AS GRANDES NAVES DA ARQUITECTURA METÁLICA

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Arquitectura

Sofia de Lumiar Ramos Fernandes Ferreira
Orientador: Arq. António Manuel Barreiros Ferreira, (prof. conv.)
Co-Orientador: Eng. Tiago Braga Abecasis, (prof. conv.)

Resumo Alargado

Uma reflexão sobre o papel da estrutura metálica no enriquecimento da arquitectura contemporânea, através da análise das propriedades do material, evolução dos processos construtivos, elementos e produtos, sistemas estruturais e exigências ligadas à sua concepção; com incidência especial na compreensão dos fundamentos para a sua utilização, no estudo do processo de relacionamento entre arquitectura e engenharia, e nas estruturas utilizadas na construção de grandes vãos.

Palavras-chave: Aço, Estrutura, Carapaça, Coberturas de grande vão

---

A madeira ou a pedra, o vidro ou o metal, são presenças constantes no mundo que nos rodeia. Lisos ou com texturas, polidos ou riscados, naturais ou transformados, são materiais de construção recolhidos e produzidos pela necessidade humana de edificar e de criar. Conhecemos-lhes o tacto, a frescura, o vergar, o partir, o reflexo e a luz. Mas quantos sabemos utilizá-los no enriquecimento do que concebemos?

HISTÓRIA DA CONSTRUÇÃO METÁLICA

A substituição da pedra pelo metal foi um passo importante na história da humanidade. No século XX a.C. o ferro é utilizado pela primeira vez na civilização babilónica e a partir do século V a.C. começa a ser utilizado na arquitectura. Nos templos gregos e romanos, nas igrejas da época gótica e nos períodos do renascimento e do barroco, o ferro era usado para fortalecer as estruturas e ornamentos, introduzido discretamente, mas indispensável para a agrafagem da pedra e para a resistência dos edifícios.

A revolução industrial inglesa, iniciada ainda no século XVIII, tornou o ferro fundido num material largamente disponível e barato, de elevado interesse para a indústria construtora. O ferro fundido é o material dos elementos singulares – o pilar, a viga e o arco – utilizados primeiro na construção de pontes, e posteriormente em edifícios industriais e estações de caminhos-de-ferro. Enquanto pilares e vigas foram usados em sistemas mistos, em conjunto com a pedra e a madeira,

realizaram-se diversas experiências na concepção de sistemas de coberturas – cúpulas, abóbadas e telhados – utilizando composições nervuradas e empregando pela primeira vez tirantes e treliças. No entanto, nos meados do século XIX, o ferro ainda era visto como um material pouco nobre, sendo apenas utilizado pelos benefícios económicos e práticos.

A idade do ferro forjado já tinha começado quando a idade do ferro fundido conhece a sua idade de ouro. O projecto transforma-se numa combinação de peças e elementos – os perfis pré-fabricados – provenientes dos catálogos dos metalurgistas e utilizados em desenhos racionalizados. Os perfis combinam-se entre si ou com chapas de metal graças ao rebite: a montagem efectua-se simplesmente, com uma ferramenta ligeira, a quente, na fábrica ou no estaleiro. Esta flexibilidade responde bem à grande diversidade das configurações exigidas por projectos sempre diferentes, mas as combinações de elementos geram rapidamente tipologias estruturais.

O ferro forjado oferece a certos edifícios – gares, galerias, mercados, salões de exposições e estufas – meios económicos para a sua realização. A sua resistência à tracção, muito superior à do ferro fundido, proporcionou grandes avanços nos sistemas de coberturas e fachadas que, juntamente com o vidro, alteraram radicalmente a entrada de luz natural no espaço construído. O período do ferro forjado, marcou o início da aceitação do material por parte dos arquitectos e do público. As Exposições Universais contribuíram para a divulgação dos novos materiais e métodos. No período da Arte Nova o material ganhou um novo reconhecimento, sendo esta a fase de transição para a utilização do aço.

