



**Volume 4, número 2, ano 2021**  
**REVISTA DE NEGÓCIOS INVEST**

**ANÁLISE DA EMPREGABILIDADE DO AÇO COMO SISTEMA CONSTRUTIVO NO  
RAMO CIVIL: Uma revisão de literatura**

Wyllyam Washington Borges Sodré<sup>1</sup>  
Naiara Ingrid Nascimento da Silva

## **RESUMO**

Os métodos construtivos tradicionais deram lugar às técnicas construtivas modernas, nesse sentido, a velocidade de execução dos processos faz da relação entre custo e tempo um dos aspectos mais relevantes no cenário atual. A indústria da construção civil desempenha um papel importante no desenvolvimento sustentável. O sistema construtivo em aço tem se mostrado a cumprir o atual mercado altamente exigente, principalmente quando analisado o setor ambiental e suas vertentes. Com esse enfoque – como resultados dessa revisão da literatura, enfatiza-se que a utilização de estruturas de aço, além de retirar todo tipo de atividade perigosa e manual do canteiro de obras, é considerada uma das opções sustentáveis que associam rapidez, qualidade e racionalização, aliando-se a três aspectos notáveis para o setor construtivo, sendo eles: econômico, social e ambiental. Diante disso, o objetivo geral do trabalho atual é estimular o uso de sistemas construtivos metálicos nas atuais edificações civis no Brasil. Os métodos utilizados para atingir este objetivo são estudos bibliográficos pertinentes ao tema. A soma de todas essas informações pode levar a uma comparação dos sistemas estruturais existentes no mercado e enfatizar a importância e as vantagens da utilização de sistemas estruturais de aço.

**Palavras-chave:** Estruturas de aço. Métodos construtivos. Construção civil.

---

<sup>1</sup> Graduação em Engenharia Civil. Faculdade Pitágoras de Paragominas, FPP, Brasil.

## **ABSTRACT**

Traditional construction methods have given way to modern building techniques, in this sense, the speed of execution of the processes makes the relationship between cost and time one of the most relevant aspects in the current scenario. The civil construction industry plays an important role in sustainable development. The steel construction system has shown itself to meet the current highly demanding market, especially when analyzing the environmental sector and its aspects. With this focus - as a result of this literature review, it is emphasized that the use of steel structures, besides removing all kinds of dangerous and manual activities from the construction site, is considered one of the sustainable options that associate speed, quality, and rationalization, combining three notable aspects for the construction sector, which are: economic, social, and environmental. In view of this, the general objective of the current work is to stimulate the use of metallic constructive systems in the current civil constructions in Brazil. The methods used to reach this objective are bibliographic studies pertinent to the theme. The sum of all this information can lead to a comparison of the existing structural systems in the market and emphasize the importance and advantages of using steel structural systems.

**Keywords:** Steel structures. Construction methods. Civil construction.

## 1. INTRODUÇÃO

O aço é utilizado na construção civil desde o século XVIII, mas segundo Freitas e Coelho (2018) “foi somente com a produção de concreto armado, no final do século XIX, que ele realmente entrou nesse campo, permitindo o impulso no desenvolvimento da área da construção civil e obras mais modernas”. Para Freitas e Coelho (2018),

O aço proporciona versatilidade sobre o sistema construtivo convencional pois proporciona maior flexibilidade, compatibilidade com outros materiais, menor prazo de execução, racionalização de materiais e mão-de-obra, reciclabilidade e preservação do meio ambiente.

Atualmente, muitos são os tipos de aços em razão de suas propriedades específicas. Nesse sentido, esse material também assume diversas formas na indústria do aço, como cabos, barras, perfis, placas, tubos e mesmo blocos metálicos.

A Engenharia segue em paralelo a tendência mundial, e sempre busca a inovação, com o objetivo de reduzir o custo real, encurtar o prazo de execução e melhorar a eficiência dos processos construtivos. Após buscar alternativas que pudessem coordenar esses três importantes pilares, o cenário da construção civil foi empurrado para um método baseado na introdução do aço em suas atividades baseado no princípio de que o uso de estruturas metálicas pode proporcionar um melhor desempenho. Sendo alguns benefícios notáveis como: a sustentabilidade em relação a uma obra convencional – sendo mais limpa e econômica, a possibilidade de maior liberdade na elaboração dos projetos e o melhor aproveitamento dos espaços. Desta forma,

Como vantagem do aço na construção civil, ao optar por um sistema construtivo baseado em estruturas metálicas pode-se garantir menor prazo de execução, boa exatidão construtiva, maior e melhor utilização do ambiente e menor impacto nos canteiros de obras (Neta e Neto, 2017).

A presença de certos elementos na composição do aço – resultantes do processo de fabricação, implicará em inúmeras funções a serem aplicadas. Sua classificação e o tipo de aço dependem diretamente da sua composição química, por exemplo, o aço empregado no ramo da construção é designado como aço estrutural – em razão das solicitações que irá sofrer ao ser implementado nas edificações. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo geral estimular o uso de sistemas construtivos metálicos nas atuais edificações civis no Brasil.

Este estudo, caracterizado como revisão de literatura está calcado em artigos e monografias elaborados por pesquisadores acerca do assunto como Freitas e Coelho (2018) e Pinho *et al.* (2008) entre outros. Para isso, foi realizado um estudo acerca da viabilidade ambiental, econômica e as vantagens e desvantagens desse tipo da estrutura metálica focando em variados aspectos que implicam na escolha do sistema estrutural. Além disso, ao longo do ciclo de elaboração do trabalho, foram realizadas análises com maiores profundidades sobre processos que tangem a caracterização do sistema, objetivando a adequação em categorias acadêmico-institucionais, para gerar maiores contribuições – sobretudo, para o meio acadêmico.

