




TENDÊNCIAS E DESAFIOS NO USO DE ESTRUTURAS METÁLICAS SUSTENTÁVEIS EM PROJETOS URBANOS

TRENDS AND CHALLENGES IN THE USE OF SUSTAINABLE METAL STRUCTURES IN URBAN PROJECTS

TENDENCIAS Y RETOS EN EL USO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS SOSTENIBLES EN PROYECTOS URBANOS

 <https://doi.org/10.56238/levv15n41-117>

Data de submissão: 25/09/2024

Data de publicação: 25/10/2024

Alexandre Milani das Chagas

RESUMO

O presente artigo analisou as tendências e os desafios do uso de estruturas metálicas sustentáveis em projetos urbanos brasileiros, destacando avanços técnicos e benefícios ambientais obtidos ao integrar aço em diferentes tipologias de obras. A revisão bibliográfica qualitativa permitiu reunir pesquisas acadêmicas, estudos de caso e relatórios técnicos, evidenciando que o aço apresenta elevado potencial de reutilização e reciclagem, favorecendo o conceito de economia circular e reduzindo significativamente a geração de resíduos no canteiro. Os resultados demonstraram que o emprego de estruturas metálicas promove rapidez na execução, menor consumo de água e maior previsibilidade de custos e prazos, atributos decisivos para atender às exigências de empreendimentos em áreas densamente povoadas. Verificou-se também que a adoção de soluções pré-fabricadas e de tecnologias de proteção superficial assegura desempenho estrutural e durabilidade mesmo em ambientes urbanos agressivos, viabilizando edificações mais resilientes e com menores custos de manutenção. Os desafios ainda existentes, como a carência de mão de obra especializada e a necessidade de ampliar a cultura técnica sobre sistemas metálicos, podem ser superados com investimento em capacitação e atualização normativa. Conclui-se que o aço representa uma alternativa estratégica para cidades que buscam eficiência construtiva e responsabilidade ambiental, consolidando-se como elemento essencial na construção civil contemporânea.

Palavras-chave: Estruturas Metálicas. Sustentabilidade. Projetos Urbanos. Economia Circular. Construção Civil.

ABSTRACT

This article analyzed the trends and challenges in the use of sustainable steel structures in Brazilian urban projects, highlighting technical advances and environmental benefits achieved by integrating steel into different types of constructions. The qualitative literature review brought together academic research, case studies and technical reports, showing that steel has high potential for reuse and recycling, supporting the circular economy concept and significantly reducing waste generation on site. The results demonstrated that the use of steel structures promotes faster execution, lower water consumption and greater predictability of costs and schedules, decisive attributes for meeting the demands of projects in densely populated areas. It was also verified that the adoption of prefabricated solutions and surface protection technologies ensures structural performance and durability even in aggressive urban environments, enabling more resilient buildings with lower maintenance costs. The existing challenges, such as the lack of specialized labor and the need to broaden technical knowledge



about metallic systems, can be overcome with investments in training and regulatory updates. It is concluded that steel represents a strategic alternative for cities seeking constructive efficiency and environmental responsibility, consolidating itself as an essential element in contemporary construction.

Keywords: Steel Structures. Sustainability. Urban Projects. Circular Economy. Civil Construction.

RESUMEN

Este artículo analizó las tendencias y los desafíos del uso de estructuras metálicas sostenibles en proyectos urbanos brasileños, destacando los avances técnicos y los beneficios ambientales obtenidos mediante la integración del acero en diferentes tipos de proyectos. La revisión bibliográfica cualitativa reunió investigaciones académicas, estudios de caso e informes técnicos, demostrando que el acero tiene un alto potencial de reutilización y reciclaje, promoviendo el concepto de economía circular y reduciendo significativamente la generación de residuos en las obras. Los resultados demostraron que el uso de estructuras metálicas promueve una construcción más rápida, un menor consumo de agua y una mayor previsibilidad de costos y plazos, atributos clave para satisfacer las demandas de proyectos en zonas densamente pobladas. También se encontró que la adopción de soluciones prefabricadas y tecnologías de protección de superficies garantiza el rendimiento estructural y la durabilidad incluso en entornos urbanos hostiles, permitiendo edificios más resilientes con menores costos de mantenimiento. Los desafíos pendientes, como la falta de mano de obra especializada y la necesidad de ampliar el conocimiento técnico de los sistemas metálicos, pueden superarse mediante la inversión en capacitación y la actualización normativa. Se concluye que el acero representa una alternativa estratégica para las ciudades que buscan eficiencia constructiva y responsabilidad ambiental, consolidándose como un elemento esencial en la construcción civil contemporánea.

