a prova definitiva de que a construção em aço atingiu um novo patamar em solo brasileiro.

Na disputa com o concreto armado, o aço já desponta como a primeira opção na construção civil, pelo menos nas grandes obras. Nessa concorrência, o aço está chegando ao canteiro de obras em forma de estruturas metálicas pré-moldadas, prontas para o uso. “A construção em aço representa atualmente cerca de 15% do universo do setor de edificações no Brasil”, diz Carolina Fonseca, gerente executiva do Centro Brasileiro da Construção do Aço (CBCA).

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 diz Jefferson de Paula, vice-presidente da Arcelor Mittal Aços Longos Américas Central e do Sul.

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. O Instituto estima um crescimento de 5% no setor no ano passado.

Todo crescimento deste material é dado pela criação de órgãos que divulgar a eficácia deste produto, o qual contribuiu para que o setor da construção metálica pudesse realizar os avanços. Pensando nisso, foi criado, em 2002, o Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA) com a missão de atuar junto a cada elo da cadeia produtiva – empreendedores e construtoras, arquitetos, engenheiros estruturais e fabricantes de estruturas e componentes – para difundir a construção metálica e apoiar o desenvolvimento desse mercado. O trabalho realizado permitiu a análise correta das potencialidades das estruturas em aço, assim como dos sistemas mistos e híbridos, sem a influência de paradigmas e preconceitos.

Por isso os últimos dez anos mostram que a construção civil brasileira está em pé de igualdade com o que existe de mais moderno no mundo e a prova definitiva de que a construção em aço atingiu um novo patamar em solo brasileiro. (Arq. Roberto Inaba e Eng<sup>a</sup>. Cátia Mac Cord Simões Coelho).

## 7 CONCLUSÃO

Durante o desenvolvimento deste artigo observamos que o uso do aço proporcionou uma revolução nos padrões arquitetônicos, não só pelo tamanho das estruturas que agora são possíveis, mas principalmente pelo melhor aproveitamento do espaço, levando ao contínuo crescimento de seu uso.

Com a evolução da conscientização ecológica e a constante pressão dos movimentos ambientais, bem como, maiores exigências quanto ao uso certificado das florestas, as estruturas em aço tem tudo para se destacar seja na preferência de clientes ou na conservação ambiental.

Com todos estes aspectos, os usos do aço vêm crescendo no cenário construtivo brasileiro, porém é preciso avançar e atingir um maior número de regiões brasileiras, inclusive o nordeste que o uso das estruturas de aço não é significativo, um

dos motivos é que muitos engenheiros e arquitetos ficam receosos em arriscar em um produto que exige muita atenção e capacitação, assim preferem projetar com a alvenaria convencional.

Como exemplo, uma cidade do Nordeste que precisa incorporar o uso do aço na construção civil é Maceió. Por ser cidade turística que cresce dia a dia para suportar a grande demanda turística, como também a população em geral, deixando a cidade lotada sem espaço para construir, coisa que seria diferente com o auxílio das estruturas de aço que daria a oportunidade de criar com pouco espaço, fazendo com que edifícios maiores fossem criados, conjuntos populacionais, com uma estética em nível da beleza da cidade,

Dessa forma fica a pergunta por que Maceió não investe em estruturas em aço? O que será que esta faltando para ter esse investimento? Profissionais qualificados na área? Oportunidade de criar e inovar? São questões que motivam/norteiam a necessidade de comprovação do uso do aço na construção civil em Maceió.

## REFERENCIAS

BOLONHA, Rafael de Oliveira. Estrutura de concreto X estrutura metálica: vantagens e desvantagens. **IBDA – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura**. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/>>. Acesso em: 22 fev. 2017.

CONSTRUCAOCIVILPET. Estruturas em aço. **PET Engenharia Civil**. 7 set. 2016. Disponível em: <<https://civilizacaoengenhaira.wordpress.com/2016/09/07/estruturas-em-aco/>>. Acesso em: 5 mar. 2017.

DIFERENÇA entre construção convencional e alvenaria estrutural. **Matcon**. Disponível em: <<http://matconsupply.com.br/diferenca-entre-construcao-convencional-e-alvenaria-estrutural-fibras-de-aco/>>. Acesso em: 18 mar. 2017.

FERRAZ, Henrique. O aço na construção civil. Portal Met@lica. Disponível em: <<http://wwwo.metallica.com.br/o-aco-na-construcao-civil>>. Acesso em: 3 mar. 2017.

FONSECA, Carolina; Estrutura metálica é aposta na construção. CBCA- Centro Brasileiro da Construção do Aço. 2015. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticias-detalhes.php?cod=7072>>. Acesso em 23 de Fev.2017

FÓRUM DA CONSTRUÇÃO. Tipos de aço e perfis para estrutura metálica de edifícios. **IBDA – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura**. 2012. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=19&Cod=104>>. Acesso em: 5 mar. 2017.

INABAR E COELHO, Roberto e Cátia; A evolução da Construção em Aço no Brasil. CBCA- Centro Brasileiro da Construção do Aço. 2015. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticias-detalhes.php?cod=7074>>. Acesso em 23 de Fev. 2017.

O AÇO NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Indústria Hoje**. 5 dez. 2014. Disponível em: <<http://www.industriahoje.com.br/o-aco-na-construcao-civil>>. Acesso em: 22 fev. 2017.

PAULA, Jefferson; Estrutura metálica é aposta na construção . CBCA- Centro Brasileiro da Construção do Aço. 2015. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticias-detalhes.php?cod=7072>>. Acesso em 23 de Fev. 2017

PFEIL, Michele; PFEIL, Walter. **Estruturas de Aço** – Dimensionamento prático – Dimensionamento prático de acordo com a NBR 8800; 2008. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PINHEIRO, Antonio C. da F. Bragança. **Estruturas metálicas**: Cálculos, detalhes, exercícios e projetos. 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

PRAIVA, Zacarias M. C.; FICANHA, Ricardo; FABEANE, Ricardo. **Projeto e cálculo de estruturas de aço**. Rio de Janeiro: Mundial, 2013.

---

**Data do recebimento:** 07 de julho de 2017

**Data da avaliação:** 04 de agosto de 2017

**Data de aceite:** 03 de setembro de 2017

---

1 Acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT-AL.  
E-mail: lucasazevedo12@gmail.com

2 Acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT-AL.  
E-mail: carlos251979@hotmail.com

3 Acadêmica do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT-AL.  
E-mail: borges.poliane505@gmail.com

4 Acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT-AL.

5 Acadêmica do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT-AL.

6 Docente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT-AL.  
E-mail: pesquisa@al.unit.br