Por conseguinte, nas seções 2, 3 e 4 dessa pesquisa serão descritos, respectivamente, a dinâmica de empregabilidade do aço na construção civil; as características mediante a aplicação

do sistema construtivo em aço; e por fim, serão explorados os aspectos consideráveis do aço na construção civil, com enfoque na sustentabilidade do material. Nas seções 5 e 6 serão descritos, respectivamente, os resultados e discussão da pesquisa e as considerações finais – que refletirão acerca dos resultados supracitados.

## 2. EMPREGABILIDADE DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM AÇO NO RAMO CIVIL

### AÇOS ESTRUTURAIS

O aço estrutural é um material com propriedades específicas para determinados tipos de obras mecânicas, podendo cada tipo de obra ser classificado de acordo com as características presentes. O tipo utilizado no ramo civil é o chamado aço carbono. De acordo com a NBR 6215, “o aço carbono é um material que contém elementos de liga a quantidade residual máxima permitida”. Esses elementos são: cromo, níquel, alumínio, cobre, silício e manganês. Eles são chamados de aços de média resistência mecânica, dependendo do conteúdo no que diz respeito ao carbono existente. Em geral os aços mais adequados a construção civil são os de baixo-carbono, que podem ter uma soldagem menos específicas. Podendo ser dividido em três categorias:

- Baixo-Carbono:  $C \leq 0,30\%$
- Médio-Carbono:  $0,30\% < C < 0,50\%$
- Alto-Carbono:  $C \geq 0,50\%$

Uma das características do aço estrutural é que eles possuem quase a mesma capacidade de resistir à ruptura devido à tração ou compressão. Pode dobrar quando comprimido, neste caso, é necessário aumentar a seção transversal do perfil ou reduzir o vão livre.

### O AÇO NO BRASIL

O uso do ferro como meio construtivo no Brasil iniciou por volta de 1812. Acredita-se que a primeira obra no Brasil a utilizar ferro fundido tenha sido no Estaleiro Mauá, no RJ Niterói, onde foi construída a ponte Paraíba do Sul, conforme figura 1 com grande vão de 30 metros, construído em 1857, ainda em uso hoje.

**Figura 1** – Ponte de Paraíba do Sul – Estaleiro Mauá – Niterói - RJ



**Fonte:** saofidelisrj.com (2016). Disponível em: <https://www.saofidelisrj.com.br/ponte-metalica/>  
Acesso em 08/10/2021

Segundo Martins e Barros (2003),

O início da década de 1990 marcou a abertura do mercado, quando a indústria da construção promoveu o desenvolvimento das empresas civis, contribuiu para o desenvolvimento da indústria da construção e promoveu importações de produtos e tecnologias relacionadas ao setor.

“Além disso, a estabilidade econômica da primeira fase do atual plano e a demanda de investimentos em mão de obra qualificada influenciaram no investimento das empresas em tecnologia como forma de trabalho, aumentando o mercado e a competitividade”. (TÉCHNE, 2002, Martins e BARROS, 2003).

Nos últimos anos, o uso do aço na construção civil brasileira tem se tornado mais frequente, substituindo as técnicas tradicionais comumente utilizadas, como o concreto. Esta comparação tem sido feita entre os dois métodos construtivos para comparar a sua viabilidade de forma a obter um produto que possa ser economizado tanto em termos de processo como de redução de desperdícios nos canteiros de obras.

## SISTEMAS ESTRUTURAIS EM AÇO

A estrutura metálica, de acordo com Sales, Sousa e Neves (2001),

Possui metodologia construtiva própria e desconhecer essa tecnologia leva a adoção de solução incompatível com o sistema estrutural, por isso esse tipo de construção exige conhecimento das potencialidades e das limitações e grande atenção no planejamento e interação desde a concepção de projeto até a finalização da obra.

“Nos dias atuais a adoção efetiva de estruturas metálicas de forma considerável condicionada à inovação no desenvolvimento de sistemas construtivos ou à adaptação de sistemas construtivos racionalizados já existentes”. (SALES; SOUZA; NEVES, 2001).

O ideal é trabalhar de forma conjunta com os projetos, a viabilidade das estruturas metálicas está diretamente ligada ao sucesso de sua associação com os sistemas de fechamento, pois é a partir do bom casamento desses dois sistemas que pode se chegar a uma concepção realmente industrializada e eficiente da obra. (Sales, 2001).

Desta forma, as características naturais das estruturas metálicas são consistentes com os requisitos de edifícios sustentáveis, o que torna este tipo de edifício ideal para construção. Ao analisar também o viés financeiro, temos uma redução nos custos financeiros, pois não requer métodos inovadores ou revolucionários no processo de execução, reduzindo assim o custo geral do processo.

Para determinar o sistema de construção mais viável, o projeto deve ser avaliado em termos de trabalho quanto possível. Nesse sentido, Rossatto (2015), em seu estudo comparativo entre sistema estrutural metálico com um sistema em concreto armado, observou que “o gasto na estrutura metálica é muito mais elevado”.

Essas características tornaram os edifícios civis o maior mercado para os produtores de aço estrangeiros, e agora começam a ser notados aqui. Com o objetivo de estimular esse

mercado e manter o Brasil com o mesmo nível de desenvolvimento tecnológico de outros países, a COSIPA passou a fornecer diversos aços especiais para construção civil. O aço COSIPA produzido com a mais avançada tecnologia de fabricação possui certificação ISO 9001 e ISO 14001, tendo assim, sua qualidade assegurada.

Penna e Pinto (2008, p. 19) elencam algumas características de obra que influenciam na decisão do sistema estrutural a se escolher:

- 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
- Durabilidade

As estruturas metálicas são amplamente utilizadas em vários tipos de edifícios e estruturas, e podem ser decapadas ou contínuas. A indústria da construção não só contribui para a economia global, mas também desempenha um papel importante no meio ambiente e na sociedade Martins e Barros (2003).