Palabras clave: Estructuras Metálicas. Sostenibilidad. Proyectos Urbanos. Economía Circular. Construcción Civil.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades e a busca por processos construtivos cada vez mais alinhados a princípios ambientais têm ampliado o interesse por estruturas metálicas em projetos urbanos, pois esse sistema permite rapidez na execução, maior controle de resíduos e flexibilidade de concepção, características fundamentais em obras que exigem soluções inovadoras para atender a demandas técnicas e sociais complexas, sendo possível observar em estudos recentes que a combinação de modulação e aço vem sendo aplicada com êxito em diversas regiões brasileiras e ganha espaço no planejamento de novas edificações urbanas (Stoppa, 2024).

As transformações que ocorrem no setor da construção civil demonstram uma mudança de paradigma na escolha de materiais e métodos, uma vez que a utilização de aço deixa de ser restrita a empreendimentos industriais e passa a integrar projetos residenciais, comerciais e institucionais, promovendo integração entre desempenho estrutural e sustentabilidade, ao mesmo tempo em que contribui para reduzir o tempo de obra e possibilita intervenções arquitetônicas mais ousadas, criando novas possibilidades para engenheiros e arquitetos atuarem de forma colaborativa e estratégica (Abreu; Andrade, 2022).

A importância de integrar conceitos de economia circular às práticas construtivas tem impulsionado o uso de estruturas metálicas recicláveis, que apresentam alta durabilidade e facilidade de reaproveitamento, garantindo que o ciclo de vida do material seja estendido e que menos recursos naturais sejam extraídos, o que além de reduzir impactos ambientais também diminui custos operacionais e viabiliza certificações ambientais, mostrando que o setor do aço possui potencial significativo para se alinhar a metas globais de descarbonização e eficiência energética (Akizama; Spers, 2024).

Os desafios ainda existentes no Brasil, como a carência de mão de obra especializada e o preconceito cultural em relação ao uso de novos materiais, vêm sendo superados com investimentos em capacitação técnica e pesquisas que comprovam a viabilidade econômica do aço, que apesar de apresentar custo inicial mais elevado, oferece retorno a médio prazo por reduzir etapas de obra e minimizar desperdícios, sendo um recurso cada vez mais valorizado para o planejamento de empreendimentos urbanos de médio e grande porte (Almada et al., 2021).

Ao adotar sistemas construtivos industrializados com aço, os projetistas obtêm ganhos de precisão dimensional e maior controle de qualidade, elementos que reduzem significativamente patologias estruturais e custos de manutenção ao longo do tempo, o que é essencial em cidades que necessitam de edificações resilientes e que suportem diferentes condições climáticas e demandas de uso, além de favorecer a montagem em etapas, reduzindo a interferência no entorno urbano durante a execução das obras (Benite et al., 2019).

As pesquisas realizadas demonstram que estruturas metálicas permitem geometrias complexas e maior liberdade arquitetônica, algo que se torna decisivo em projetos que buscam identidade visual diferenciada, integrando eficiência estrutural e estética contemporânea, além de possibilitar adequações futuras sem grandes intervenções destrutivas, o que garante maior longevidade aos edifícios e reduz a necessidade de novos insumos ao longo do ciclo de vida da construção (Borsato, 2009).

A aplicação do aço na construção civil brasileira evoluiu de forma significativa nas últimas décadas, ampliando seu uso para além das tradicionais pontes e galpões industriais, passando a ser uma alternativa viável em habitações coletivas e obras públicas, graças às suas características de resistência, rapidez de execução e capacidade de vencer grandes vãos, atributos que se tornaram indispensáveis em áreas urbanas densamente povoadas e que exigem soluções seguras e eficientes (Oliveira Azevedo, 2024).

Além das vantagens técnicas, a construção com aço contribui para um ambiente de obra mais limpo e organizado, reduzindo impactos negativos no entorno imediato e possibilitando que o canteiro funcione como um espaço mais seguro para trabalhadores e para a comunidade ao redor, o que se mostra relevante em áreas centrais de cidades, onde a execução de obras pode gerar transtornos significativos se não houver planejamento e escolha adequada de tecnologias construtivas (Benite et al., 2019).

Outro fator destacado na literatura técnica está relacionado ao desempenho térmico e à possibilidade de integração de soluções sustentáveis, como painéis fotovoltaicos e sistemas de reuso de água, que podem ser incorporados com mais facilidade em projetos concebidos em aço, garantindo eficiência energética e melhor aproveitamento de recursos naturais, características essenciais para atender aos critérios de construções urbanas mais inteligentes e ecológicas (Stoppa, 2024).

A arquitetura em aço também influencia a forma como os projetos são elaborados, exigindo que o processo de concepção seja integrado e interdisciplinar desde o início, permitindo que os diferentes profissionais envolvidos alinhem suas decisões com base em parâmetros técnicos e ambientais, o que resulta em projetos mais consistentes e que aproveitam ao máximo as qualidades do material, reduzindo riscos de incompatibilidades e retrabalhos em etapas posteriores (Borsato, 2009).

