



UNIVERSIDADE
FERNANDO
PESSOA

A EVOLUÇÃO E O IMPACTO DOS ARRANHA-CÉUS NAS CIDADES: AVANÇOS NA ARQUITETURA VERTICAL - CASO DE ESTUDO SHARD.

The Evolution and Impact of Skyscrapers in Cities: Advances in vertical
Architecture - A Case Study of the Shard.

João David Silva

Orientador:

Doutor Daniel Félix

Outubro, 2024



**UNIVERSIDADE
FERNANDO
PESSOA**

A EVOLUÇÃO E O IMPACTO DOS ARRANHA-CÉUS NAS CIDADES: AVANÇOS NA ARQUITETURA VERTICAL - CASO DE ESTUDO SHARD.

The Evolution and Impact of Skyscrapers in Cities: Advances in vertical
Architecture - A Case Study of the Shard.

João David Silva

Orientador:

Doutor Daniel Félix

Outubro, 2024

Agradecimentos

Agradeço sinceramente a todos os professores da Universidade Fernando Pessoa, que sempre demonstraram paciência e me incentivaram a explorar novas abordagens na arquitetura. Sou especialmente grato pelo respeito e igualdade com que fui tratado. A acolhida que recebi foi fundamental para o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal.

Minha gratidão também vai aos meus pais, Maria de Lourdes Marcelino e João de Fátima Moreira da Silva. Apesar das dificuldades e desafios que enfrentamos, eles sempre estiveram ao meu lado, oferecendo apoio financeiro e emocional quando mais precisei, tornando minha jornada mais forte e possível.

A minha irmã mais velha, Marili Aparecida Silva, que sempre me incentivou a estudar e buscar uma educação superior. Em meio aos desafios familiares, seu apoio e incentivo foram cruciais para que eu chegasse onde estou hoje.

Agradeço também aos meus amigos - André Rohen, Ana Paula Costa, Cleiton Vinícius, Maciej Paduch, Tsurriel Sdomi, Valdenice Helena e Valdiana Rodrigues. Nos momentos difíceis, vocês estiveram sempre dispostos a ajudar, oferecendo apoio e uma nova perspectiva que me motivaram a continuar. A energia e a vontade que me deram foram fundamentais para alcançar meu objetivo de concluir o curso dos meus sonhos.

Finalmente, gostaria de expressar um agradecimento especial ao meu orientador, Daniel Félix, cuja motivação e inspiração foram constantes desde as nossas primeiras aulas até o final do meu período como seu orientando.

Resumo

Este estudo investiga a evolução das construções em altura, focando em suas implicações arquitetônicas, tecnológicas e sociais desde o século VIII até a contemporaneidade. As construções verticais têm uma rica história que reflete não apenas inovações técnicas, mas também transformações culturais e sociais. O conceito de “torre” é explorado em suas diversas classificações, ressaltando as distinções entre edifícios verticais e arranha-céus. A pesquisa traça a trajetória histórica das construções em altura, desde as torres medievais até os arranha-céus modernos, destacando os avanços tecnológicos que possibilitaram a construção de estruturas cada vez mais altas e complexas. Um aspecto central da pesquisa é a análise das inovações arquitetônicas que caracterizam as construções em altura contemporâneas, investigando como as novas tecnologias influenciam a concepção e a execução desses edifícios, incluindo o uso de materiais avançados e sistemas de engenharia inovadores. A sustentabilidade é um foco importante, com ênfase em como os edifícios verticais podem contribuir para a eficiência energética e a redução do impacto ambiental nas cidades. A pesquisa também aborda a crescente demanda por habitação e espaços comerciais nas áreas urbanas, que impulsiona o desenvolvimento de novas construções em altura. Um estudo de caso detalhado sobre o Shard em Londres ilustra as questões discutidas, sendo analisadas em termos de sua arquitetura, tecnologias empregadas e impacto social e econômico no ambiente urbano. As visitas a Londres e a cidades na Itália enriqueceram a pesquisa, permitindo uma observação direta das construções em altura e suas interações com o tecido urbano, evidenciando tanto os desafios quanto às oportunidades que esses edifícios apresentam. Em síntese, este estudo conclui que o futuro das construções em altura dependerá da habilidade de equilibrar inovação tecnológica com a responsabilidade social e ambiental, permitindo que as edificações verticais desempenhem um papel importante no desenvolvimento urbano sustentável, contribuindo para a criação de cidades mais habitáveis e resilientes.

