

Tema: Construções leves estruturadas em aço

## **O USO DO AÇO EM RESIDÊNCIAS NA ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA PAULISTANA**

Andressa Anis Lahoud<sup>1</sup>  
Maria Augusta Justi Pisani<sup>2</sup>

### **Resumo**

O uso do aço em residências não é frequente na arquitetura contemporânea paulistana. O emprego deste sistema construtivo é caracterizado pela agilidade, estabilidade, baixo custo a longo prazo, reaproveitamento, versatilidade e alta preservação do meio ambiente, vantagens ideais para construir em uma cidade com alta densidade populacional como São Paulo, visto que o espaço é reduzido e o tempo é restrito. Além destas características, os aperfeiçoamentos científicos e tecnológicos do cenário da construção civil permitiram que os arquitetos tivessem maior liberdade e originalidade na fase projetual, já que o aço viabiliza diversas necessidades plásticas e flexibilidade, oferecendo a melhoria dos processos construtivos e favorecendo a industrialização do setor da construção nacional. Entretanto, a uniformidade do cenário da construção da cidade e a falta de atualização técnica de profissionais engenheiros e arquitetos, criaram uma resistência em construir residências em estruturas de aço, priorizando outras tipologias. Esta pesquisa teve como objetivo estudar o uso do aço nas estruturas de obras residenciais paulistanas a partir do século XXI. Com essa finalidade, foram levantados dados bibliográficos e de campo, para analisar três residências paulistanas construídas entre 2016 e 2018. Os resultados obtidos indicaram quesitos para a aplicação de estruturas metálicas em novas propostas projetuais.

**Palavras-chave:** Arquitetura; Aço; Residências.

### **THE USE OF STEEL IN RESIDENCES IN CONTEMPORARY ARCHITECTURE IN SÃO PAULO**

#### **Abstract**

The use of steel in residences is not frequent in contemporary architecture in Sao Paulo. The use of this system is characterized by agility, stability, low cost in the long term, reuse, versatility and high preservation of the environment, ideal advantages for building in a city with a high population like Sao Paulo, since space is reduced, and time is restricted. In addition, scientific and technological improvements in the civil construction have allowed architects to have greater freedom and originality in the design, since steel enables different plastic needs and flexibility, offering the improvement of construction processes and favoring the industrialization of the sector of national construction. However, the uniformity of the construction scenario in the city and the lack of technical updating of professional engineers and architects created a resistance to building residences in steel structures, prioritizing other types. This research aimed to study the use of steel in the structures of residential works in São Paulo from the 21st century onwards. For this purpose, bibliographic and field data were collected to analyze three residences in Sao Paulo built between 2016 and 2018. The results obtained indicated requirements for the application of metallic structures in new design proposals.



**Keywords:** Architecture; Steel; Residences.

<sup>1</sup> Estudante de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup> Arquiteta e Urbanista, doutora em Engenharia Civil Urbana, professora e líder do grupo de pesquisa Arquitetura e Construção da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, São Paulo, Brasil.

## **1 INTRODUÇÃO**

O aço estrutural é uma liga de ferro-carbono e elementos químicos adicionais [1]. O aço-carbono pode ser de baixo-carbono, moderado, médio-carbono e alto-carbono. Essas classificações se dão a partir da quantidade de carbono presente na liga, variando de 0,15% a 1,70%. Para as estruturas da construção civil o aço de baixo-carbono é o mais usado, visto que quanto menos carbono, o aço se apresenta mais resistente e soldável [1].

O aço ASTM A36 é tipo de baixo-carbono, um dos mais usados no Brasil para a produção de perfis, chapas e barras. Ele se enquadra entre os materiais cuja qualidade e resistência permitem a aplicação para finalidades estruturais. Esse tipo de aço é facilmente usinado e é frequentemente galvanizado para evitar a corrosão [1].

O estímulo do uso da estrutura de aço nas edificações da cidade de São Paulo, se dá pelas diversas vantagens do seu emprego. Algumas das suas características que impulsionaram os escritórios e arquitetos responsáveis pelos projetos residenciais estudados neste trabalho a utilizarem este material, foram: a rapidez, a segurança, o custo a longo prazo, a flexibilidade e a sustentabilidade [2],[3].

A rapidez do processo construtivo se caracteriza como uma vantagem para as grandes cidades, como São Paulo, porque o uso de estruturas de aço pode proporcionar uma redução de até 1/3 nos prazos de construção quando comparados aos prazos previstos pelo método convencional [4]. As estruturas desse material são industrializadas e chegam prontas no local da obra, sendo necessária apenas a montagem [3]. As estruturas produzidas dentro de uma fábrica não apresentam problemas com as intempéries, a confecção reduz os erros e aumenta a qualidade da edificação [1].

Pelo fato de ser necessária somente a montagem no canteiro, esse sistema construtivo proporciona a redução de funcionários e esta diminuição requer uma racionalização que promove uma supervisão mais detalhada do processo de construção, o que evita a maior parte dos acidentes, mas para isso acontecer os operários precisam de conhecimentos técnicos deste método. Além do domínio técnico, o fato da industrialização das peças de aço ter uma maior viabilidade nos cálculos, propicia um aumento na precisão quantitativa do material a ser usado. Dessa maneira, além de menos operários, os custos, os prazos, as sobras, os desperdícios e os acidentes no canteiro de obras seriam mínimos [4].