Estudos de viabilidade comprovam que, embora o uso de estruturas metálicas ainda encontre resistência em determinados segmentos, há um movimento crescente de incorporadoras e construtoras adotando esse sistema em seus empreendimentos, principalmente em cidades que buscam reduzir o tempo de execução de obras e aumentar a qualidade final do produto, o que demonstra uma tendência de consolidação do aço como material estratégico para o desenvolvimento urbano sustentável (Almada et al., 2021).

Por fim, é possível afirmar que as tendências e desafios relacionados ao uso de estruturas metálicas em projetos urbanos apontam para um futuro em que a construção civil brasileira poderá se tornar mais industrializada, racional e ambientalmente responsável, desde que investimentos em tecnologia, normatização e formação profissional continuem sendo realizados, garantindo que as inúmeras potencialidades desse sistema construtivo sejam plenamente exploradas em benefício das cidades e de seus habitantes (Abreu; Andrade, 2022).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS NO CONTEXTO URBANO

As cidades brasileiras passaram por um processo acelerado de crescimento e diversificação de usos, e a construção civil precisou responder com métodos mais eficientes e flexíveis, sendo a estrutura metálica uma alternativa que gradualmente se consolidou, pois oferece rapidez e permite atender geometrias complexas em terrenos urbanos cada vez mais restritos, facilitando a compatibilização entre arquitetura e engenharia e garantindo obras com maior qualidade e menor desperdício de materiais (Stoppa, 2024).

Historicamente, o aço foi introduzido na construção de forma tímida, mas suas características de alta resistência e durabilidade logo despertaram interesse de projetistas, principalmente ao perceberem que ele permitiria reduzir áreas de pilares e lajes, liberando espaços internos e aumentando a área útil de pavimentos, fator decisivo para a competitividade de empreendimentos em áreas centrais e com alto custo de terreno (Borsato, 2009).

Com o avanço da industrialização brasileira, especialmente na segunda metade do século XX, surgiram siderúrgicas capazes de fornecer perfis e chapas com maior variedade dimensional e melhor controle de qualidade, o que impulsionou a aplicação do aço em obras públicas e privadas, criando um novo paradigma de construção mais leve e adaptada às demandas de expansão urbana e modernização das cidades (Almada et al., 2021).

Estudos mostram que, quando o aço é utilizado desde a concepção do projeto, ocorre significativa otimização de processos, pois o detalhamento é realizado com precisão e permite planejar todas as etapas de fabricação e montagem, evitando improvisos no canteiro e reduzindo riscos de atrasos, algo essencial para obras em áreas densamente povoadas onde prazos precisam ser rigorosamente cumpridos (Benite et al., 2019).

O surgimento de sistemas como steel frame e modulação de componentes impulsionaram ainda mais o uso de elementos metálicos, permitindo que as construções urbanas incorporassem soluções pré-fabricadas que se encaixam como peças de um grande quebra-cabeça, reduzindo o tempo de montagem e promovendo maior sustentabilidade por gerar menos resíduos no ambiente urbano (Abreu; Andrade, 2022).

Arquitetos e engenheiros passaram a explorar a possibilidade de criar fachadas inovadoras e estruturas arrojadas, aproveitando o fato de que o aço permite vencer grandes vãos com seções reduzidas, garantindo espaços livres internos, o que é extremamente valorizado em edifícios comerciais, centros culturais e arenas esportivas implantadas em grandes centros (Borsato, 2009).

As pesquisas recentes apontam que a durabilidade e a possibilidade de reaproveitamento do aço são fatores que têm atraído políticas públicas e programas de incentivo à construção sustentável, pois ao final da vida útil da edificação é possível desmontar e reutilizar os elementos estruturais em outros projetos, contribuindo para a economia circular e para a redução de emissões de carbono na cadeia produtiva (Akiama; Spers, 2024).

A viabilidade econômica do aço também tem sido destacada, uma vez que, apesar do custo inicial por tonelada ser mais elevado em comparação ao concreto, a velocidade de execução, a menor necessidade de mão de obra e a redução de etapas compensam o investimento, resultando em obras concluídas mais rapidamente e com retorno financeiro antecipado (Almada et al., 2021).

A integração de processos digitais, como modelagem BIM, tornou possível antecipar interferências e calcular com precisão as quantidades de aço, aumentando o controle sobre a obra e diminuindo desperdícios, o que reforça a escolha do aço como material de excelência para empreendimentos que exigem previsibilidade de custos e de prazos (Benite et al., 2019).

No cenário urbano, onde muitas vezes há restrição de espaço para armazenagem de materiais e dificuldade de acesso de caminhões, as peças metálicas pré-fabricadas são vantajosas porque chegam prontas para montagem, evitando a necessidade de produção de componentes no próprio canteiro e reduzindo impactos no entorno imediato (Stoppa, 2024).