Palavra-chave: Arquitetura, Arranha-céu, Inovação, tecnologia de construção, Shard.

Abstract

This study investigates the evolution of tall buildings, focusing on their architectural, technological, and social implications from the 8th century to the present day. Vertical constructions have a rich history that reflects not only technical innovations but also cultural and social transformations. The concept of “tower” is explored in its various classifications, emphasizing the distinctions between vertical buildings and skyscrapers. The research traces the historical trajectory of tall buildings, from medieval towers to modern skyscrapers, highlighting the technological advancements that have enabled the construction of increasingly tall and complex structures. A central aspect of the research is the analysis of the architectural innovations that characterize contemporary tall buildings, investigating how new technologies influence the design and execution of these buildings, including the use of advanced materials and innovative engineering systems. Sustainability is an important focus, emphasizing how vertical buildings can contribute to energy efficiency and the reduction of environmental impact in cities. The research also addresses the growing demand for housing and commercial spaces in urban areas, which drives the development of new tall buildings. A detailed case study of The Shard in London illustrates the issues discussed, being analyzed in terms of its architecture, employed technologies, and social and economic impact on the urban environment. Visits to London and cities in Italy enriched the research, allowing for direct observation of tall buildings and their interactions with the urban fabric, highlighting both the challenges and opportunities these structures present. In summary, this study concludes that the future of tall buildings will depend on the ability to balance technological innovation with social and environmental responsibility, allowing vertical constructions to play a central role in sustainable urban development, contributing to the creation of more liveable and resilient cities.

Keywords: Architecture, Skyscraper, Innovation, Construction technology, The Shard.

Índice geral

Introdução	1
Capítulo I - A Evolução dos arranha-céus: arquitetura, construção e cidade.	3
1.1. O conceito de “torre” e suas classificações	4
1.2. Introdução á temática das Torres	6
1.3. O conceito da palavra ‘Arranha-céu’	13
1.4. Classificação de arranha-céu	14
1.5. Evolução e análise histórica da construção em altura (séc. XIX a XXI) ...	18
1.6. As questões dos arranhas-céus	46
1.7. Mitos sobre arranha-céus	54
Capítulo II: Inovações Arquitetónicas em Arranha-céus	59
2.1. Avanços Tecnológicos na Arquitetura Vertical	60
2.2. Projetos Inovadores e Sustentabilidade	64
2.3. Projetos Emblemáticos do século XXI	76
Capítulo III - Estudo de Caso: O Shard em Londres	83
3.1. The Shard como Objeto de Estudo	84
3.2. Arquitetura do Shard	90
3.3. Tecnologias avançadas do Shard e suas aplicações.....	93
3.4. O impacto do Shard em Londres	98
Discussão.....	103
Conclusões	107
Referências bibliográficas	110