No final do século XIX, o ferro deu lugar ao aço que teve um efeito fundamental na evolução da arquitectura, possibilitando novas formas, maiores extensões de vãos e maior altura dos edifícios. A produção económica de aço, e as suas excelentes propriedades mecânicas, provocaram a alteração da natureza dos projectos arquitectónicos e da sua escala, tirando partido da pré-fabricação dos componentes, do fácil transporte e rapidez de montagem. Também os métodos de montagem, a técnica de laminagem e os modelos de cálculo se alteraram. Quando a soldadura substitui o rebite, as configurações formais evoluem. Novas competências vêm libertar o arquitecto das tarefas mais complexas do cálculo e da obra, generalizam-se as empresas de estudos técnicos, criando tempo para a inovação e criatividade.

O aço já não tem unicamente a função económica e utilitária que tinha no século XIX. Hoje, o metal intervém em todos os sectores do processo arquitectural (plástico e construtivo), utilizado como suporte, cobertura, revestimento, ou mesmo em escadas, elevadores, guardas e instalações técnicas. O imaginário técnico não se afasta muito do fascínio pela máquina, mas a ela junta-se a informação ou a biologia. A arquitectura apresenta mastros, asas, pontes, passadiços, ecrãs e microprocessadores, muitas vezes envolvidos em membranas ou peles de vidro, com um aspecto final liso e ergonómico. No interior, procura flexibilidade ou o ajustamento exacto às funções que desempenha, e a integração precisa e discreta das funções climáticas ou de segurança.

Material da ligeireza, da transparência e dos processos tecnológicos, o aço é um dos materiais mais versáteis hoje disponíveis no sector da construção, sendo imagem de marca de obras arquitectónicas excepcionais. Utilizado pela sua facilidade de montagem, desmontagem e reciclagem, o aço é insubstituível quando se quer rapidez de construção ou flexibilidade de desenho e montagem. O abundante número de aplicações e produtos disponíveis permitem que arquitectos e engenheiros desenhem, todos os dias, estruturas e edifícios outrora considerados impossíveis.

A Construção em Aço

O termo aço designa um conjunto de materiais bastante diversificado em termos de propriedades e aplicabilidade. Existem vários tipos de aços, produtos e ligações, desenvolvidos com o objectivo de resistir a diferentes especificações e condições de serviço – cargas elevadas, desgaste, impacte, corrosão atmosférica, temperaturas elevadas, entre outras.

O aço é utilizado na construção pelas suas propriedades físicas e pela sua performance, destacando-se a sua elevada resistência à tracção, à compressão e ao choque, o que permite evitar o colapso de edifícios quando sujeitos a acções extraordinárias, como um sismo ou sobrecargas.

O desenho de uma estrutura de aço é primeiro um esquema de linhas, que alternadamente tornar-se-ão pilar, viga, cabo, barra, tirante; fabricando uma rede onde circulam as forças de tracção e compressão da construção. A multiplicidade de soluções estruturais explica o fascínio de técnicos e arquitectos pela construção metálica.

Com o aço, pode-se sempre encontrar respostas novas para os problemas tradicionais. Entre os diferentes tipos de estrutura possíveis, as mais correntes são sistemas mistos onde o aço trabalha em conjunto com a madeira, o betão e a alvenaria. No entanto, são determinadas tipologias, como a construção de grandes vãos ou a construção em altura, que exploram de maneira óptima as propriedades do aço, destacando-se as estruturas porticadas, as treliçadas e as tensionadas.

Por natureza modulares e fabricados com precisão industrial, os revestimentos de aço, alumínio e zinco, oferecem desempenhos superiores aos da construção tradicional. Dentro dos edifícios, o aço revela, de novo, o seu protagonismo. Quer se trate dos elementos que asseguram a mobilidade, da integração das instalações técnicas, ou da decoração, este material é fundamental na revolução técnica e estética da arquitectura.