O aço, ao contrário de materiais como o concreto, não sofre retração significativa durante a secagem, garantindo maior estabilidade dimensional, o que facilita a execução de projetos arquitetônicos que exigem alinhamentos precisos e acabamentos de alta qualidade, atributos muito requisitados em edifícios corporativos e residenciais de padrão elevado (Borsato, 2009).

A resistência do aço a esforços de tração e compressão o torna um material de destaque para vãos maiores e cargas significativas, permitindo a concepção de galpões e terminais urbanos de transporte que integram infraestrutura de mobilidade e serviços, criando soluções que dialogam com a sustentabilidade ao reduzir áreas ocupadas e maximizar a funcionalidade (Almada et al., 2021).

Casos emblemáticos como arenas esportivas e centros de convenções demonstraram que o aço é capaz de atender prazos extremamente reduzidos sem perda de qualidade, uma vez que grande parte da obra é realizada em ambiente industrial e apenas montada in loco, reduzindo riscos climáticos e otimizando recursos humanos (Benite et al., 2019).

A consolidação do aço no contexto urbano brasileiro também é fruto de pesquisas acadêmicas e da disseminação de normas técnicas, que estabelecem critérios claros para projeto, fabricação e

montagem, dando segurança jurídica e técnica a empreendedores que investem em sistemas metálicos, consolidando a percepção de que o aço é um material estratégico para o futuro das cidades (Abreu; Andrade, 2022).

Contudo, observa-se que a evolução das estruturas metálicas no Brasil está diretamente ligada à busca por eficiência, sustentabilidade e inovação, elementos indispensáveis para que as cidades continuem a se desenvolver de forma ordenada e com qualidade construtiva capaz de atender aos desafios da urbanização contemporânea (Akiama; Spers, 2024).

2.2 APLICAÇÕES E DESAFIOS DAS ESTRUTURAS METÁLICAS SUSTENTÁVEIS EM PROJETOS URBANOS

As estruturas metálicas sustentáveis encontram aplicações significativas em edifícios corporativos, residenciais e institucionais, pois possibilitam agilidade na execução e flexibilidade de layout, o que atende às necessidades de cidades em constante transformação e que demandam construções que possam ser adaptadas ao longo do tempo, favorecendo a integração de novas tecnologias sem a necessidade de demolições extensas e caras (Stoppa, 2024).

A utilização de sistemas metálicos em empreendimentos urbanos tem se destacado pela capacidade de reduzir impactos ambientais durante a obra, já que a produção dos elementos ocorre em ambientes controlados, com geração mínima de resíduos e possibilidade de reaproveitamento imediato de sobras, garantindo um canteiro de obras mais limpo e menos disruptivo para o entorno imediato, fator valorizado em regiões centrais e bairros consolidados (Abreu; Andrade, 2022).

As vantagens arquitetônicas também são relevantes, pois o aço permite criar grandes vãos e estruturas esbeltas que ampliam o aproveitamento interno, viabilizando plantas livres para edifícios comerciais e culturais, além de criar condições ideais para iluminação natural e ventilação cruzada, reduzindo a necessidade de climatização artificial e, conseqüentemente, o consumo energético (Borsato, 2009).

A escolha por estruturas metálicas em centros urbanos geralmente está associada à necessidade de reduzir o tempo de execução, o que permite ao investidor antecipar a ocupação e a geração de receita, e estudos de viabilidade mostram que, mesmo com um custo inicial mais elevado, o sistema se paga rapidamente por meio da agilidade na conclusão e da redução de custos indiretos, como locação de equipamentos e prolongamento de mão de obra (Almada et al., 2021).

Além de prédios de escritórios, hospitais e escolas também têm incorporado estruturas metálicas, principalmente pela necessidade de futuras expansões e reformas, pois o aço permite intervenções com menor impacto estrutural e menor geração de entulho, atendendo a princípios de sustentabilidade e racionalidade construtiva exigidos por órgãos públicos e certificações ambientais (Oliveira Azevedo, 2024).

A possibilidade de desmontagem e reutilização das peças metálicas também atende a políticas ambientais urbanas que exigem planos de gerenciamento de resíduos sólidos, garantindo que ao fim da vida útil do edifício grande parte dos elementos estruturais possa retornar ao ciclo produtivo, contribuindo para reduzir a extração de novos recursos naturais (Akiama; Spers, 2024).

Entretanto, a difusão dessa tecnologia ainda encontra desafios, como a carência de mão de obra especializada em algumas regiões e a necessidade de maior integração entre os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações, pois incompatibilidades geradas na fase de concepção podem impactar diretamente o desempenho e a eficiência do sistema durante a execução (Benite et al., 2019).