Índice de figuras

Figura 1 - Planta do castelo de Pombal	6
Figura 2 - Exemplo de uma estrutura ‘mota’	6
Figura 3 - Château de Falaise - ‘Donjon’ francês	7
Figura 4 - Castelo de Cardiff, ‘Keep’ inglês.....	7
Figura 5 - Castelo de Madeira, ‘Wohnturm’ alemão	8
Figura 6 - Torre de Beja, Portugal.....	8
Figura 7 - Torre de Bragança, Portugal	9
Figura 8 - Torre de Mangia, Siena.....	9
Figura 9 - Torre de Pisa, Itália	10
Figura 10 - Mesquita de Hassan II, Casablanca, Marrocos.....	11
Figura 11 - Torre Asinelli, Bolonha.....	11
Figura 12 - Torres de São Geminiano, Itália	12
Figura 13 - Edifício do Burgo - Contexto de edifícios com 1 ou 2 pisos	14
Figura 14 - Edifício Burgo no contexto de “Nova Iorque”.	15
Figura 15 - CN Tower e Petronas Towers.....	15
Figura 16 - A altura mínima de um arranha-céu.	16
Figura 17 - Edifício Super alto.....	16
Figura 18 - Edifício Mega alto.....	17
Figura 19 - Exemplos de edifícios Unidos	17
Figura 20 - Demonstração da utilização do elevador (1870).	19
Figura 21 - Edifício E.V. Haughwout (1857)	19
Figura 22 - Ilustração do processo de bessemer (1856).....	20
Figura 23 - Home Insurance Company Building (1885).....	21
Figura 24 - Arquiteto William Le Baron Jenney.....	22
Figura 25 - First Leiter Building (1879).....	23
Figura 26 - Second Leiter Building (1889-91)	23
Figura 27 - Edifício Monadnock (1893).....	24
Figura 28 - Edifício Flatiron (1902).....	25
Figura 29 - Fachadas em estilo renascentista (1902).....	26
Figura 30 - Planta do Edifício Fuller Flatiron (1902)	27
Figura 31 - Edifício Woolworth - Nova Iorque (1913)	29
Figura 32 - Edifício Chrysler e as suas formas (1930)	30

Figura 33 - Elementos decorativos automobilísticos no edifício Chrysler (1930) ..	30
Figura 34 - Edifício Bank of Manhattan Trust Building (1930).....	31
Figura 35 - Fases construtivas do Empire State Building, Nova Iorque (1931)	32
Figura 36 - Escritório e corretora do Edifício respectivamente (1931 – 1938)	32
Figura 37 – Sede das Nações Unidas, Nova Iorque (1947).....	33
Figura 38 - Torre gêmeas, Nova Iorque (1973)	35
Figura 39 - Sears Tower (1974)	36
Figura 40 - Torre do Banco da China, Hong Kong (1990).....	38
Figura 41 - Edifício Banco da China em construção (1989).....	39
Figura 42 - Petrona tower / Conceito da torre (1998).....	40
Figura 43 - Colisão dos aviões nas torres gêmeas, Nova Iorque (2001)	41
Figura 44 - Torre Taipei 101, Taiwan (2004).....	43
Figura 45 - Esfera TMD, Taipei 101 (2004).....	44
Figura 46 - Burj Khalifa	45
Figura 47 - Sentido de escala de arranha-céu.....	47
Figura 48 - Vista da rua de Londres.	48
Figura 49 - Vista da cidade de Frankfurt Am, Alemanha (2023)	49
Figura 50 - South Waterfront	50
Figura 51 - Estudo da eficiência energética de Vancouver, Canada.	52
Figura 52 - Tuite sobre a publicação	54
Figura 53 - Torre VTS	60
Figura 54 - 30 St Mary Axe Londres.....	62
Figura 55 - Instalação da Manta de fibra Cerâmica.....	63
Figura 56 - One Trade Center Nova Iorque	64
Figura 57 - Átrio do One Trade Center	65
Figura 58 - Torre de Xangai, China.....	66
Figura 59 - Topo do Edifício com turbinas eólicas.....	67
Figura 60 - Diagrama esquemático do sistema de fundação da Torre de Xangai. ...	68
Figura 61 - Abraj Al-Bait Clock Tower e Caab.	69
Figura 62 - Parte superior metálica do Abraj Al-Bait.	70
Figura 63 - Lotte World tower, Seoul, Coreia do Sul	71
Figura 64 - Parede cortina e sua inclinação.....	72
Figura 65 - Diagrama funcional do Lotte World Tower.....	72
Figura 66 - Merdeka 118, Kuala Lumpur, Malásia	74