Além disso, no longo prazo, sua construção precisa resistir às influências ambientais. No entanto, cada tipo de ambiente é um tanto agressivo. Um exemplo bem conhecido é o ar salgado em áreas costeiras. Se a qualidade da superfície não for boa, é fácil danificar o aço. Portanto, existem vários tipos de aço e revestimentos resistentes à oxidação, como aço inoxidável, carbono e revestimentos metálicos e não metálicos que podem proteger os compostos de óxidos e do ambiente natural (Sales, 2001).

O aço é um material de alta resistência e durabilidade. Se todas as medidas de manutenção recomendadas pelo fabricante forem utilizadas corretamente, pode se tornar um metal com maior durabilidade e baixo custo de manutenção. Em alguns casos, é necessária apenas a simples limpeza ou mesmo manutenção dos acessórios utilizados na estrutura, como fixadores, cumeeiras e placas impermeabilizantes. Desta forma, é necessário analisar cuidadosamente o comportamento de sua estrutura de aço e analisar a viabilidade de utilização deste material Dias (2006).

A escolha do tipo de estrutura depende diretamente do tipo de utilidade ou objetivo, o trabalho a ser feito, essa escolha envolve conhecimento e considera vários fatores. Penna e Pinho (2008, p.34) afirmam que para um sistema estrutural misto ou totalmente em aço ou concreto, ele pode ser configurado selecionando os itens detalhados no Quadro 1 a seguir, os quais são construídos de acordo com as características desses autores.

#### **Quadro 1:** Configurações do aço



Configuração	Tipos/ características
<p><b>Tipo de aço:</b></p> <p>Os aços estruturais são aqueles que, devido à sua resistência mecânica, resistência à corrosão, ductilidade, soldabilidade e outras propriedades, são adequados para uso em elementos que suportam cargas</p>	<p>i) aços com baixo teor de carbono tendo o aço ASTM A36 como principal aço desse grupo, com limite de escoamento mínimo de 250 MPa; ii) aços com baixo teor de carbono de alta resistência mecânica e baixa liga, sendo o aço ASTM A572 G50 seu principal aço, com um limite de escoamento mínimo de 345 MPa; e iii) aços com baixo teor de carbono de alta resistência mecânica e baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica, sendo os aços NBR 5921, NBR 5008, ASTM A588 os principais aços desse grupo, com limites de escoamento mínimo de 250, 300 e 350 MPa para os aços NBR 5921, e NBR 5008, com limite de escoamento mínimo de 350 MPa para o aço ASTM A588.</p>
<p><b>Tipo de perfil:</b></p> <p>Consistem na forma como o aço se apresenta para uso estrutural. Algumas das características dos perfis são: Homogeneidade estrutural; Número de bitolas; Bitolas sob medida; Prazo de entrega; Comprimento padrão e sob medida; Acabamento superficial.</p>	<p>Os principais tipos de perfis estruturais são: - Perfis eletro-soldados. - Perfis formados à frio. - Perfis laminados de abas inclinadas. - Perfis laminados de abas paralelas. - Perfis soldados. - Perfis tubulares com costura. - Perfis tubulares sem costura.</p>
<p><b>Tipo de proteção contra a corrosão:</b></p> <p>Uma boa proteção começa no projeto, evitando detalhes que possam criar empoçamento ou acúmulo de sujeira junto a estrutura;</p>	<p>A proteção contra a corrosão na realidade é um sistema composto de: - limpeza de superfície; - pintura de base que tem a necessária aderência na superfície do aço; - pintura de acabamento que tem aderência na pintura de base, completa a espessura necessária para a proteção e dá a cor do acabamento final.</p>
<p><b>Tipo de proteção contra fogo:</b></p> <p>É um custo importante nas estruturas de aço, mas, se bem coordenada com outros partidos adotados para o projeto e o uso de engenharia na minimização da quantidade de materiais utilizados, este custo pode ser reduzido.</p>	<p>A estrutura enclausurada pode empregar proteção em argamassa projetada (de menor custo) e não necessita de pintura anticorrosiva, assim se tem uma estrutura durável e com o menor custo de proteção contra a corrosão e o fogo. Para cada tipo de utilização existe um tempo requerido de resistência normatizado.</p>

**Fonte:** Adaptado de Penna e Pinho (2008, p. 35 - 41).

O comportamento estrutural é um dos pontos mais importantes a serem estudados. Todos os edifícios devem suportar o vento, seu próprio peso e uma série de influências internas e externas que devem ser consideradas, principalmente em função do número de andares do edifício. A denominação do aço os torna únicos em termos de desempenho. O termo usa duas letras para indicar sua eficácia e valor de estresse de rendimento. Os aços CA-50 e CA-60 são mais comumente usados na construção civil. Após o cálculo da tensão da estrutura, o

engenheiro define o diâmetro do aço a ser utilizado na moldura, a quantidade a ser utilizada em cada viga, pilar ou fundação, e outros detalhes do projeto.

D’Alambert (2004) destaca que,

No Brasil, além da construção civil, o uso do aço como elemento estrutural ainda é muito pequeno, sendo que no campo industrial o aço tem mostrado participação evidente, principalmente na fabricação de galpões. Em geral, neste tipo de empreendimento, os elementos chegam em forma de pré-moldados, que pode ser utilizada imediatamente.

“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). Ele salienta ainda que, “em outros países e regiões onde a cultura do aço é mais extensa, a solução tem sido amplamente utilizada”.

Segundo Fonseca (2015, p.2),

No processo tradicional, o desperdício de material pode chegar a 25% (peso). Com o aço, o entulho de trabalho não existe mais ou é reciclado. “Por causa do peso mais leve, a estrutura metálica pode reduzir o custo de fundação em até 30%.” O tempo de construção foi reduzido de 10% a 20% devido à praticidade e rapidez na execução dos projetos. Todos esses paradigmas em relação ao sistema estrutural em aço serão discorridos no capítulo seguinte.