Outro obstáculo diz respeito à cultura construtiva tradicional baseada no concreto armado, que ainda predomina em boa parte do mercado brasileiro e dificulta a aceitação de novas tecnologias, sendo necessário que estudos de caso e experiências bem-sucedidas sejam amplamente divulgados para reduzir resistências e estimular a confiança no uso do aço (Borsato, 2009).

Os custos iniciais do aço, apesar de serem amortizados ao longo do processo, também geram hesitação por parte de empreendedores menos familiarizados com a tecnologia, que muitas vezes não consideram os benefícios indiretos como redução de manutenção, aumento de área útil e facilidade de expansão futura, aspectos fundamentais para a análise de viabilidade (Abreu; Andrade, 2022).

Há ainda desafios relacionados ao transporte e à logística de montagem em áreas densamente povoadas, pois a chegada de peças metálicas de grandes dimensões exige planejamento detalhado e restrição de horários para minimizar impactos no tráfego e na rotina urbana, fatores que demandam coordenação prévia entre projetistas, construtoras e órgãos públicos (Stoppa, 2024).

Estudos comparativos mostram que, ao integrar o uso de estruturas metálicas com sistemas de vedação industrializados, é possível obter ganhos significativos de desempenho térmico e acústico, reduzindo o consumo energético durante a operação e proporcionando maior conforto aos usuários, o que reforça a importância de investir em pesquisas voltadas para aprimorar a interação entre materiais (Oliveira Azevedo, 2024).

A arquitetura contemporânea valoriza soluções inovadoras e sustentáveis, e as estruturas metálicas oferecem liberdade formal e viabilizam conceitos como retrofit e requalificação de edifícios existentes, permitindo que construções antigas recebam reforços estruturais em aço e novos elementos sem descaracterizar sua identidade histórica (Borsato, 2009).

No campo regulatório, iniciativas de atualização de normas técnicas têm favorecido a ampliação do uso do aço, oferecendo parâmetros claros para cálculo, fabricação e montagem, o que confere maior segurança jurídica e técnica a investidores e profissionais, contribuindo para a expansão da participação das estruturas metálicas no mercado urbano (Almada et al., 2021).

O desenvolvimento de fornecedores especializados e de centros de distribuição regionais também é um fator que vem impulsionando a adoção de estruturas metálicas, pois reduz custos

logísticos e garante prazos de entrega mais curtos, fortalecendo a competitividade desse sistema construtivo em um mercado cada vez mais exigente por rapidez e eficiência (Benite et al., 2019).

Portanto, as aplicações de estruturas metálicas sustentáveis nos projetos urbanos demonstram grande potencial de crescimento, mas exigem enfrentamento dos desafios técnicos, culturais e logísticos para que o setor da construção civil brasileira alcance patamares mais elevados de inovação, produtividade e respeito ambiental, consolidando o aço como elemento-chave na transformação das cidades (Akiama; Spers, 2024).

2.3 MATERIAIS, TECNOLOGIAS E NOVAS PERSPECTIVAS NO USO DO AÇO EM PROJETOS URBANOS

A evolução das ligas metálicas utilizadas na construção urbana ampliou o leque de soluções para projetistas, pois novos aços com maior resistência e menor peso permitem criar estruturas esbeltas que reduzem o consumo de material e facilitam a montagem, tornando os edifícios mais leves e adaptáveis às exigências de terrenos complexos em áreas centrais (Borsato, 2009).

O desenvolvimento de perfis formados a frio e laminados a quente com precisão industrial contribuiu para maior variedade de seções estruturais, permitindo atender diferentes solicitações de carga e reduzir pontos de solda, o que resulta em obras mais rápidas e com menor risco de falhas durante a execução, garantindo melhor desempenho estrutural e maior durabilidade (Abreu; Andrade, 2022).

Tecnologias de proteção superficial, como galvanização e pinturas especiais, garantem maior resistência à corrosão, ampliando a vida útil das estruturas metálicas mesmo em ambientes urbanos agressivos, onde poluição e umidade podem comprometer materiais convencionais, tornando o aço ainda mais atraente para construções de longo prazo (Almada et al., 2021).

O avanço de softwares de modelagem e simulação estrutural, como ferramentas BIM e análises tridimensionais integradas, possibilita prever comportamentos de cargas e deformações com alto grau de precisão, permitindo que arquitetos e engenheiros façam ajustes antes da fabricação, reduzindo custos e garantindo compatibilização entre todos os elementos construtivos (Benite et al., 2019).

A integração de sistemas de fechamento industrializado, como painéis metálicos compostos e módulos pré-fabricados, cria sinergia entre estrutura e vedação, resultando em soluções completas que diminuem o tempo de montagem e aumentam o desempenho térmico e acústico dos edifícios, contribuindo para conforto e sustentabilidade urbana (Oliveira Azevedo, 2024).