Figura 67- Linha do horizonte de Kuala Lumpur Malásia	74
Figura 68 - Merdeka 118 durante a noite.	75
Figura 69 - Torre Agbar, Barcelona Espanha.....	76
Figura 70 - Marina Bay, Singapura.	77
Figura 71 - Sede da televisão chinesa CCTV	78
Figura 72 - Torre Bosco Verticale, Milão Itália	79
Figura 73 - Torre 111 West 57th Street e Fachada, respetivamente.	80
Figura 74 - Vidro de alta resistência aplicado em residência.....	81
Figura 75 - Esquema estrutural de residência resistente a sismo.	82
Figura 76 - O Shard (dia/ noite), Londres Reino Unido.	84
Figura 77 - Localização do Shard	85
Figura 78 - Localização do Shard e sua envolvente	86
Figura 79 - Estação ferroviária Londres-Greenwich pós-guerra.....	87
Figura 80 - Edifício Southwark towers (1975).....	87
Figura 81 - Exemplo do solo de Londres	88
Figura 82 - Esboço de Renzo Piano sobre o Shard (2000).....	90
Figura 83 - Pintura de Canaletto da cidade de Londres (1748).....	91
Figura 84 - Modelo de fundação	93
Figura 85 - Estrutura do Edifício Shard.	94
Figura 86 - Técnicas de fôrma deslizante.....	95
Figura 87 - Estrutura metálica do Pináculo	96
Figura 88 - Alçado de vidro [detalhes].....	97
Figura 89 - Elevador KONE JumpLift	98
Figura 90 - Catedral de Southwark	99
Figura 91 - Tower bridge	99
Figura 92 - Museu do Tate	99
Figura 93 - Show de luzes da inauguração do Shard (2013).....	101

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Classificação de maior arranha-céu do mundo de acordo com CTBUH Height Criteria 1980.	36
Tabela 2 - Classificação de maior arranha-céu do mundo de acordo com CTBUH Height Criteria 1990.	37
Tabela 3 - Classificação de maior arranha-céu do mundo de acordo com CTBUH Height Criteria 2000.	40
Tabela 4 - Classificação de maior arranha-céu do mundo de acordo com CTBUH Height Criteria 2024	45
Tabela 5 - Tabela de maiores arranha-céus da UE, 2013.	92

Lista de Abreviaturas

11/09 (11 de setembro de 2001, dia do ataque terrorista às torres gêmeas nos Estados Unidos da América)

a.C (Antes de Cristo)

B1M (Building One Magazine) - Uma revista e plataforma online especializada em conteúdo relacionado à indústria da construção e arquitetura

BED (Betão de elevado desempenho)

BREXIT (British Exit - saída do Reino Unido da União Europeia)

CCTV (Closed-Circuit Television) – Televisão chinesa

CO2 (Dióxido de Carbono)

CTBUH (Conselho de Edifícios Altos e Habitat Urbano)

EUA (Estados Unidos da América)

GLA (Greater London Authority)

GPS (Global Positioning System - Sistema de Posicionamento Global)

KPF (Kohn Pedersen Fox) - Escritório de arquitetura

LED (Diodo Emissor de Luz)

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

MEP (Mecânica, Elétrica e Hidráulica - Mechanical, Electrical, and Plumbing)

O2 (Oxigênio)

PwC (PricewaterhouseCoopers)

RPBW (Renzo Piano Building Workshop)

RWDI (Rowan Williams Davies & Irwin Inc.)

SOM (Skidmore, Owings & Merrill)

TfL (Transport for London)

TMD (Dispositivo de Amortecimento de Massa Sintonizada)

UE (União Europeia)

VLN (Teor Muito Baixo de Nitrogênio)

Introdução

Esta dissertação tem como propósito investigar as características arquitetônicas, sociais, econômicas e culturais dos arranha-céus, enfatizando suas vantagens e desvantagens, assim como suas contribuições para o contexto urbano, e histórico, das cidades. A pesquisa se propõe a traçar a trajetória dos arranha-céus, analisar as inovações tecnológicas que influenciam seu desenho arquitetônico e avaliar o impacto dessas estruturas nas comunidades onde estão inseridas.

A decisão de abordar este tema foi profundamente influenciada pela cadeira de Projeto IV, que desafiava os alunos a conceber um arranha-céu no Porto, Portugal. Este desafio despertou o interesse em questionar as percepções tradicionais sobre arranha-céus, muitas vezes vistos como “construções genéricas”. Essa curiosidade levou a uma investigação mais minuciosa para entender se essa classificação é realmente correta ou se existem conceitos mais complexos por trás dessas teorias.