Um dos interesses essenciais da utilização do aço é a construção a seco resultante da pré-fabricação. A estrutura é concebida em fábrica, o que contribui para a sua qualidade, sendo depois

transportada para a obra onde é imediatamente montada. O tempo de montagem é muito reduzido, o que permite um retorno mais rápido do investimento.

As estruturas em aço são ecológicas, permitindo alterações posteriores com maior facilidade e podendo ser aplicadas em construções provisórias. Além disso, os perfis podem ser reaproveitados e o aço reciclado.

O aço permite também soluções estruturais arrojadas e com grande valor estético.

A intenção de conceber um edifício em aço coloca o arquitecto numa posição onde deverá argumentar cada um das suas decisões, dependentes da imagem arquitectural imaginada.

O domínio de edifícios industriais, comerciais e de armazenamento é justificado pelas características do material que permite a construção de estruturas de grande porte, leves, e sem pontos de apoio intermédio.

Na tipologia dos escritórios, o aço permite a construção de grandes *open-spaces* com uma rapidez de montagem inigualável e fachadas económicas com qualidade técnica e estética. E se a decisão for construir em altura, o aço é capaz de produzir sistemas económicos e horizontalmente rígidos, antecipando as acções sísmicas.

Nos equipamentos públicos é utilizado especialmente na concepção de grandes investimentos como aeroportos, bibliotecas e palácios da justiça, apresentando soluções arrojadas que não seriam possíveis sem a ajuda do computador.

Também na reabilitação, assume um papel importante, onde permite intervenções menos destrutivas. A versatilidade do aço permite a sua adaptação a diversas situações, vários elementos do edifício, com capacidade de associação com outros materiais.

Se o século XX foi a idade dos arranha-céus, o século XXI é a época das grandes carapaças – estruturas colossais e altamente complexas, que se tornaram ícones da modernidade arquitectónica. Omnipresentes nas cidades de todo o mundo, constituem o principal desafio da construção em aço, possibilitando novas expressões e formas de edificar o grande espaço.

AS GRANDES NAVES

O uso do aço para estruturas de cobertura com longa extensão tem as suas raízes nas pontes, gares, mercados, e pavilhões de exposições do século XIX. Estruturas, como o Palácio de Cristal e a Galeria das Máquinas, que foram desenhadas como volumes neutros, mostravam já o potencial do ferro ou do aço. No século XX, surgiram funções novas, incluindo os hangares para dirigíveis e aviões, bem como as fábricas, com produção em linha de montagem, da indústria automóvel.

Os edifícios com grandes naves são geralmente descritos como *sheds*, ou seja, "carapaças". São edifícios, compostos por espaços sem função definida, cujo propósito não se define pelo seu aspecto exterior. São construídos com perfis metálicos, com capacidade estrutural de suporte de grandes vãos, usando elementos relativamente esbeltos e leves quando comparados com as áreas que conseguem enclausurar. Estas estruturas são hoje tão influentes que o seu uso vai para além de aeroportos e fábricas: podem ser vistas em importantes edifícios públicos como bibliotecas e centros de arte, tipologias que geralmente mostram as tendências arquitectónicas de uma época.

Nos espaços compostos por grandes superfícies, as distâncias cobertas têm vindo a aumentar rapidamente – das cúpulas do século XIX, com um vão máximo de 50 m, aos grandes vãos com mais de 300 m do final do século XX. As grandes naves da arquitectura metálica podem ser suportadas por estruturas que transmitem as cargas directamente ao solo, ou suspensas por mastros ou tirantes, sendo depois revestidas por uma protecção contra as intempéries. Os últimos 100 anos não trouxeram apenas um aumento gradual das distâncias e alturas, mas também um número considerável de novos esquemas estruturais e formas arquitectónicas para cobrir os grandes espaços: cascas, abóbadas, cúpulas, armações treliçadas, redes de cabos, membranas...