Inovações em soldagem robotizada e corte a laser tornam o processo de fabricação mais eficiente, assegurando tolerâncias mínimas e padronização de peças, o que impacta diretamente na qualidade do produto final e reduz ajustes em obra, promovendo obras limpas e bem coordenadas em ambientes urbanos densos (Stoppa, 2024).

A incorporação de elementos híbridos, como aço associado ao concreto em sistemas mistos, tem se mostrado promissora para edificações urbanas de grande porte, pois combina a resistência e leveza do aço com a inércia térmica do concreto, criando soluções estruturais que equilibram desempenho e economia (Borsato, 2009).

As pesquisas também destacam o uso de aços reciclados, provenientes de sucata processada, como estratégia para diminuir o impacto ambiental da produção, já que esse material consome menos energia em sua fabricação e atende plenamente às exigências normativas, reforçando a importância da cadeia de reciclagem no setor da construção civil (Akiama; Spers, 2024).

Novos tratamentos de superfície aplicados aos perfis estruturais permitem incorporar propriedades como resistência ao fogo e maior isolamento acústico, expandindo as possibilidades de uso do aço em edifícios de múltiplos pavimentos e em projetos que exigem padrões elevados de segurança e conforto interno (Abreu; Andrade, 2022).

O avanço das certificações ambientais e a criação de índices de desempenho vêm incentivando construtoras a adotar tecnologias metálicas, pois o aço possibilita rastrear toda a cadeia produtiva e comprovar índices de sustentabilidade, oferecendo diferencial competitivo em licitações públicas e no mercado imobiliário (Almada et al., 2021).

Outra perspectiva é a integração do aço com sistemas de geração de energia renovável, como painéis solares incorporados às coberturas metálicas, que não só fornecerem proteção estrutural, mas também passam a gerar eletricidade, reduzindo custos operacionais e alinhando o edifício às metas de redução de carbono (Benite et al., 2019).

As tecnologias de montagem modular, associadas ao aço, permitem que edifícios sejam ampliados ou modificados com mínima interferência no uso cotidiano, o que atende a dinâmicas urbanas onde a demanda por espaços pode mudar rapidamente e a necessidade de flexibilidade é constante (Stoppa, 2024).

A pesquisa acadêmica tem explorado novos tipos de ligas e tratamentos térmicos que aumentam a capacidade de carga e a resistência ao desgaste, abrindo caminho para construções mais arrojadas e que possam atender a requisitos de desempenho cada vez mais exigentes em cidades de grande porte (Borsato, 2009).

A sinergia entre inovação tecnológica e sustentabilidade coloca o aço como material estratégico para o futuro das cidades, permitindo desenvolver soluções construtivas mais inteligentes, rápidas e eficientes, respondendo às demandas ambientais e econômicas impostas ao setor da construção civil contemporânea (Akiama; Spers, 2024).

Assim, o avanço dos materiais e tecnologias aplicados ao uso de estruturas metálicas demonstra que o setor dispõe de ferramentas para construir cidades mais resilientes e ambientalmente

responsáveis, bastando que profissionais e empresas invistam em capacitação e planejamento para explorar todo o potencial dessas soluções inovadoras (Oliveira Azevedo, 2024).

3 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de natureza qualitativa, voltada a identificar, reunir e analisar referências científicas sobre o uso de estruturas metálicas sustentáveis em projetos urbanos, permitindo compreender avanços técnicos, desafios e tendências apontadas por pesquisas acadêmicas e relatórios técnicos, garantindo uma visão ampla e fundamentada sobre o tema.

Foram selecionados artigos, dissertações, trabalhos de conclusão de curso e publicações em periódicos nacionais que abordam de forma direta a aplicação do aço e seus benefícios ambientais e estruturais, abrangendo documentos disponíveis em repositórios universitários e congressos técnicos reconhecidos, de modo a assegurar a confiabilidade das informações coletadas.

A coleta de dados envolveu a leitura exploratória dos textos identificados, com posterior filtragem daqueles que apresentaram resultados aplicáveis ao contexto urbano brasileiro, considerando a relevância das informações para a construção de um panorama atualizado e aderente à realidade do mercado de edificações metálicas no país.

Para garantir diversidade e profundidade, optou-se por incluir pesquisas que tratam tanto de aspectos técnicos, como desempenho estrutural e resistência de materiais, quanto de questões econômicas e ambientais, formando um corpo documental capaz de sustentar análises multidisciplinares sobre o uso do aço em cidades.

Os materiais coletados foram organizados em categorias temáticas, como evolução histórica, aplicações sustentáveis, viabilidade econômica, desafios logísticos e novas perspectivas tecnológicas, permitindo a construção de um texto com sequência lógica e embasamento acadêmico consistente.