Dentro deste contexto, o trabalho concentra-se na evolução dos arranha-céus, utilizando o Shard em Londres como estudo de caso. Historicamente, a construção de torres tem sido vinculada ao poder e à inovação. Atualmente, no ambiente urbano, os arranha-céus vão além de sua função utilitária, transformando-se em símbolos de progresso e desenvolvimento tecnológico. A edificação vertical do Shard responde à crescente densidade populacional e à limitação de espaço, sinalizando uma nova fase na arquitetura contemporânea, onde a inovação e a sustentabilidade são tópicos relevantes.

Embora o Shard exemplifique inovações tecnológicas na construção em altura e tenha um impacto visual significativo no horizonte de Londres, também existem críticas em relação a ele e a outros arranha-céus. Tais críticas frequentemente se referem a questões como a gentrificação, a desconexão com a comunidade local e os efeitos sobre a identidade urbana. A pesquisa abordará o conceito de arranha-céu, suas classificações e a evolução histórica das construções em altura, discutindo como o Shard ilustra tanto os avanços tecnológicos quanto os desafios enfrentados por edificações emblemáticas nas cidades contemporâneas. Ao analisar o impacto do Shard em Londres, procuraremos compreender como esses edifícios podem influenciar a vida urbana e moldar o futuro das cidades, levando em consideração tanto suas contribuições quanto as críticas que suscitam.

Para alcançar os objetivos desta dissertação, foi realizada uma pesquisa abrangente sobre arranha-céus, planeamento urbano e arquitetura desde o século VIII até os dias atuais. A investigação incluiu a análise de livros, artigos académicos e relatórios técnicos, proporcionando uma compreensão sólida da evolução, tecnologias e inovações dos arranha-céus. Adicionalmente, em 2024, foi realizado uma visita a Londres e a algumas cidades na Itália para entender melhor a presença de torres/arranha-céu e sua inserção no contexto urbano. Essa experiência prática enriqueceu a análise, complementando a pesquisa teórica realizada sobre o caso de estudo.

A estrutura da dissertação se divide em três capítulos. O primeiro explora a evolução dos arranha-céus ao longo da história, desde suas origens até as tendências contemporâneas, destacando os principais marcos e influências que moldaram sua concepção e desenvolvimento. O segundo foca nas construções atuais e nas inovações tecnológicas que caracterizam o conceito dos arranha-céus contemporâneos, apresentando estudos de projetos emblemáticos. O terceiro capítulo apresenta um estudo de caso detalhado sobre o arranha-céu Shard, analisando aspetos arquitetónicos, sociais e económicos desde sua concepção até seu impacto urbano em Londres. Por fim, uma análise crítica sobre a maneira como as inovações e tendências estudadas se manifestam no projeto do Shard, bem como em seu impacto em Londres.

A conclusão reflete sobre o impacto dos arranha-céus nas cidades, avaliando os principais aspectos dessa abordagem urbana. A continuidade dessas estruturas dependerá da capacidade de integrar inovações que melhorem sua eficiência e segurança, mantendo sua relevância e respondendo aos desafios contemporâneos da arquitetura e da engenharia.

Nota prévia

Nesta dissertação, serão apresentadas algumas citações diretas e tópicos em língua inglesa para uma melhor compreensão de determinados conceitos e argumentos. As traduções correspondentes serão incluídas em notas de rodapé.

Capítulo I - A Evolução dos arranha-céus: arquitetura, construção e cidade.

1.1. O conceito de “torre” e suas classificações

A arquitetura do passado serve como um testemunho das notáveis realizações das civilizações que moldaram a história da humanidade. Desde as imponentes pirâmides do Egito, construídas com um alinhamento preciso e técnicas sofisticadas, até os majestosos templos da Grécia, conhecidos por suas colunas graciosas e equilíbrio estético, a arquitetura antiga revela uma profunda conexão entre os edifícios e as crenças, tradições e práticas culturais de cada época.