## O AÇO COMO SOLUÇÃO ESTRUTURAL

Pinho *et al.* (2008) reiterou que “a melhor solução estrutural deve ser selecionada com base no entendimento do sistema e de suas características, e não afetada por paradigmas, vieses e fatores desconhecidos”. Ressalta-se que o objetivo é encontrar uma melhor solução estrutural, que seja capaz de suprir as necessidades do projeto de modo que, leve em consideração os fatores que podem afetar o desempenho da estrutura.

Ainda segundo Pinho *et al.* (2008), o questionamento “Quando construir em aço? É recorrente, e a resposta quase sempre é apoiada nas inúmeras vantagens das estruturas de aço.

Diante disto, a escolha do sistema construtivo não deve ser uma competição entre diferentes tipos de estruturas, mas deve ser determinada de acordo com as necessidades da obra e as características de cada sistema. Além disso, a decisão mais adequada deve ser feita analisando o máximo possível os aspectos representativos da obra e determinando as características mais importantes e a prioridade das características requeridas.

Sendo assim, a pergunta que deve ser feita aos construtores seria “Em qual tipo de estrutura é mais adequado para o meu empreendimento?” A maior dificuldade em determinar o tipo de estrutura mais adequado para o projeto é a falta de um método de avaliação mais abrangente do que uma simples comparação de custos. Isso também inclui todas as restrições (D’Alambert 2004).

Outra peça fundamental diz respeito ao profissional presente, os quais devem estar preparados para desenvolver as configurações para todos os sistemas estruturais que venham a



ser examinados, ou ainda, solicitem a participação de um especialista no tipo de sistema estrutural empregado.

### 3. CARACTERÍSTICAS DA APLICAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM AÇO

Incluir o aço no trabalho exige um planejamento ideal para que se possa desfrutar efetivamente de todos os benefícios que este material pode trazer. Para isso, devem ser considerados alguns aspectos.

O comportamento estrutural é um desses aspectos, e o esforço deve ser diagnosticado após a conclusão da estrutura. Todos os edifícios devem suportar o vento, seu próprio peso e uma série de influências internas e externas que devem ser consideradas, principalmente em função do número de andares do edifício. A denominação do aço os torna únicos em termos de desempenho (PENNA; PINHO, 2008).

O termo usa duas letras para indicar sua eficácia e valor de estresse de rendimento. Os aços CA-50 e CA-60 são mais comumente usados na construção civil. Após o cálculo da tensão da estrutura, o engenheiro define o diâmetro do aço a ser utilizado na moldura, a quantidade a ser utilizada em cada viga, pilar ou fundação, e outros detalhes do projeto.

Além disso, no longo prazo, sua construção precisa resistir às influências ambientais. No entanto, cada tipo de ambiente é um tanto agressivo. Um exemplo bem conhecido é o ar salgado em áreas costeiras. Se a qualidade da superfície não for boa, é fácil danificar o aço. Portanto, existem vários tipos de aço e revestimentos resistentes à oxidação, como aço inoxidável, carbono e revestimentos metálicos e não metálicos que podem proteger os compostos de óxidos e do ambiente natural (D'Alambert 2004).

O aço é um material de alta resistência e durabilidade. Se todas as medidas de manutenção recomendadas pelo fabricante forem utilizadas corretamente, pode se tornar um metal com maior durabilidade e baixo custo de manutenção. Em alguns casos, é necessária apenas a simples limpeza ou mesmo manutenção dos acessórios utilizados na estrutura, como fixadores, cumeeiras e placas impermeabilizantes. Desta forma, é necessário analisar cuidadosamente o comportamento de sua estrutura de aço e analisar a viabilidade de utilização deste material. De acordo com Pinho *et al.* (2008), “assim como ainda existem muitos paradigmas negativos em estruturas de aço, existem muitas verdades que são fáceis de aceitar”.

O mais comum é que as estruturas de aço são muito rápidas. Esta é, talvez, a característica mais óbvia das estruturas de aço e geralmente a mais impressionante. Na fase de montagem, as estruturas de aço são muito mais eficientes do que outros tipos de estruturas. As mesmas características podem fazer com que os fundos de investimento tenham um retorno mais rápido e, em alguns tipos de projetos, o início das obras pode ser adiado, atrasando o dispêndio das atividades laborais, podendo utilizar os maiores fundos dos clientes para a realização da obra. E ainda cumprem as condições estipuladas no contrato (D'Alambert 2004).

Pinho *et al.* (2008) diz que “a estrutura de aço possui grande flexibilidade”. Qualquer pessoa que precise de reforço, modificação ou aberturas imprevistas conhece a flexibilidade das estruturas de aço. Essa flexibilidade é a chave para o uso generalizado de estruturas de aço na indústria, pois nesta indústria o processo é muito dinâmico e as mudanças são constantes.

A precisão da estrutura de aço é alta, pois a precisão da estrutura de aço é medida em milímetros, é muito mais fácil fazer a interface com equipamentos e outros elementos industrializados conectados à estrutura. Em muitos casos, a alta precisão da estrutura de aço é utilizada, e ela também é utilizada como gabarito horizontal, vertical e alinhado.

O aço tem alta resistência. Mesmo quem usa apenas estruturas de concreto armado conhece a alta resistência mecânica do aço. Em estruturas de aço, esse recurso permite que os elementos estruturais tenham dimensões menores e tenham a capacidade de superar grandes vãos. O aço é 100% reciclável, desse modo, hoje, a consciência ecológica reconheceu as vantagens de usar a maior taxa de reciclagem do mundo e pode ser 100% reciclável, porque uma vez que a vida útil do edifício se esgota, este aço pode ser A forma de sucata é retornou ao forno e se tornou um novo tipo de aço sem perda de qualidade (Martins 2010).