Além de oferecer a racionalização e mais segurança, Magalhães [5] acrescenta que o aumento do uso desse tipo de estrutura se dá em decorrência das características específicas dos materiais utilizados nas estruturas e da evolução científica e tecnológica, as quais permitem que o arquiteto tenha maior liberdade na fase projetual, possibilitando novas alternativas formais, visto que o aço se adapta a diversas necessidades plásticas e de flexibilidade [5]. Ou seja, o aço favorece a criação de formas que seriam muito difíceis ou inviáveis em outros sistemas construtivos.

Adicionalmente, por ser uma estrutura leve e industrializada, ela permite que os arquitetos proponham soluções estruturais criativas [6]. Aspecto muito atraente para a arquitetura paulistana, tendo em vista que o estilo das construções residenciais da cidade carece de originalidade e criatividade [7]. O arquiteto Nelson Dupré ressalta a possibilidade de criatividade na arquitetura ao usar o aço em uma entrevista à Revista Arquitetura e Aço em 2019: "[...] outro aspecto importante é a esbeltez, a leveza do material, que possibilita lidar com os elementos de maneira dimensional com muito mais liberdade. O aço é muito maleável e permite que nós tenhamos uma certa fantasia em relação às soluções que podemos adotar." (8:22).

Além disso, mesmo que as fundações sejam de caráter tradicional, elas proporcionam uma economia de até 30% nos custos de fundações por m<sup>2</sup>, visto que a estrutura metálica não exige uma fundação grande como o sistema convencional [9]. Além do preço das fundações, o custo da estrutura, mesmo que seja inversamente proporcional ao tamanho da obra e oscilante de acordo com o valor dólar, é considerado uma vantagem a longo prazo [10]. O valor do sistema construtivo é vantajoso também por permitir vãos maiores com peças menores, possibilitar balanços superiores e um grande aproveitamento do pé-direito [1],[5].

No mesmo sentido, os arquitetos Marcelo Barbosa e Flávio Carsalade [11] acrescentam que além dos balanços, do pé-direito e dos vãos maiores, a estrutura metálica viabiliza uma melhor versatilidade e leveza das estruturas, fatores que proporcionam agilidade nas construções e menor impacto ambiental por ser uma obra seca.

O uso de estruturas metálicas em metrópoles, como São Paulo, é uma saída inteligente, porque verificou-se um aumento da demanda do setor da construção civil e, conseqüentemente, houve a necessidade de que as construções fossem mais rápidas [12]. Além disso, com a densa urbanização de São Paulo, áreas livres são restritas para a construção de edificações do método artesanal tradicional, ou seja, o espaço para fazer uma fundação segura, sem prejudicar outras edificações, é limitado [13],[14]. Nesse sentido, as sessões de pilares e vigas de aço caracterizam-se como uma possível solução, dado que são menores em relação às equivalentes em concreto, implicando em uma melhor utilização do espaço.

A cidade de São Paulo possui uma topografia muito variável, por isso que muitas vezes as construções são mais difíceis de serem executadas. Porém, com o sistema de construção industrializado das estruturas metálicas, os problemas provocados pelos níveis do solo são minimizados e os canteiros de obras passam a ser locais de montagem das estruturas [5].

Com a estrutura de aço é possível fazer adaptações, mudanças e reformas de forma ágil. As passagens dos sistemas de hidráulica, elétrica, gás e ar-condicionado são simplificadas, pois já são pré-definidas e os revestimentos são formados por perfis que podem ser recortados de forma prévia em fábrica [1],[15]. Quando as adaptações, mudanças e reformas, o revestimento é retirado e o problema é corrigido imediatamente, assim, é recoberto, retocado e pintado para finalizar [4]. As ampliações, da mesma maneira, são simples e limpas ao serem comparadas às de alvenaria. Inclusive, é possível reaproveitar e reciclar a maior parte dos materiais envolvidos na construção. O reaproveitamento e o baixo índice de desperdício de materiais, as construções de aço promovem um alto índice de preservação do meio ambiente construído, e mesmo que o material seja reaproveitado inúmeras vezes, o aço não perde as características básicas de qualidade e de resistência às futuras gerações [2].

Porém, essas características positivas não se refletem no número de projetos que fazem uso desse material no setor da construção civil brasileiro. Segundo a ABCEM [16], em 2019, esse setor foi responsável por 37,6% do consumo aparente do aço em todo o país, dado que evidencia o baixo uso do material no cenário das cidades, a falta de preocupação dos empresários e investidores e a falta de conhecimento técnico de profissionais engenheiros e arquitetos. Em um curso oferecido pela ABCEM em 2021, o engenheiro Alexandre Vasconcellos [1], enfatiza que com o avanço tecnológico no Brasil, o sistema construtivo em aço está se tornando mais comum: “Não tenho dúvidas em afirmar que as estruturas de aço já são um sistema tradicional,

não só no exterior, mas também no Brasil. O problema é o preconceito e o desconhecimento desse sistema construtivo” (informação verbal).<sup>1</sup>

Segundo a pesquisa do Cenário dos fabricantes de estruturas em aço de 2019 da ABCEM [16], a região sudeste representa quase 60% da produção de estruturas em aço. Ao analisar os estados dessa região, São Paulo se destaca com a maior quantidade das empresas e de consumidores. De 2018 a 2019 houve um aumento de 25,6% de produção no estado [16]. O Instituto Aço Brasil [17], informou que no acúmulo de janeiro a julho de 2021, a produção alcançou 21 milhões de toneladas, 22% a mais que no mesmo período de 2020.