O maior problema técnico das grandes naves é a manutenção de um equilíbrio razoável entre as cargas suportadas e o peso próprio da estrutura, requerendo, por estas razões, as mais eficientes formas estruturais. A alta resistência do aço em relação ao aumento do seu peso próprio faz com que este seja uma material ideal para a cobertura de longos vãos e para o suporte de elevadas cargas.

Apesar da cobertura de grandes naves se ter iniciado na tipologia religiosa das mesquitas islâmicas de das catedrais góticas, a necessidade de cobrir vãos cada vez maiores pertence hoje ao universo das exposições, da indústria, dos transportes, do desporto e da cultura.

Estas mudanças, em conjunto com as novas necessidades tecnológicas, nomeadamente das instalações técnicas e serviços dos edifícios, e ambientais, relacionadas com a sustentabilidade e a preservação do planeta, levaram à criação de novos sistemas estruturais que servissem as novas tipologias e as exigências de um sector da construção em mutação constante.

Nos países desenvolvidos ou em vias de desenvolvimento, as carapaças são cada vez mais requisitadas para enclausurar grandes espaços destinados às actividades colectivas da sociedade. A passagem dos anos 80 para os anos 90 acarretou grandes mudanças na arquitectura. No novo clima da era informática foram assumidas novas formas, libertas dos constrangimentos da geometria rectilínea modernista, formas que surgem devido à ligação renovada entre arte e arquitectura.

Esta tipologia estrutural e arquitectónica é utilizada para uma grande variedade de funções, salientando-se as actividades que requerem flexibilidade – edifícios industriais e de exposições – as actividades que requerem visibilidade para grandes audiências – complexos desportivos, estádios, auditórios, teatros – espaços de circulação intensa de pessoas e objectos – aeroportos, gares

ferroviárias – e aqueles onde são fabricados, mantidos e guardados, grandes objectos ou máquinas – hangares de aviões ou de dirigíveis.

O programa mais adaptável ao edifício contentor, a original carapaça neutra, sempre foi o edifício de exposições ou espectáculos. São contentores flexíveis, desenhados para acomodar diferentes eventos de curta duração, tendo capacidade para receber um número elevado de pessoas, gerando, assim, a necessidade de construção de grandes vãos.

A indústria, uma das tipologias básicas da arquitectura, tende a produzir edifícios simples e utilitários, maioritariamente habitados por materiais e maquinaria. Os primeiros edifícios a mostrar as proezas da engenharia do aço foram os hangares onde os aviões eram construídos, mantidos e armazenados, que começaram a aparecer durante a expansão dos transportes aéreos em 1910.

Durante o século XIX, um sinal omnipresente da revolução industrial era a vasta rede de caminhos-de-ferro espalhada pelo Ocidente Europeu. As gares tornaram-se no mais influente produto da engenharia daquela época. Os arcos de grande vão dos terminais eram concebidos para proteger os passageiros das intempéries e para acomodar o fumo proveniente das máquinas a vapor. Quando a gasolina e a electricidade substituíram o vapor, as estações tornaram-se mais modestas. No entanto, a atracção pelo simbólico arco de grande vão manteve-se.

Os aeroportos, tal como as gares, eram pontos de transição anónimos, onde as características arquitectónicas eram menos importantes do que a circulação discreta das pessoas. Esta situação veio-se a alterar com a dependência das economias asiáticas pelos transportes aéreos internacionais. Os países da Ásia vão utilizar o sistema do TGV francês e os arquitectos europeus são requisitados para construir as novas infra-estruturas de grandes dimensões: Renzo Piano projecta o Aeroporto de Kansai, Norman Foster o Aeroporto de Hong Kong e Terry Farrell a Estação Ferroviária de Kowloon.