Essas estruturas não apenas atendiam a necessidades práticas, mas também eram expressões das hierarquias sociais e dos simbolismos religiosos das sociedades. A grandiosidade das construções e a atenção meticulosa aos detalhes refletiam o poder e a opulência de seus governantes, enquanto templos e edifícios religiosos incorporavam as crenças espirituais e os rituais da população.

Conforme publicado pela Revista de negócios Norte Americana *Tycoon Success* na *Medium*, num artigo datado de 2 de março 2024, intitulado *Bridging the Past and Present: Exploring Ancient Architecture and Modern Architecture*, descrevem:

Ancient architecture is closely interlinked with the cultural identity of civilizations. The structures were not only efficient but also served as symbols of power, spirituality, and social hierarchy. The pyramids of Egypt, for example, were monumental tombs representing the divine status of pharaohs. The Parthenon in Athens was a temple dedicated to the goddess Athena, embodying the glory of ancient Greece. (Success, 2024)

Tradução do autor referente ao artigo mencionado por Success (2024)

[Fazendo a ponte entre o passado e o presente: explorando a arquitetura antiga e a arquitetura moderna]

Tradução do autor da citação direta de Success (2024)

[A arquitetura antiga está intimamente interligada com a identidade cultural das civilizações. As estruturas não eram apenas eficientes, mas também serviam como símbolos de poder, espiritualidade e hierarquia social. As pirâmides do Egito, por exemplo, eram tumbas monumentais representando o status divino dos faraós. O Partenon em Atenas era um templo dedicado à deusa Atena, incorporando a glória da Grécia antiga].

Com o passar dos séculos, o conhecimento foi aprimorado, novos materiais foram descobertos e a maneira como os seres humanos se organizavam também evoluiu. As comunidades começaram a viver em grupos maiores, normalmente em áreas próximas a rios ou em locais com vantagens estratégicas. Para garantir a segurança desses agrupamentos, foram desenvolvidas formas adicionais de proteção, além das tradicionais muralhas.

Nesse cenário, a torre tornou-se um elemento fundamental. Construída para proporcionar uma visão ampla do território circundante, a torre representava um marco na paisagem, permitindo a vigilância sobre a região. A origem da palavra “torre” remonta ao latim “turris” e, segundo o dicionário português, refere-se a uma construção alta, geralmente feita de pedra ou tijolo, podendo ter formatos variados, como redonda ou quadrada. No imaginário coletivo, a torre é frequentemente associada a estruturas altas e impressionantes.

A ideia de que torres são sempre vistas como imponentes em altura é subjetiva, pois a percepção do que é alto varia entre as pessoas. Esse conceito é relativo e depende do ponto de vista de quem o analisa.

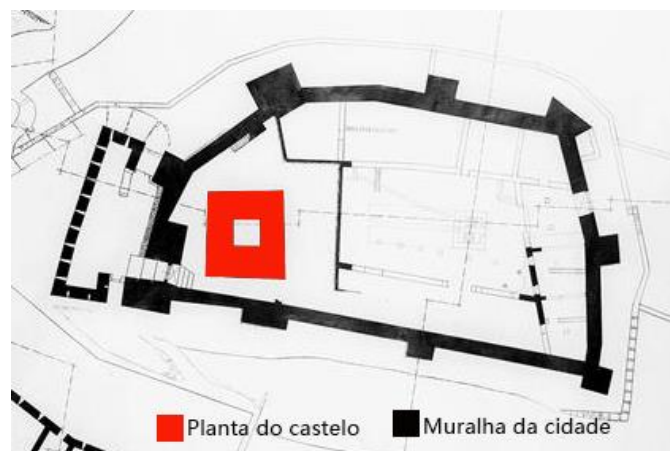
Para entender melhor as funções e a evolução dos edifícios altos, como as torres, é essencial analisar diferentes tipologias ao longo da história. Isso nos mostra como a construção em altura, embora presente há muitos anos, teve suas finalidades transformadas ao longo do tempo, adaptando-se às necessidades sociais e tecnológicas de cada período.