Ainda que o ano de 2019 teve um crescimento de produção em relação a 2018, assim como 2020 e 2021, atingindo o patamar mais alto dos últimos 4 anos, a participação de estruturas metálicas em residências continuou baixa, cerca de 1% [16]. É viável observar, então, que a cultura da arquitetura e da construção civil brasileira, se desenvolveu com as características artesanais do concreto armado, a qual é fundamentada em processos de produção sem um sistema ou filosofia de gestão que auxilie na melhoria tanto dos processos quanto do produto [18].

O caráter artesanal da produção de resistência revela o descaso de alguns profissionais com a gestão dos procedimentos, que também envolve a fase de planejamento e projeto. A construção civil até então, contempla o uso dos sistemas tradicionais e materiais rústicos, o que permite uma viabilidade mais ampla da matéria prima. Porém, podem aparecer manifestações patológicas, improdutividade e desperdícios, os quais não podem ser admitidos. No contexto de adotar novos sistemas construtivos industrializados, Heloisa Marigoni [3] afirma que “o aço é sinônimo de arquitetura moderna.”<sup>(4:07)</sup>, e pode oferecer a melhoria dos processos e favorecer a industrialização do setor da edificação nacional, principalmente em residências.

Desta maneira, espera-se contribuir com o tema apontando o uso do aço como um bom método construtivo dentro da arquitetura paulista contemporânea, o qual supera a durabilidade, a sustentabilidade, a rapidez, a organização e administração de obras, o retorno financeiro e a redução de acidentes da cultura artesanal instalada.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

Foram escolhidas três residências como estudos de caso. Elas foram selecionadas pois fazem parte da arquitetura contemporânea paulistana e fazem uso do aço. Cada uma delas possui suas próprias características: uma de alto padrão; outra de esquina, a qual possui mais visibilidade; e a última, que é geminada a outras 4 residências, e todas se encontram na cidade de São Paulo. São elas respectivamente: Residência M.C.C (2016) do AndradeMorettin; Casa Box (2017) do FCstudio; e Casa Maria Carolina do Estúdio Artigas (2018).

Os critérios abordados nas análises entre as três residências foram: localização; pré-existências; implantação de residência no lote; decisões tomadas para atender as relações da arquitetura e a estrutura; categorias e perfis de aço utilizados, possíveis patologias e análises arquitetônicas e estruturais nas plantas, fachadas, cortes e imagens.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

---

<sup>1</sup>Informação fornecida por Alexandre Vasconcellos no Curso ABCEM sobre Estruturas de Aço a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie em São Paulo, em setembro de 2021.

### 3.1 Residência M.C.C.

A Residência M.C.C., é uma casa de 685 m<sup>2</sup> projetada em 2011 e construída apenas em 2016. Ela se encontra no bairro do Jardim Paulistano, bairro da zona Oeste da cidade, o qual é tombado pelo CONDEPHAAT.



Figura 1 – Terreno da Residência M.C.C. em 2014 e Residência M.C.C. em 2022.

Fonte: Google Earth, 2014; Andressa Lahoud, 2022.

O lote da Residência corresponde a junção de dois terrenos vizinhos. As fachadas destas casas ocupavam toda a largura do terreno (figura 1A). Em contrapartida, o partido do projeto da Residência M.C.C se deu a partir da fixação da casa em apenas uma empena, mas utilizando a continuidade de brises para deixar a fachada uniforme (figura 1B).

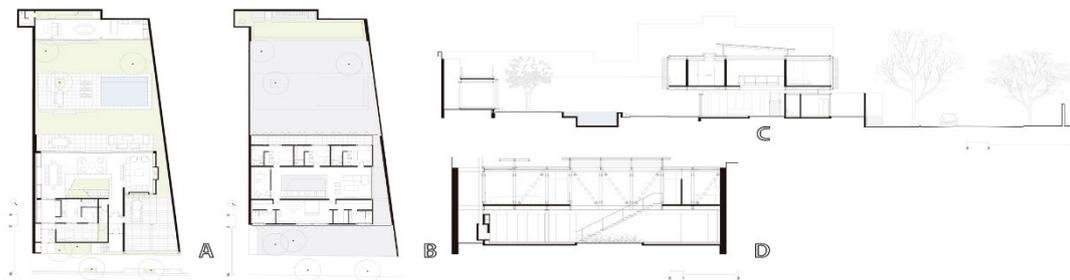


Figura 2 – Plantas e cortes da Residência M.C.C.

Fonte: Marcelo Maia Rosa, 2022.

Esta casa tem 3 acessos, todos pelo térreo: a garagem; o de serviços que se destina à área de serviços e à cozinha; e o social, o qual confere à sala de estar integrada à sala de jantar, a escada que fornece acesso ao pavimento superior e um jardim (figura 2A). Além dessas áreas, o térreo possui dois decks, um que é uma continuação do setor integrado da sala de estar e jantar e outro que está mais afastado, o qual integra uma piscina retangular e todo o seu mobiliário. Ao final do terreno, há uma edícula a qual comporta uma área gourmet e estar, além de um banheiro e uma escada que concede acesso ao teto jardim (figura 2B).