Pinho et al. (2008) concluíram que,

A melhor solução estrutural deve ser selecionada com base no entendimento do sistema e de suas características, e não afetada por paradigmas, vieses e fatores desconhecidos. O que se pretende não é encontrar a melhor solução estrutural, mas sim ser capaz de selecionar um sistema estrutural de forma racional e estruturada, ao invés de intuitiva, devendo desta forma levar em consideração todos os fatores que podem afetar o desempenho estrutural e o aspecto da estrutura.

#### **4. ASPECTOS CONSIDERÁVEIS DO AÇO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, COM ENFOQUE NA SUSTENTABILIDADE DO MATERIAL**

##### **4.1. CONCEITO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Segundo Martins (2010), “o desenvolvimento sustentável é criado com base no conceito de desenvolvimento ecológico”. Em 1987, durante a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento o "Relatório de Desenvolvimento Sustentável" também comentou introduzindo a conhecida como "nossa comunidade do futuro", é a primeira definição global aceita do termo "desenvolvimento sustentável": "Refere-se ao desenvolvimento que atende às necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades." (BRUNDTLAND, 1987).

Sachs (1993 apud MARTINS, 2010) partiu dessa premissa de desenvolvimento e propôs uma sistematização baseada em cinco dimensões: Segundo o autor,

Qualquer modelo de desenvolvimento sustentável proposto requer um equilíbrio: racionalidade econômica, prudência ecológica Sexo, compromisso político, justiça social e respeito às particularidades e necessidades das pessoas de acordo com a cultura de cada local.

Silva (2003) divide o desenvolvimento sustentável em três áreas:

Sociedade, economia e meio ambiente. No campo ambiental, por meio do uso racional, busca-se um equilíbrio entre a proteção do meio ambiente físico e seus recursos para garantir uma qualidade de vida aceitável no planeta. No campo social, o foco é o desenvolvimento de uma sociedade justa, proporcionando o desenvolvimento humano e uma qualidade de vida aceitável

para todos. Quanto à economia, as pessoas esperam que o sistema econômico proporcione fácil acesso a recursos e oportunidades no âmbito do ecologicamente possível, sem comprometer os direitos humanos, para que todos possam prosperar.

Ao longo dos anos, o conceito de sustentabilidade foi se consolidando e aplicando a quase todas as atividades humanas por ser passível de diversas interpretações e por ser um conceito amplo e complexo.

A revolução industrial se reflete na arquitetura por meio de movimentos modernos. O modernismo é o principal estilo do século 20. Ele tenta atualizar a arquitetura e quebrar referências históricas, voltando-se para as possibilidades oferecidas pelo progresso tecnológico. Segundo Zambrano (2008), “nesse caso, nasceu uma linguagem arquitetônica denominado “estilo internacional”, que se espalhou rapidamente e causou ampla destruição do meio ambiente e dos fenômenos naturais”.

Segundo a pesquisa de Corbella e Yannas (2003),

No Brasil da década de 1930, houve um período curto e intenso (apenas mais de 20 anos). Alguns da geração anterior de arquitetos aceitaram os princípios do modernismo, incluindo a atenção ao design e a consciência da arquitetura. No entanto, desde a década de 1960, os edifícios comerciais começaram a instalar regularmente sistemas de ar-condicionado e iluminação artificial para alcançar condições de conforto interno ao longo do dia e durante a temporada.

Roaf (2006) apontou que “a transição para projetos mais ambientalmente conscientes começou na década de 1970 como uma resposta pragmática ao aumento dos preços do petróleo e promoveu os chamados “edifícios solares.” “A preocupação mais básica é incorporar a energia solar nas edificações por meio do uso de sistemas passivos de aquecimento solar e solar de água, contribuindo para o aquecimento predial e economizando energia convencional” (CORBELLA; YANNAS, 2003; ROAF, 2006).

A Solar Architecture explorou o uso de iluminação natural e técnicas de construção que podem promover o calor gerado pelo aquecimento em climas frios e reduzir a perda de calor da parede devido à massa e inércia térmica da parede. Segundo Zambrano (2008),

A arquitetura prioriza a otimização energética, mas devido à existência de algumas soluções de projeto, ela carece de balanço de energia térmica, pois o projeto não foi estudado em profundidade e o conforto térmico não pode ser melhorado mesmo no verão.

Na década de 1980, outro grande choque foi: a mudança climática. O alerta global sobre a taxa de redução da camada de ozônio e o aumento dos gases de efeito estufa se tornou uma realidade. “Na década de 1990, as temperaturas globais têm aumentado constantemente, que foi a década mais quente já registrada. O clima mundial está mudando, mas o que é preocupante agora é a velocidade e a escala das mudanças no curto prazo” (ROAF, 2006).

Para Zambrano (2008), “a arquitetura bioclimática ganhou vantagens na década de 1980, e um progresso significativo foi feito com o desenvolvimento de tecnologia de construção passiva e equipamentos para proteger ou utilizar os efeitos do microclima nas edificações”. Já Para Corbella e Yannas (2003), “a evolução da abordagem da arquitetura bioclimática para a arquitetura sustentável é um continuum natural, pois também passa a considerar a integração

do edifício e do ambiente como um todo, tornando-o parte de um acervo maior”. Novo paradigma de desenvolvimento sustentável.

A questão central da arquitetura deixou de ser apenas avaliar a boa integração com a natureza e explorar os recursos naturais e climáticos para promover o conforto, não só no meio ambiente, mas também nos aspectos sociais e ambientais, emergindo questões mais amplas. Ordem econômica.

Este trabalho utiliza o termo "sustentabilidade na construção" ou "construção sustentável", que se refere a medidas que irão causar danos ao meio ambiente sem comprometer o conforto e a saúde dos usuários, construtores e do meio ambiente. O impacto negativo da construção é minimizado. Ou um mecanismo para aumentar a economia, a eficiência dos recursos e o desempenho dos edifícios.