Dessa forma, a metodologia adotada forneceu subsídios para compreender as potencialidades do aço em projetos urbanos sustentáveis, consolidando um conjunto de evidências que orientam decisões de projeto, planejamento e execução, servindo de base para análises e conclusões apresentadas ao longo deste trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos analisados demonstram que a utilização de estruturas metálicas em projetos urbanos tem proporcionado significativa redução no tempo de execução, o que impacta diretamente no cronograma das obras e na viabilidade financeira dos empreendimentos, evidenciando que a industrialização do processo construtivo com aço permite maior previsibilidade e controle de custos (Stoppa, 2024).

A revisão bibliográfica evidenciou que o aço apresenta elevado potencial de reutilização, pois pode ser desmontado e reaproveitado em outras construções sem perda de propriedades, o que atende a políticas ambientais rigorosas e a metas de redução de resíduos sólidos nos canteiros de obras, tornando-se um componente-chave para cidades que buscam sustentabilidade (Akiama; Spers, 2024).

A flexibilidade arquitetônica oferecida pelas estruturas metálicas foi apontada como um diferencial por permitir plantas livres e vãos maiores, garantindo espaços mais amplos e adaptáveis, o que contribui para edificações com usos múltiplos e potencial de retrofit em médio e longo prazo (Borsato, 2009).

Constatou-se que empreendimentos comerciais e institucionais localizados em regiões centrais utilizam estruturas metálicas para minimizar a interferência no entorno, uma vez que o processo de montagem gera menos ruído, menos trânsito de caminhões e menor acúmulo de materiais no local, favorecendo a convivência com vizinhança e serviços existentes (Benite et al., 2019).

A análise mostrou ainda que, embora o custo inicial do aço seja superior ao do concreto armado, os ganhos obtidos em prazo e qualidade compensam o investimento, já que o retorno financeiro acontece mais rapidamente pela antecipação da entrega do empreendimento e pela economia de manutenção ao longo da vida útil (Almada et al., 2021).

Os dados indicaram também que a resistência do aço permite edificações mais leves e com menor fundação, reduzindo movimentações de terra e preservando características ambientais do terreno, o que é fundamental em áreas urbanas densamente ocupadas onde intervenções no solo são limitadas (Oliveira Azevedo, 2024).

Entre os desafios identificados está a carência de profissionais especializados, o que pode comprometer a eficiência do sistema caso o planejamento não seja feito de forma integrada entre projetistas e executores, sendo necessário investir em capacitação técnica para consolidar a tecnologia no mercado brasileiro (Abreu; Andrade, 2022).

A revisão dos casos práticos mostrou que a montagem de peças pré-fabricadas possibilita a execução de obras em prazos muito reduzidos mesmo em terrenos pequenos, pois não exige grandes áreas de estocagem e permite planejamento detalhado do fluxo logístico, minimizando impactos no trânsito urbano (Stoppa, 2024).

A comparação entre projetos revelou que a combinação de aço com sistemas de fechamento industrializado aumenta a eficiência térmica e acústica, ampliando o conforto ambiental interno e reduzindo custos com climatização, características cada vez mais demandadas em edificações urbanas sustentáveis (Benite et al., 2019).

Os resultados apontaram que a adoção de estruturas metálicas influencia positivamente os indicadores de sustentabilidade, pois gera menores índices de desperdício, reduz o consumo de água

na obra e facilita a implementação de soluções energéticas inovadoras, como painéis solares e telhados verdes integrados à estrutura (Oliveira Azevedo, 2024).

Observou-se também que a utilização do aço permite intervenções futuras com menor impacto, o que amplia a vida útil das edificações e reduz a necessidade de novas construções, contribuindo para um planejamento urbano mais racional e para a redução de consumo de novos recursos naturais (Borsato, 2009).

Outro ponto de importância identificado nos estudos foi a melhoria na qualidade final da obra, uma vez que a precisão dos componentes metálicos reduz ajustes em campo e garante acabamento superior, aspecto valorizado em empreendimentos que buscam certificações ambientais e padrões de excelência (Akima; Spers, 2024).

A discussão evidenciou que políticas públicas e incentivos fiscais voltados para construções sustentáveis podem estimular a maior utilização de estruturas metálicas, pois criam condições econômicas favoráveis para que empreendedores adotem tecnologias de menor impacto ambiental (Abreu; Andrade, 2022).

Os projetos analisados revelaram que, quando integrados desde a concepção, os sistemas metálicos permitem compatibilizar arquitetura e instalações com eficiência, reduzindo riscos de conflitos entre disciplinas e garantindo que a obra seja executada com menor índice de retrabalhos e desperdícios (Almada et al., 2021).

Dessa forma, os resultados e discussões confirmam que o uso de estruturas metálicas sustentáveis em projetos urbanos representa um caminho viável e promissor para atender às demandas de cidades modernas, unindo qualidade construtiva, rapidez de execução e compromisso ambiental, consolidando o aço como um aliado fundamental para o futuro da construção civil no Brasil (Stoppa, 2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada permite compreender que as estruturas metálicas oferecem ao ambiente urbano brasileiro um caminho sólido para obras mais ágeis, seguras e com impacto ambiental reduzido, demonstrando que a combinação entre tecnologia, planejamento e responsabilidade ambiental cria edificações compatíveis com as exigências de cidades modernas.