O pavimento superior comporta uma sala de televisão, um escritório, áreas que estão no centro do andar, três suítes, localizadas aos fundos da casa, e uma suíte master, que está na fachada principal, a qual comporta dois closets e dois banheiros completos, cada dupla em uma extremidade. Vale ressaltar que esta suíte master equivale às outras 3 suítes juntas (figura 2C).



Figura 3 – Fotos da Residência M.C.C.  
Fonte: Andressa Lahoud, 2022.

As paredes do térreo não se encontram com as barras inferiores do sistema de treliça do pavimento superior. Essa estratégia arquitetônica traz a sensação de que o pavimento acima está flutuando, e para que esta impressão seja mais acentuada, o projeto contou com um piso de argila expandida de jardim (figura 3A).

Neste projeto foram propostos perfis laminados W e perfis tubulares redondos da ASTM-A572 grau 50. Estas peças receberam pintura de tinta de poliuretano, a qual oferece boa resistência química e tem alta performance quanto a dureza e impacto. Além disso, o projeto primordial foi caracterizado pela ideia do uso de vigas Vierendeel, o qual pode ser uma boa maneira de embutir o sistema estrutural responsável por vencer os vãos nas próprias paredes e fachadas da edificação. Porém, para que o projeto arquitetônico fosse mais leve e para que não houvesse grandes deformações, os arquitetos responsáveis optaram pelo sistema de Treliças, o qual resulta em uma estrutura com menor consumo de material para suportar as mesmas cargas e vencer os mesmos vãos. Neste projeto, os nós desse sistema de vigas foram feitos por parafusos, assim como os pilares do pavimento inferior às treliças do superior (figura 3B).

Pelo fato de a estrutura vencer toda a largura do lote com um único apoio, deixa o nível do térreo livre de obstruções e enfatiza a fluidez entre o jardim, a piscina e as áreas de convivência da casa (figura 3C).

Para a movimentação destas peças dentro do terreno foi necessário o uso de grua, porém a logística deste equipamento foi a etapa mais difícil da obra [19]. O cálculo estrutural e a escolha desses perfis da estrutura metálica foram feitos pela Eleva Construção Metálica e a montagem foi realizada pela SM3 Engenharia.

Para este projeto, o condicionante técnico do uso deste sistema construtivo se deu a partir do fato de que a casa está inserida em uma pesquisa que o escritório desenvolve há um tempo: o uso de elementos pré-fabricados, independentemente se o sistema fosse de concreto pré-fabricado, estrutura metálica ou madeira. Então, pelo alto desempenho estrutural e o poder de vencer um grande vão, o aço foi a alternativa mais compatível a este projeto em estudo [19]. Ademais, o arquiteto ressalta que o aço, além de ter uma alta performance, oferece grande velocidade e limpeza de obra, fatores que influenciam na escolha do sistema construtivo e passou a ser algo fundamental na conformação do partido.

### 3.2 Casa Box

A Casa Box foi um projeto residencial, de 2017, do arquiteto Flávio Castro para ele mesmo residir. Ela se encontra em uma esquina de um bairro majoritariamente residencial da Zona Sul da cidade de São Paulo, o Planalto Paulista.

Antes havia uma casa térrea no lote, a qual foi demolida para a construção da Casa Box. Porém, para que ela pudesse ser construída foi indispensável uma nova fundação, feita de sapatas simples, depois estaqueadas no subsolo, com 14 metros de profundidade. Foi necessário muito cuidado, pois era fundamental que a alvenaria estivesse em nível exato para os arranques dos pilares.

Como a Casa Box é de esquina, o arquiteto Flávio Castro tomou como partido encostar o volume da residência nas divisas do fundo e da lateral para melhor aproveitamento do terreno. Ao analisar o entorno, foi possível observar que a maioria das residências do bairro utilizam o recuo de 5 metros exigido pelo artigo 184 da Lei Municipal 13.885/04, de Recuos Mínimos - Frente, para abrigar os carros, em contrapartida, a Casa Box utiliza esse espaço do terreno como jardim, o qual exerce o papel de área gourmet e extensão da sala de estar. A garagem e a entrada principal, diferente da casa pré-existente, são acessados pela fachada outra rua, a qual tem 2 m de distância do volume residencial.



Figura 4 – Fotos da Casa Box.  
Fonte: Andressa Lahoud, 2022.

Para que a residência não aparentasse estar encostada na casa vizinha, foi proposto que a circulação vertical servisse como um intervalo entre elas, e para que permitisse a entrada de luz natural, a cobertura e a parede frontal são de vidro, além da fachada ser recuada. Além de usar as escadas como divisa, foi criado um afastamento dos vizinhos no pavimento superior. Este recuo foi projetado, não apenas para distanciar as casas, mas também na possibilidade de promover a ventilação das duas suítes existentes. Além disso, nesse espaço criado foi proposta a ideia de usar a parede, que seria cega, foi criar um jardim vertical (figura 4A).

A escolha pela estrutura metálica se deu por três fatores: pela geometria do projeto, um cubo; a necessidade de rapidez para a construção; e o desejo pela leveza estética. Para determinar a volumetria, o arquiteto considerou as alturas e os recuos das residências vizinhas, a rapidez foi estimada visto que o próprio arquiteto iria residir na residência e a leveza estética foi atingida porque as vigas e os pilares são muito esbeltos e cumprem com as proporções desejadas. Na figura 4B é possível observar que a viga aparenta estar apenas apoiada no muro de divisa com o vizinho, porém há um pilar I embutido na empena.