Segundo Cabreira (2010, p. 57), “a arquitetura sustentável tem como premissa a perspectiva global entre o ambiente construído e o ambiente natural, e considera todo o ciclo de vida do edifício”. Este conceito vai além do próprio processo construtivo e abrange toda a cadeia crítica que envolve produtos cuidadosamente elaborados: a extração da matéria-prima, o processamento e distribuição dos componentes, a própria construção, operação, manutenção, demolição e destinação final dos resíduos.

Neste caso, os profissionais em contacto com o sector da construção, em especial os arquitetos, procuram adoptar conceitos e práticas mais conscientes, combinando a edificação com as várias utilizações previstas, as características do clima e as condições locais para produzir. relacionados a edifícios. O uso de energia, recursos naturais disponíveis (como iluminação natural e chuva) e técnicas de implementação mais eficientes podem deixar um mundo menos poluente para as gerações futuras.

O uso de aço pode reduzir os danos ao ambiente de trabalho. A relação entre o aço e o desenvolvimento sustentável da indústria da construção está mais próxima do que imaginávamos. A estrutura metálica não apenas ajuda o aço a atingir os objetivos de desenvolvimento sustentável, mas também tem as características naturais para atingir esses objetivos.

#### 4.2. AS ESTRUTURAS METÁLICAS E O CONCEITO SUSTENTÁVEL

As estruturas de aço no tocante custo são quase sempre consideradas caro quando comparado a outros sistemas estruturais, porém tem montagem mais eficiente, viabilizando retorno econômico mais rápido; possui grande e precisão além de ser o aço um material 100% reciclável atendendo a consciência ecológica de forma mais sustentável (PENNA; PINHO, 2008).

A construção sustentável visa minimizar o consumo de recursos naturais e reutilizá-los tanto quanto possível, usar recursos renováveis e recicláveis, proteger o ambiente natural, criar um ambiente saudável e não tóxico, e buscar na criação de um espaço abrangente e de qualidade.

As estruturas metálicas são amplamente utilizadas em vários tipos de edifícios e estruturas, e podem ser decapadas ou contínuas. Hoje, o desenvolvimento sustentável tornou-se uma questão importante que afeta todos os setores de nossa sociedade. A indústria da

construção não só contribui para a economia global, mas também desempenha um papel importante no meio ambiente e na sociedade. Geralmente, o aço tem potencial para ser reciclado devido às suas propriedades e, portanto, é considerado um bom aliado (PENNA; PINHO, 2008).

No entanto, não só os benefícios ambientais do aço ajudam a atingir os objetivos da construção, mas as características naturais das estruturas metálicas são consistentes com os requisitos de edifícios sustentáveis, o que torna este tipo de edifício um edifício ideal. Este trabalho propõe tipos de corrosão que podem produzir alterações prejudiciais em peças metálicas estruturais.

No campo da construção civil, o movimento arquitetônico se desenvolveu ao longo de muitos anos e seguiu o modelo e paradigma de desenvolvimento de cada época. Nas últimas décadas, novos padrões e condições de design foram criados, os quais incorporam o conceito de sustentabilidade ao projeto.

A base histórica da arquitetura se refere ao ambiente construído por meio da interação entre as pessoas e o meio ambiente. No conceito de arquitetura vernacular, quando ainda não há arquitetos ou designers, técnicas arquitetônicas únicas foram adotadas para se adaptar de forma inteligente às características climáticas de diferentes partes do mundo.

“No período clássico, Vitruvius entendia a arquitetura como um espaço habitável, que deveria se basear na chamada Tríade Vitruviana ou nos critérios do Triângulo Conceitual: solidez, praticidade e beleza (robustez, utilidade e beleza)” (MANENTI, 2010).

Segundo a pesquisa de Corbella e Yannas (2003),

No Brasil da década de 1930, houve um período curto e intenso (apenas mais de 20 anos). Alguns da geração anterior de arquitetos aceitaram os princípios do modernismo, incluindo a atenção ao design e a consciência da arquitetura. No entanto, desde a década de 1960, os edifícios comerciais começaram a instalar regularmente sistemas de ar-condicionado e iluminação artificial para alcançar condições de conforto interno ao longo do dia e durante a temporada.

Segundo Druszcz (2002),

No último terço do século passado, parece que as primeiras manifestações do impacto do homem e de suas conquistas no meio ambiente relacionadas à construção civil começaram a se delinear, e a seguinte discussão se formou: Poluição urbana, consumo de recursos, crescimento populacional e outros fatores relacionados a questões ambientais.

Roaf (2006) apontou que “a transição para projetos mais ambientalmente conscientes começou na década de 1970 como uma resposta pragmática ao aumento dos preços do petróleo e promoveu os chamados "edifícios solares".” “A preocupação mais básica é incorporar a energia solar nas edificações por meio do uso de sistemas passivos de aquecimento solar e solar de água, contribuindo para o aquecimento predial e economizando energia convencional” (CORBELLA; YANNAS, 2003; ROAF, 2006).

Tem sido apontado que o uso de estruturas metálicas é uma das alternativas às edificações civis sustentáveis, que consegue equilibrar velocidade, qualidade e racionalidade e reduzir desperdícios. Porém, em todo o país, falta tecnologia para combinar sistemas

construtivos eficientes com o aço, por exemplo, na realização de fechamento externo, painéis planos e separação interna, o que dificulta a ampla utilização de estruturas metálicas (MANENTI, 2010).

As características do sistema são derivadas de processos industriais, portanto, é possível incorporar a racionalidade e agilidade da linha de montagem ao fechamento da estrutura para se conseguir um uso final e manutenção mais razoável e eficaz do produto.