A arquitectura para o desporto tem um *pedigree* distinto. Os edifícios dedicados ao desporto no Império Romano eram majestosos e influentes. Entre o período clássico e o século XX, os edifícios desportivos tornaram-se mais modestos, com clubes e instituições a erguer várias estruturas utilitárias como sedes e estádios. Mas foi apenas depois da 2ª Grande Guerra Mundial, com a introdução dos complexos desportivos cobertos, que o desporto recebeu a construção de edifícios intrincados. Hoje a maioria dos edifícios desportivos são monumentos civis, muitas vezes construídos com grandes gestos arquitectónicos. Ao mesmo tempo pavilhões e piscinas mais modestos continuam a ser compostos por estruturas baratas e básicas, em betão ou aço.

Entre os edifícios desportivos, é preciso distinguir entre os construídos para observar profissionais e aqueles para o público geral. Os primeiros são mais caros, preocupando-se não só com os requerimentos da prática desportiva, mas também com a mobilidade e conforto dos espectadores.

Durante o século XX, na ausência da construção de grandes edifícios eclesiásticos, os arquitectos consideram os complexos artísticos e culturais como os seus projectos de maior prestígio. Os clientes provam-se normalmente abertos à inovação e encorajam um desenho visualmente arrojado, o que tem permitido grandes oportunidades para a experimentação com resultado em edifícios influentes. Desde a enorme popularidade do Centro Pompidou, alguns edifícios desta tipologia tornaram-se mais conhecidos pelo seu projecto do que propriamente pelo seu conteúdo.

O desenvolvimento futuro de grandes naves será facilitado pela mudança de mentalidades em relação à forma arquitectónica. O aparecimento de modos sofisticados para enclausurar as enormes carapaças, as evoluções tecnológicas e o aperfeiçoamento das qualidades dos materiais, produtos e sistemas estruturais são os factores fundamentais que irão reforçar estas tendências construtivas no futuro, desafiando engenheiros e arquitectos a construir estas geometrias complexas.

Vivemos num período de transição para uma nova era, um novo milénio cujo traçado se está agora a tornar aparente. Os dois últimos séculos foram marcados por um enorme crescimento populacional e por drásticas mudanças na vida quotidiana, como resultado das inovações tecnológicas, sociais e culturais das eras industrial e tecnológica. O ambiente construído é uma parte crítica deste mundo em mudança, no qual a actividade humana põe uma carga adicional nos recursos do nosso planeta e pressiona o equilíbrio delicado que mantém um ambiente amigável à existência humana. As consequências como já percebemos, pela divulgação constante deste tema, podem ser desastrosas. Por isso, para sobrevivermos neste planeta será necessário seleccionar sistemas ordenados e equilibrados nos quais a forma visual e a forma estrutural são congruentes.

Claramente, formas estruturais que transportam as suas cargas principais por grandes vãos, através de compressão ou tracção directas, oferecem uma oportunidade ideal para alcançar uma energia mínima na sua construção e consequentemente um uso reduzido de materiais. Simultaneamente, uma escolha consciente da forma estrutural e arquitectónica, pode privilegiar métodos de ventilação natural, enquanto a orientação, a localização de aberturas e o material de revestimento são opções que determinam a entrada de luz e de energia no espaço interior.

Com os novos conhecimentos da engenharia estrutural, da arte e da ciência dos materiais, caminhamos em direcção à produção de carapaças cada vez mais aperfeiçoadas, oferecendo ao mesmo tempo qualidade ambiental, qualidade funcional e qualidade arquitectónica. Pela sua leveza extrema, as estruturas tensionadas são um dos desenvolvimentos prováveis que contribuirão para o aparecimento de novas formas em resposta aos desafios da arquitectura e da engenharia do futuro.

Nas estruturas tensionadas o peso dos materiais de construção é drasticamente reduzido, o tempo de construção é menor, a energia é poupada, a manutenção simplificada e os custos do ciclo de vida melhorados. Além disso, a transformação da tecnologia numa forma de arte, permite que estas estruturas concedam um tom mais suave ao novo vocabulário do desenho arquitectónico.