Este projeto conta com perfis dobrados soldados e laminados, chumbadores, cantoneiras, chapas e barras redondas, todos de aço ASTM – A36. Os perfis utilizados foram: vigas de perfil

W, tanto para o térreo quanto para o pavimento superior, os quais receberam tratamento superficial, zarcão em fábrica e em obra foram pintados com compressor com a cor marrom; pilares de perfil I para a área de serviços e para a entrada; e pilares cruciformes, os quais foram formados por dois perfis L soldados. Os dois pilares cruciformes se localizam na fachada noroeste, os quais são interrompidos por uma viga W, técnica que traz ainda mais leveza à estrutura. Esses pilares serviram também como encaixe à caixilharia (figura 4C).

Além do aço carbono, foi usado o aço corten no portão da garagem e nas duas portas pivotantes que dão acesso a residência (figura 4D). O aço corten, também conhecido como aço patinável, é um tipo de aço que contém pequenas adições de elementos químicos na liga, como o cobre, o fósforo, o níquel e o cromo, que em determinadas condições ambientais contribuem para a formação de uma pátina que protege esse aço da ação corrosiva da atmosfera, e essas adições provocam uma melhoria nas propriedades mecânicas do material. O cálculo estrutural foi feito pelo engenheiro Gueltre Guedes, da empresa Tesplan e os perfis foram fornecidos pela Useaço. O arquiteto reside nesta casa há 5 anos e até o momento apareceu apenas uma patologia, em um dos pilares cruciformes (figura 4E). Porém, esse problema é fácil e rápido de ser resolvido: lixar e pintar a área afetada.

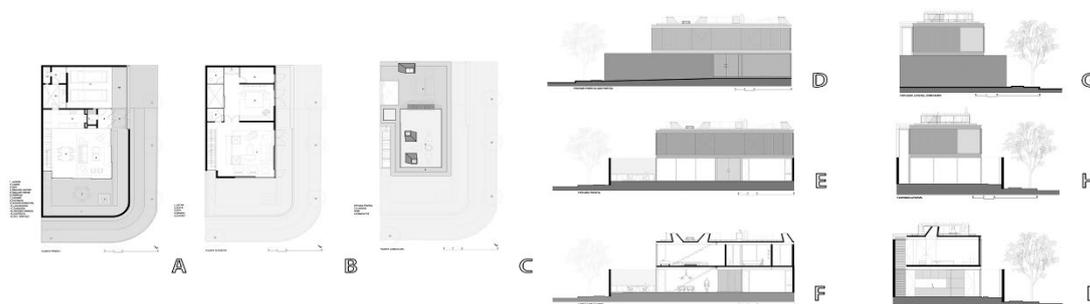


Figura 5 – Plantas, cortes e elevações da Casa Box.  
Fonte: Flávio Castro, 2022.

Este projeto é composto por 3 pavimentos: o térreo, o superior e um teto jardim. O térreo é todo livre, com exceção da cozinha e lavabo (figura 5A). Já o pavimento superior, foi pensado no mercado imobiliário, então é formado por um quarto com duas suítes e uma sala, a qual poderia se transformar em duas suítes (figura 5B). Porém, os banheiros dessas possíveis suítes não estariam posicionados nas fachadas e sim no centro da edificação, por isso que há claraboias no terraço-jardim (figura 5C).

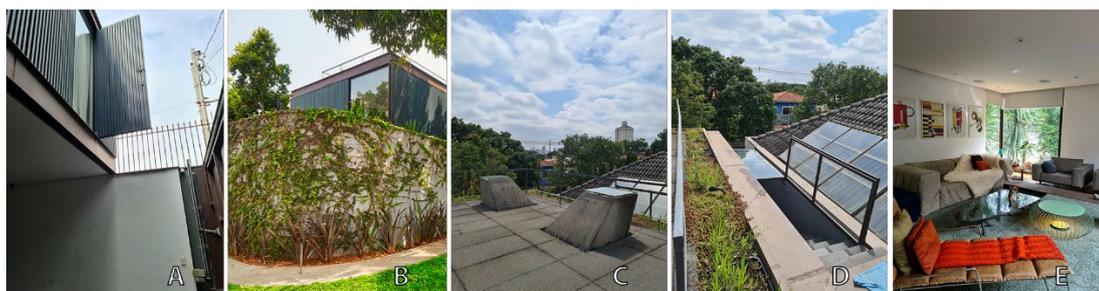


Figura 6 – Fotos da Casa Box.  
Fonte: Andressa Lahoud, 2022.

Além disso, as fachadas do pavimento superior são compostas por brises de chapas dobradas de aço com proteção eletrostática, os quais geram privacidade em relação à rua, bloqueando a incidência solar direta e isolando acusticamente a área íntima. Para que estes brises não batessem com o vento, as mesas das vigas W foram furadas e encaixes foram colocados (figura 6A). A fachada nordeste do piso superior é composta por um vidro e pelas chapas dobradas. Na parte do vidro, o arquiteto teve a proposta de deixar o vidro na face externa para que o material refletisse o brilho do sol e colocar uma porta de alumínio na face interna, como um blecaute (figura 6B).