1.2 Introdução á temática das Torres

i. Torres de Menagem

As torres de menagem são estruturas defensivas centrais dos castelos medievais. Geralmente com planta quadrangular ou poligonal (Figura 1), elas serviam como último refúgio durante ataques. Projetadas para resistir a cercos e invasões, essas torres possuíam paredes espessas e poucas aberturas, dificultando a entrada de inimigos. Além de sua função de defesa, eram também residências dos senhores e suas famílias, simbolizando poder e status.

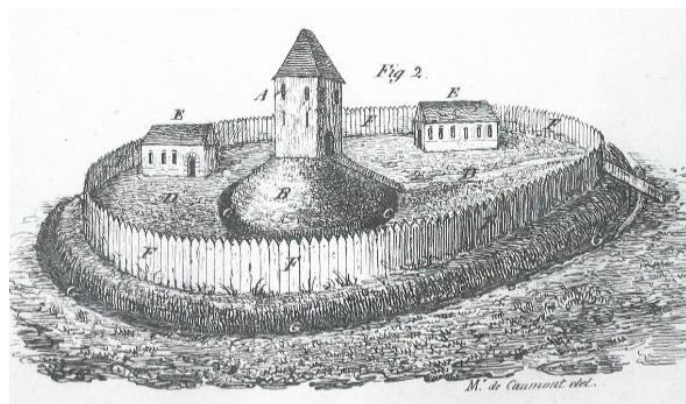
Figura 1 - Planta do castelo de Pombal



Fonte: Câmara Municipal de Pombal. (s.d.)

Essas construções podem ter se originado em um tipo de fortificação anterior conhecido como “mota” (Figura 2), estruturas defensivas primitivas que surgiram no Norte da França e em regiões vizinhas, datadas do século VIII.

Figura 2 - Exemplo de uma estrutura ‘mota’



Fonte: Mairie de Blangy-le-Château. (s.d.)

Exemplos de torres que evoluíram a partir das “motas” incluem o ‘*donjon*’ francês (Figura 3), o ‘*keep*’ inglês (Figura 4) e o ‘*Wohnturm*’ alemão (Figura 5).

Figura 3 - Château de Falaise - ‘Donjon’ francês



Fonte: Silver Hawk Author. (s.d.).

Figura 4 - Castelo de Cardiff, ‘Keep’ inglês



Fonte: Cardiff Castle. (s.d)

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Figura 5 - Castelo de Madeira, 'Wohnturm' alemão



Fonte: On Castles. (s.d.).

Em Portugal, podemos encontrar exemplos dessa arquitetura nas torres de Beja (Figura 6) e Bragança (Figura 7), que evidenciam o papel fundamental dessas construções na defesa durante a Idade Média.

Figura 6 - Torre de Beja, Portugal



Fonte: Câmara Municipal de Beja. (s.d.)

Figura 7 - Torre de Bragança, Portugal



Fonte: Rota Terra Fria. (s.d.)

ii. Torres Sineiras

As torres sineiras, frequentemente associadas a igrejas e edifícios cívicos, são estruturas elevadas projetadas para abrigar sinos. Esses sinos têm a importante função de anunciar eventos significativos, como os horários de missa, celebrações e atividades cívicas. Embora possam estar integradas à edificação principal, as torres sineiras frequentemente se destacam como elementos independentes na paisagem urbana, com um desenho arquitetónico que varia de acordo com o estilo local, conferindo um charme particular à cidade. Um exemplo notável de torre sineira na arquitetura civil é a Torre de Mangia, localizada no *Palazzo Comunale*, em Siena, Itália. (Figura 8)

Figura 8 - Torre de Mangia, Siena



Fonte: Fotografia do autor. (2024)

iii. Torres Campanárias

As campanárias são torres que também abrigam sinos, mas estão mais intimamente ligados às igrejas. Podem ser adossados à estrutura da igreja ou existir de forma independente, como a famosa Torre de Pisa (Figura 9). Com uma estética elaborada, as campanárias frequentemente apresentam arcos, colunas e telhados em forma de pirâmide ou cúpula. Além de convocar os fiéis para a oração, elas também costumam se tornar marcos visuais em cidades e vilas, contribuindo para a identidade arquitetônica do local.