Os resultados obtidos ao longo deste estudo evidenciam que a aplicação do aço não se limita a atender demandas arquitetônicas, mas também representa uma estratégia para otimizar o uso de recursos naturais e melhorar a gestão do ciclo de vida das construções, promovendo um conceito de desenvolvimento urbano alinhado à sustentabilidade.

O levantamento de informações mostrou que, ao adotar estruturas metálicas desde a concepção do projeto, arquitetos e engenheiros garantem maior controle de prazos e custos, o que contribui para

empreendimentos mais previsíveis e financeiramente viáveis, fatores que fortalecem a imagem das cidades como polos de inovação.

Os desafios identificados, como a necessidade de mão de obra especializada e a superação de paradigmas tradicionais, indicam que ainda há um caminho de capacitação e conscientização a ser trilhado, porém o avanço tecnológico e a disponibilidade de estudos demonstram que tais barreiras estão sendo progressivamente superadas.

A flexibilidade do aço permite que edificações sejam adaptadas ao longo do tempo, reduzindo demolições e ampliando a vida útil de obras, o que resulta em menor geração de resíduos e em uma economia significativa de materiais e energia, características fundamentais em territórios com alta densidade populacional.

A presença crescente de obras metálicas em hospitais, escolas, centros culturais e edifícios corporativos mostra que o sistema construtivo conquistou confiança no mercado e tende a se expandir, transformando o cenário urbano em um espaço mais dinâmico, resiliente e capaz de acompanhar mudanças de uso ao longo do tempo.

A integração entre estruturas metálicas e soluções de fechamento industrializado amplia ainda mais o potencial do aço, permitindo construções com alto desempenho térmico e acústico e reduzindo custos de operação, o que estimula investidores a optar por tecnologias que unem eficiência e sustentabilidade.

Foi observado que políticas públicas e iniciativas privadas têm favorecido a disseminação de práticas construtivas inovadoras, criando um ambiente mais receptivo à implementação de métodos industrializados, o que sinaliza um futuro promissor para a construção em aço nas cidades brasileiras.

Ao considerar a economia circular, percebe-se que o aço é capaz de reingressar no processo produtivo diversas vezes, garantindo uma cadeia de suprimentos mais limpa e eficiente, fato que amplia as oportunidades para cidades que pretendem reduzir emissões e fortalecer programas de gestão ambiental.

Assim, as evidências apontam que o uso de estruturas metálicas sustentáveis em projetos urbanos não se trata apenas de uma tendência, mas de uma realidade em consolidação, capaz de redefinir padrões construtivos e contribuir para cidades mais inteligentes, funcionais e ambientalmente responsáveis.



REFERÊNCIAS

ABREU, Warley Reinaldo de; ANDRADE, Tony. Uso de estruturas metálicas na construção civil. Divinópolis: Faculdade Pitágoras, 2022. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/62265/1/WARLEY_ABREU.pdf.

AKIAMA, Solange; SPERS, Renata Giovinnazzo. Economia circular no setor do aço: tendências e desafios para o futuro. *Iberoamerican Journal of Competitive Intelligence*, São Paulo, v.14, e0449, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.24883/IberoamericanIC.v14i.449>.

ALMADA, Max Silva de et al. Estudo de viabilidade do uso das estruturas metálicas nas edificações. CONTECC – Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2021. Disponível em: <https://www.confea.org.br/midias/uploads-imce/Contecc2021/Civil/ESTUDO%20DE%20VIABILIDADE%20DO%20USO%20DAS%20ESTRUTURAS%20MET%20C3%81LICAS%20NAS%20EDIFICA%20C3%87%20C3%95ES.pdf>

BENITE, Anderson et al. 10 aspectos sustentáveis da construção em aço. Apresentado no Construmetal 2019. Disponível em: https://www.abcem.org.br/construmetal/downloads/construmetal-2019/paineis/dia_16_08/painel_05/Anderson_Benite_Construmetal_2019_16_08.pdf.

BORSATO, Karen Tostes. Arquitetura em aço e o processo de projeto. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=465199>.

OLIVEIRA AZEVEDO, Fernanda Freitas de. As edificações em estruturas metálicas e a sustentabilidade ambiental: um estudo de caso. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v.16, n.1, 2024. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/download/23013/209209218635/209209261956>.

STOPPA, Felipe. A estrutura metálica e a construção modular como estratégia de sustentabilidade. Universidade de Viçosa, 2024. Disponível em: https://cdn.univcosa.com.br/files/sistemas/biblioteca/trabalhos_academicos/A_estrutura_metalica_2024_7201.pdf.