Por último, o teto-jardim funciona como um belvedere, um espaço de estar, e esse ambiente contribui para resfriar o pavimento abaixo, visto que o piso é elevado. As claraboias, que serviriam como meio de ventilação e iluminação de possíveis suítes do pavimento superior da casa, são usadas como apoios quando o ambiente é utilizado (figura 6C).

A Casa Box ganhou um prêmio da IIDA Latin America Design Award 2018 [20] na categoria de Residências Pequenas. O júri descreveu a residência como se ela fosse idealizada a partir da luz natural e na particularidade dos espaços. Além disso, destacou o emprego dos materiais, o aço, a madeira e o vidro, os quais, para o júri, tornaram esse projeto autêntico.

### **3.3 Casa Maria Carolina**

A Casa Maria Carolina, também apelidada de Casa Mondrian, é uma casa de 120m<sup>2</sup> da década 1940 que faz parte de um conjunto de 5 casas geminadas, as quais dividem o mesmo telhado. Ela se localiza no bairro do Jardim Paulistano, assim como a Residência M.C.C.

Originalmente, a casa foi construída com alvenaria dupla de tijolo maciço e tinha poucas vigas e pilares, mas com o projeto de Marco Artigas e Sheila Altimann, de 2016, essas paredes foram demolidas e dessa forma foi proposto o uso de estrutura metálica. Esse sistema permite vigas e pilares menores e proporciona uma percepção mais contemporânea da arquitetura paulista: o desenho torna-se mais leve, versátil, gasta menos energia em comparação à produção de uma viga ou pilar de concreto, visto que não precisam ser escorados, formados e esperar o tempo de secagem [21].

Por se tratar de uma casa geminada, o uso da estrutura metálica foi interessante, visto que esse sistema atrapalha menos os vizinhos. Além disso, ela permitiu que a lógica comum de organização do espaço fosse inversa: a cozinha passa a se localizar na frente da casa e integrada à área de convivência, a qual fica mais ao fundo e se abre ao jardim e a edícula (a qual abriga o lavabo e a lavanderia). Mas para esta reforma pudesse acontecer, foi necessário fazer um reforço estrutural para a casa. Foram construídos pórticos de estrutura metálica para fazer a sustentação da casa. Foi pensado em atirantar o mezanino, mas como era necessário permanecer o telhado, visto que é compartilhado com as outras casas, o pavimento superior foi apoiado nas vigas metálicas.

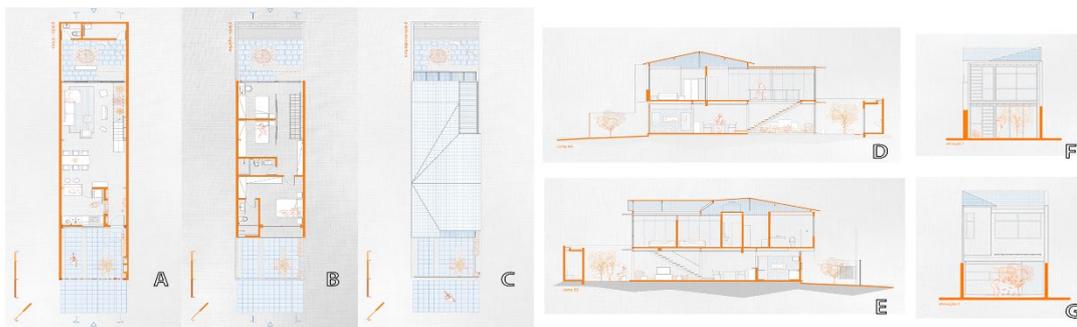


Figura 7 – Plantas e cortes da Casa Maria Carolina.

Fonte: Marcos Artigas, 2022.

O projeto então é composto por dois pavimentos, o térreo e o pavimento superior. O térreo é livre, a cozinha é integrada à sala de jantar e de estar, e em seguida está o pátio externo e a edícula (figura 7A). O acesso ao andar superior se dá por uma escada metálica com viga central, localizada em frente à entrada da residência, e para não deixar o antigo jardim lateral da casa para trás, foi inserido um jardim sob a escada metálica (figura 7A). O nível superior é composto por dois quartos, um banheiro e uma suíte, a qual está na fachada principal da residência (figura 7B).

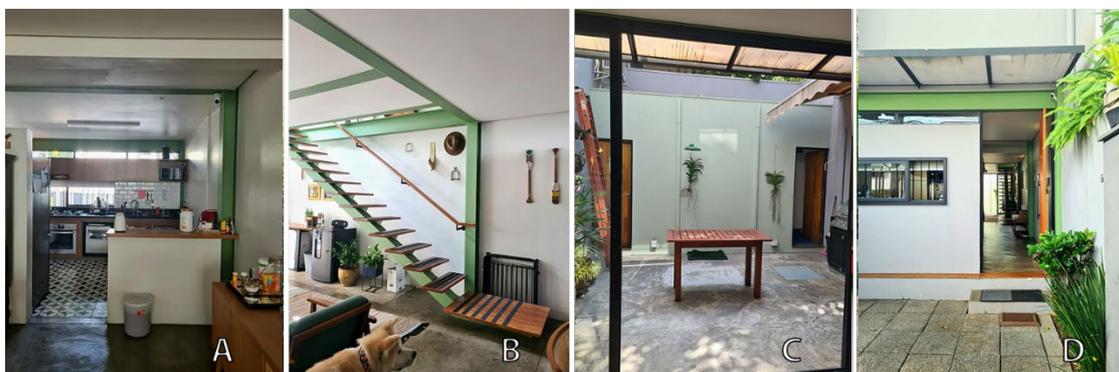


Figura 8 – Fotos da Casa Maria Carolina.