Este seria um “edifício inteligente”, ou seja, uma construção que se apropria da tecnologia disponível no mercado para atingir os melhores desempenhos ambientais e construtivos possíveis. É importante salientar, portanto, que o uso de inovações tecnológicas em uma construção não é garantia de melhor desempenho, sendo imprescindível que, para se atingir esta eficiência, utilizem-se os sistemas e os materiais de forma adequada e de acordo com os condicionantes de cada situação (HERMSDORFF, 2005, p. 14).

A principal característica dos edifícios industrializados é determinar cada etapa do processo construtivo que ainda está em fase de projeto, de forma a evitar alterações no projeto em andamento. Desta forma, o uso da alvenaria tradicional para fechar a própria distância é consistente com o conceito de montagem industrial e precisão dimensional. Estas características são as características utilizadas em estruturas metálicas por se tratar de um processo de construção manual lento e sujeito a erros e improvisação (SALES; SOUZA; NEVES, 2002).

Marques (2007) concluiu, em entrevista a arquitetos brasileiros em sua obra que, “eles se preocupam em proteger o meio ambiente por meio da aplicação de edificações sustentáveis, uma das principais dificuldades que enfrentam na escolha dos materiais é a falta de informações disponíveis”.

O problema da utilização de sistemas construtivos industrializados para fechamento de estruturas metálicas parece ser o desconhecimento desses sistemas por parte dos profissionais ligados ao setor e a falta de capacitação do Brasil para a principal força de trabalho. Faltam informações sobre os casos encerrados existentes, o conhecimento das vantagens de sua aplicação e o domínio dos métodos construtivos racionalizados (BASTOS, SOUZA, 2007).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aço possui características que o tornam um dos materiais com maior potencial de construção sustentável. Geralmente identificados como materiais “ambientalmente corretos”, o uso de aço em construções civis pode trazer benefícios sociais, ambientais e até econômicos, que podem fomentar objetivo da construção sustentável, conforme o Quadro 2, Quadro 3 e Quadro 4 dispostos a seguir.

**Quadro 2:** Vantagens da construção em aço – Benefícios sociais

<b>Menor nível de poluição e ruído</b>	A pré-fabricação minimiza os níveis de poluição e de ruído no canteiro de obras por diminuir a emissão de material particulado e a poluição sonora geradas por serras e outros equipamentos.
<b>Material com baixos níveis de emissão</b>	A construção em aço leve é constituída por materiais com baixos níveis de emissões.

**Fonte:** GERVÁSIO, 2008b.



**Quadro 3:** Vantagens da construção em aço – Benefícios ambientais

<b>Maior limpeza da obra</b>	Devido à ausência de entulhos, como escoramento e fôrmas, a pré-fabricação das estruturas contribui para um ambiente de trabalho mais limpo e com maior segurança, contribuindo para uma melhor organização do canteiro, evitando depósito de materiais e reduzindo o desperdício de materiais. As componentes das estruturas metálicas são entregues na obra na altura da sua montagem, minimizando a área de armazenamento (CONTRUÇÕES...,2009).
<b>Preserva a natureza no fim da vida útil</b>	Os problemas com demolição após a vida útil de um edifício, tais como ruídos, poeira e poluição são evitados com a utilização de edificações em aço por serem facilmente desmontáveis, de maneira segura e limpa, permitindo despojo seletivo. O baixo peso das estruturas previne a deterioração do solo (LEMOINE, 2002).
<b>Apresenta um balanço ecológico positivo</b>	A análise do ciclo vital de uma edificação feita em aço comparada à de uma feita em concreto revela uma redução de 41% no consumo de água durante a construção. A construção em aço faz cair pela metade o movimento de caminhões na locação e resulta em menos 57% de detritos inertes. Ao longo da vida útil da edificação, devido a valiosas técnicas de isolamento externo, o aço possibilita economia significativa de energia, facilidade de manutenção e adaptabilidade. Ao final de sua vida útil, é facilmente reciclável. No total, a economia gerada durante a vida útil de uma contribui para um balanço ecológico altamente favorável ao aço (LEMOINE, 2008).

**Fonte:** CONTRUÇÕES...,2009; LEMOINE, 2002; LEMOINE, 2008.

**Quadro 4:** Vantagens da construção em aço – Benefícios econômicos

<b>Menor prazo de execução</b>	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.
<b>Antecipação do ganho</b>	Em função da maior velocidade de execução da obra, pode haver um ganho adicional pela ocupação antecipada do imóvel e pela rapidez no retorno do capital investido.
<b>Racionalização de materiais e mão-de-obra</b>	Numa obra convencional o desperdício de materiais pode chegar a 25% em peso. A estrutura em aço possibilita a adoção de sistemas industrializados, fazendo com que os resíduos gerados durante a construção sejam reduzidos ao mínimo, e sendo, na sua maior parte, recicláveis
<b>Alívio de carga nas fundações</b>	A maior leveza das estruturas metálicas reduz o impacto das estruturas no solo de fundação e permite reduzir as dimensões das fundações, podendo reduzir em até 30% no seu custo.

**Fonte:** CONTRUÇÕES, 2009.

A utilização de estruturas em aço em uma edificação pode assegurar a qualidade de uma obra. As estruturas em aço, por passarem necessariamente por um processo de industrialização,

apresentam alto grau de precisão, o que contribui para construções mais precisas – quando utilizadas em obras racionalizadas que não permitem reformulações no canteiro.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conceituação, assim como as características do sistema construtivo em aço introduzidas neste trabalho – limitadas por artigos e monografias já publicadas acerca da temática de aço no setor construtivo, foram explanadas de forma a apresentar as informações básicas para simplificar o conhecimento necessário para o entendimento dos objetivos e ferramentas da metodologia.

É enfático que, a construção civil exige, cada vez mais, métodos e materiais que otimizem processos e gerem ganhos em qualidade para o setor construtivo. Atualmente, o sistema de estruturas metálicas preenche essas lacunas por se tratar de um método inovador e versátil, sobretudo devido a vantagem da sua utilização em grandes vãos – sem a necessidade de extrapolar a seção transversal da viga. Acredita-se que, para os próximos anos, o aço possa ser cada vez mais difundido tanto nos setores privados como em obras governamentais – assim como os processos que visam sua ampliação no país.