Fonte: Andressa Lahoud, 2022.

Nesta reforma foram propostos perfis W da ASTM-A572 grau 50, perfis tubulares quadrados de ASTM-A36, perfis U simples e enrijecido da ASTM-A36 e perfil H de ASTM-A36. Essas peças receberam uma proteção, em fábrica e em canteiro de montagem, com uma tinta própria para materiais metálicos.

O cálculo estrutural e a escolha desses perfis da estrutura metálica foram feitos pelo engenheiro Boris José Cabrera, da Llestrutura. O fornecedor destas peças foi a Ferronor e o montador foi o João Chacon.

Imediatamente na fachada aparece um dos pórticos da residência, que foram soldados. Um dos pilares tubulares presentes, além de fazer parte da estrutura, serviu como batente da porta de entrada e arremate das paredes. A laje do pavimento superior foi apoiada nos pórticos que são sequenciais ao longo do terreno (figura 8D).



Figura 9 – Fotos e plantas da ampliação da Casa Maria Carolina.

Fonte: Andressa Lahoud, 2022; Natália Alves, 2022.

Contudo, a casa Maria Carolina foi vendida não faz muito tempo para uma arquiteta, Natália Alves. Ao apropriar-se da residência não encontrou patologias, mas ela, por não apreciar o amarelo, repintou as vigas da cor verde musgo e ainda alterou a cor da fachada, antes era branca e atualmente é cinza (figuras 9 A e B). Além disso, a arquiteta está ampliando a residência.

A ampliação vai acontecer na edícula: no projeto de Marco Artigas, ela era estreita e composta por um lavabo e a lavanderia (figura 7B). Porém, agora com o novo projeto, ela passa a ter uma área maior e um novo andar (figura 9C e D). O lugar que estava a lavanderia passa a ser a área gourmet e área de serviços foi transferida para o novo andar, o qual é ligado ao pavimento superior por uma passarela. Devido a ampliação da edícula, a área verde que os arquitetos Marco e Sheila propuseram foi reduzida.

#### 4 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise sobre o uso do aço em residências na arquitetura contemporânea paulistana e contribuir com o tema apontando este material como um bom método construtivo dentro da cidade de São Paulo na contemporaneidade. Constatou-se a que o uso do aço proporcionou a durabilidade, a sustentabilidade, a rapidez, a organização e a administração de obras, o retorno financeiro e a redução de acidentes da cultura artesanal instalada no país.

O primeiro passo do trabalho foi coletar informações técnicas do material e identificar o tipo de aço que é destinado para a construção civil e as suas vantagens de emprego. Porém, para que o uso do aço passe a ser uma realidade na cidade de São Paulo é necessária a mão de obra qualificada, diferentemente do método construtivo tradicional que o país apresenta, a qual é fortemente enraizada no concreto armado. Além disso, seria necessário que a sociedade passasse a normalizar a destinação deste sistema construtivo a tipologias diferentes de galpões, estações de metrô e espaços esportivos, ou seja, a sociedade estereotipa a construção feita por estrutura metálica.

Em seguida foram apresentadas as vantagens do emprego do material em uma metrópole que necessita de uma grande demanda de construções residenciais como São Paulo. Esses prós ao uso do aço colocam em questão os custos finais baixos das construções mais artesanais, como alvenaria de tijolos, visto que não necessitam de especialização ou treinamento, fatores que geram uma disseminação maior do concreto, em relação a construção industrializada do aço que precisa de uma especialização e possibilita mudanças e reformas, sem a necessidade de danificar o sistema construtivo, o que não é viável nos sistemas artesanais.

A especialização é fundamental visto que o aço precisa ser transportado e montado no canteiro de obras. Esse sistema construtivo, de caráter seco, valoriza o operário, já que é difícil construir em estrutura metálica em lugares pequenos, devido a necessidade de montar um sistema de içamento da viga por conta do peso, além da questão de como fazer a solda em determinados casos.

Como foi apresentado nos estudos do material e nas análises das residências, a estrutura metálica é muito precisa ao contrário de outros sistemas construtivos mais artesanais. A precisão é uma grande vantagem pois compatibiliza com todos os outros sistemas: de fachada, possível perceber tanto Residência M.C.C., com o uso de brises, quanto na Casa Maria Carolina, na qual o pilar foi usado como batente da porta de entrada; sistemas de encaixe dos caixilhos com pilares, como foi possível observar na Casa Box, o qual usa o pilar cruciforme; e até paginação de revestimento.

Além da precisão, há outras vantagens: a rapidez e a durabilidade. Esse tipo de estrutura permite uma manutenção quase nula. Apenas na Casa Box apareceu uma pequena patologia, mas simples de ser resolvida. Ademais, o aço tem uma versatilidade muito mais ampla na questão plástica, a qual torna esse sistema construtivo muito mais atrativo à arquitetura já que é possível usar perfis diferentes, como os pilares cruciformes da Casa Box, e revesti-los com uma grande paleta de cores. Além disso, quando se usa a estrutura metálica é interessante criar uma linguagem no projeto como um todo, como o uso de guarda-corpos metálicos, conforme as imagens da Residência M.C.C, ou também a utilização de brises de chapa metálica dobrada da Casa Box.