Considerando a praticidade, rapidez e construção de estruturas metálicas, o Brasil ainda está tomando algumas medidas de curto prazo no processo de adoção desse tipo de método construtivo – tão comum em outros países. Conforme supracitado, a estrutura metálica é um excelente método que alia benefícios sociais, ambientais e econômicos sendo assim, uma alternativa para a ascensão econômica do setor construtivo no país.

O mercado da construção sustentável exigirá, cada vez mais, materiais que tenham bom desempenho ambiental e raramente incorporem energia – podendo ser reciclados e que reduzam a geração de resíduos – à exemplo das estruturas metálicas. O uso de componentes pré-fabricados e industrializados na construção, bem como novas tecnologias de montagem, a facilidade de transporte desses componentes e a decomposição do edifício em componentes de pequeno porte, serão uma alternativa para o mercado. Nesse sentido, a carga de trabalho no canteiro de obras será bastante reduzida, o tempo de execução encurtado, e produzirá menos impacto ambiental, contribuindo assim, diretamente no desenvolvimento sustentável do setor.

Por conseguinte, esta pesquisa visa abrir portas para a discussão, que permitam que o conhecimento seja apresentado a comunidade científica e aos profissionais da área da construção civil, fomentando o aprofundamento dentro da temática aqui apresentada assim como demais áreas transversais tangentes, à exemplo da sustentabilidade.

Na identificação de lacunas provisórias, a partir deste trabalho, sugerem-se estudos aprofundados nas seguintes áreas: Análise da instauração do sistema construtivo em aço no Brasil; Diretrizes para elaboração de modelos em aço para obras civis; e Estudo de caso de obra pública com implementação do aço como sistema construtivo.

## REFERÊNCIAS

BRUNDTLAND, G.H. **Our Common future: The World Commission on Environment and Development.** Oxford: Oxford University Press. 398 p. 1987.

CÁTIA SIMÕES COELHO ROBERTO INABA. **A Evolução da Construção em Aço no Brasil**. Revista Arquitetura & Aço – Nº 42. 2015.

CABREIRA, Cristiane Vieira. Patrimônio Sustentável: **A experiência francesa e a realidade brasileira. Reflexões para a preservação de edifícios históricos no Brasil segundo o referencial francês da Haute Qualité Environnementale - HQE®**. 2010. 218f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos- conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

CONSTRUÇÕES em aço: características. CBCA- Centro Brasileiro da Construção em Aço. Disponível em: Acesso em: 10 abril. 2021.

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

Déborah Liubartas. **A sustentabilidade do aço e das estruturas metálica**. Scientific Journal of the Faculdades Metropolitanas Unidas, São Paulo, Brasil. 2015.

Douglas Mateus de Lima. **Revista da Estrutura de Aço – REA – Volume 07**. 2018.

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

Francisco Malaquias Ferrer Neto e Nair do Amaral Sampaio Neta. **O Uso do Aço na Construção Civil**. VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. 2017.

FREITAS, Duann Rennê Ferreira. COELHO, Mauro Frank Oguino. **A importância do aço na construção civil**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 09, Vol. 07, pp. 05-10 setembro de 2018.

HELENA MARIA GERVÁSIO. **A sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas- Construmetal**. Artigo Técnico. 2012.

HERMSDORFF, Mariana Martins de Carvalho. **A estrutura metálica como solução para a habitação de interesse social: uma avaliação pós-ocupação do conjunto habitacional Oswaldo Barbosa Penna II, Nova Lima – MG**. 2005. 181f. Dissertação (Mestrado em Construções Metálicas) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

Henrique Ferraz. **O Aço na Construção Civil**. Revista Eletrônica de Ciências 2003.

INDÚSTRIA HOJE. **O Aço na Construção Civil**. Revista Eletrônica. 2014.

LEMOINE, Bertrand. **Aço, um material de construção ecológica para um desenvolvimento sustentável**. Disponível em: Acesso em: 11. abril.2021.

MANENTI, Leandro. **Princípios de ordem projetual na obra de Vitruvius.** *Arquiteturarevista*. UNISINOS, v. 6, p. 1-11, 2010.

MARQUES, Flávia Miranda; SALGADO, Mônica. **Padrões de sustentabilidade aplicados ao processo de projeto.** 2007. In: Workshop brasileiro de gestão do processo de projetos na construção 205 de edifícios. 2007. Disponível em: Acessado em 25/04/2021.

NETA, Nair do Amaral Sampaio. NETO, Francisco Malaquias Ferrer. **O uso do Aço na Construção Civil.** ConBRepro. Ponta Grossa. PR. Brasil. dezembro de 2017.

PENNA, F.; PINHO, F. O. **Viabilidade econômica.** Instituto Brasileiro de Siderurgia, 2008.

ROBERTO INABA. **Construções Metálicas: O uso do Aço na Construção Civil.** Artigo Técnico. 2017.

ROSSATTO, B. M. **Estudo comparativo de uma edificação em estrutura metálica/concreto armado: estudo de caso.** Trabalho de Conclusão de Curso. GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL, Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, 2015.

ROAF, Susan. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável.** Tradução Alexandre Salvaterra. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

SALES, U. C.; SOUZA, H. A.; NEVES, F. A. **Mapeamento de problemas na construção industrializada em aço.** Ouro preto, Rem: Revista Escola de Minas, v. 54, n. 4, p. 303-309, 2001.

ZAMBRANO, Leticia Maria de Araújo. **A Avaliação do desempenho ambiental da edificação: Um instrumento de gestão ambiental - Estudo de caso em indústria farmacêutica.** 2004. 22f. Dissertação 208 (Mestrado em Arquitetura) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.