As três residências analisadas poderiam ter sido construídas com materiais comuns para o setor da construção civil do país, mas os arquitetos que idealizaram esses projetos pensaram na sustentabilidade, na versatilidade, na rapidez e no respeito pelo meio em que as edificações estariam inseridas. Nesse ponto, destaca-se a Casa Maria Carolina, já que para este projeto, em uma casa pré-existente, os arquitetos tiveram que tomar precauções visto que a casa é geminada e qualquer ação poderia prejudicar as casas vizinhas.

Dessa maneira, com a apresentação dos benefícios que o uso do aço traz para o setor da construção civil, para a área de projeto arquitetônico e para o meio ambiente, é nítida a necessidade da mudança de pensamento técnico desde o ensino nas faculdades de arquitetura e engenharia, visto que o Brasil se apresenta como um país estagnado nos sistemas construtivos artesanais.

### **Agradecimentos**

A Universidade Presbiteriana Mackenzie, pela concessão da bolsa de iniciação científica, a professora Maria Augusta pelo apoio e incentivo e aos arquitetos, Flávio Castro, Marcelo Morettin, Marcos Artigas e Natália Alves, pela disponibilidade de materiais para análise dos estudos de caso.

## REFERÊNCIAS

- 1 Alexandre Vasconcellos. Curso de Extensão Arquitetura e Construção, Materiais, Produtos e Aplicações – Estruturas Metálicas – ABCEM na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie; 13, 15 e 17 de set. 2021.
- 2 Bellei IH, Pinho FO, Pinho MO. Edifícios de múltiplos andares em aço. 2ªed. São Paulo: Pini; 2008.
- 3 Maringoni HM. Coletânea do aço: princípios de Arquitetura em Aço. 3ªed. Brasil. 2011.
- 4 Teixeira LAS, Simplicio MCA. A modernização da Construção Civil através do uso do steel frame. Boletim do Gerenciamento. 2018; ISSN 2595-6531. 34-45.
- 5 Magalhães WC. O uso do aço no projeto arquitetônico das estruturas aparentes em edifícios de múltiplos andares: Uma análise a partir dos projetos em aço construídos nos últimos 20 anos em São Paulo. [Dissertação de mestrado]. Fortaleza; 2014.
- 6 Castro EML. Light Steel Framing para uso em habitações. 2007. Construção Metálica (87) Residências Metálicas: conceito de morar bem. p.22-26. ISSN 1414-6517.
- 7 Lemos CAC. Alvenaria burguesa: breve histórico da arquitetura residencial de tijolos em São Paulo a partir do ciclo econômico liderado pelo café. 1ªed. São Paulo: Universidade de São Paulo; 1984.
- 8 Dupré N. Entrevista com Paulo Barros. Revista Arquitetura e Aço: Retrofits e ampliações. 2019 (54):22.
- 9 Gomes CEM, Vivan AL, Sichieri EP, Paliari JC. Overview: o light steel frame como alternativa para produção de moradias [Internet]. Construção metálica. 2016; 2016(120): 1-3. [citado 2022 mar. 26] Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticias-detahes.php?cod=7246>.
- 10 FCstudio. Casa Box. 2017. [citado em 8 fev. 2022]. Disponível em: <https://www.fcstudio.com.br/memorial/109>
- 11 Barbosa M, Carsalade F. Entrevista com CBCA. Revista Arquitetura e Aço: Masp em expansão. 2021(60): 32-41.
- 12 Instituto de engenharia. A utilização do aço na construção civil. 2015.Acesso em 21 mar. 2021. Disponível em: <https://www.institutodeengenharia.org.br/site/2015/10/06/a-utilizacao-do-aco-na-construcao-civil/>.
- 13 Hass DCG, Martins LF. Viabilidade econômica do uso do sistema construtivo steel frame como método construtivo para habitações sociais. [Dissertação de graduação]. Curitiba 2011
- 14 Cortez at al 2017 Cortez LAR, Maciel CAS, Santos PB, Lima RT, Santos TMS, Nascimento M



MG. Uso das estruturas de aço no Brasil. Caderno de graduação. 2017; ISSN 2316-3135. 217-228.

15 Rodrigues FC. Steel Framing: Engenharia. 2006, 127 p. Rio de Janeiro: IBS/CBCA.

16 ABCEM, CBCA, INDA. Cenário dos fabricantes de estruturas em aço 2020. São Paulo: e8 inteligência, 2021. 25p.

17 Anuário Estatístico. Instituto Aço Brasil. 2021. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, 2021. 88p.

18 Vivan AL, Paliari JC, Novaes CC. Vantagem produtiva do sistema light steel framing: da construção enxuta à racionalização construtiva. ENTAC 2010. 2010, 13.

19 AndradeMorettin. Residência M.C.C. 2016. [citado em 2022 mar. 25]. Disponível em: <https://www.andrademorettin.com.br/projetos/residencia-c-c/>.

20 LATIN AMERICA DESIGN AWARDS 2018. Chicago: IIDA, 26 jul. 2018. Anual. [citado em 15 fev. 2022]. Disponível em: <https://issuu.com/iidahq/docs/iida-issu>.

21 Estudio Artigas. Casa Maria Carolina. 2016. [citado em 2022 fev. 17]. Disponível em: <https://www.estudioartigas.com/casa-maria-carolina>.