Figura 9 - Torre de Pisa, Itália



Fonte: Fotografia do autor. (2024)

iv. Minaretes

Os minaretes são torres religiosas típicas das mesquitas no mundo árabe e islâmico, desempenhando um papel fundamental na chamada para a oração cinco vezes ao dia. Comumente associados à arquitetura islâmica, os minaretes variam em forma e altura, podendo ser esguios e altos ou mais robustos e baixos. Muitas vezes decorados com azulejos e inscrições, esses minaretes refletem a rica tradição artística da cultura islâmica, tornando-se símbolos de fé e identidade nas comunidades onde estão inseridos.

O termo “minarete” vem do árabe “manār”, que significa “farol”. Assim como os campanários, que simbolizam a paz, os minaretes guiam os fiéis em busca de abrigo e tranquilidade. Um exemplo notável é o minarete da Mesquita de Hassan II,

em Casablanca, Marrocos (Figura 10), que se eleva a 200 metros e é visível tanto de dia quanto de noite.

Figura 10 - Mesquita de Hassan II, Casablanca, Marrocos



Fonte: Atalayar. (2024)

v. Torres de vigilâncias e habitacionais

Entretanto, durante a Idade Média na Itália, surgiram torres associadas à burguesia, que se diferenciavam das torres das muralhas e castelos, destinadas apenas à defesa e vigilância. As torres burguesas, mais esbeltas e decorativas, refletiam o poder dos habitantes do burgo medieval. Um exemplo marcante é a Torre Asinelli, em Bolonha, com 97 metros de altura, considerada um dos símbolos da cidade (Figura 11).

Figura 11 - Torre Asinelli, Bolonha



Fonte: ArchDaily Brasil. (2024)

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Outro caso é San Gimignano (Figura 12), cujas torres, que variam entre 50 e 70 metros, definem a linha do horizonte da cidade. Além de serem marcos visuais, essas torres representavam mais do que poder, elas eram testemunhas da rica história e cultura local.

Figura 12 - Torres de São Geminiano, Itália



Fonte: Fotografia do Autor. (2024))

San Gimignano foi um ponto crucial nas peregrinações rumo a Roma pela Via Francigena¹. Reconhecendo a importância da cidade, os patrícios² construíram cerca de 70 torres-casa para hospedar os peregrinos. Esses edifícios não apenas afirmavam o poder de suas famílias, mas também geravam renda. Hoje, apenas algumas dessas torres permanecem, testemunhando a rica história e a importância da cidade na Idade Média.

1 A Via Francigena: Foi um caminho de grande relevância na Idade Média, ligando os territórios dos Francos a Roma. Essa rota atravessa a Inglaterra, França, Suíça e Itália. A primeira menção a essa trilha remonta ao século X, quando o bispo Sigerico, arcebispo de Cantuária, viajou a Roma em 990 d.C. para receber o pálio.

2 Patrícios: Os patrícios eram as famílias que possuíam terras na Roma antiga e detinham o poder político e econômico nas cidades.

1.3 O conceito da palavra ‘Arranha-céu’

Ao explorar a trajetória da arquitetura, observa-se como certos elementos estruturais se destacaram ao longo dos séculos, desempenhando papéis significativos em suas respectivas sociedades. Antes do surgimento de novas denominações para edifícios altos, determinadas construções dominavam a linha do horizonte urbana, especialmente em cidades conhecidas por suas estruturas que simbolizavam tanto a defesa quanto o prestígio de famílias influentes. Essas construções serviam como marcos visuais, facilitando a vigilância do território e refletindo a hierarquia social da época.

Com o tempo, a inovação nos materiais e nas técnicas de construção possibilitou a criação de edifícios ainda mais altos e complexos. Um marco importante na terminologia aconteceu em 25 de fevereiro de 1883, quando o jornal *The Chicago Daily* publicou um artigo intitulado “*The High-building Craze*”, mencionando pela primeira vez o termo que se tornaria comum para descrever essas novas edificações.

A palavra arranha-céu é composta por duas palavras compostas, ARRANHA e CÉU, os significados das palavras de acordo com DICIO, Dicionário Online de Português, são:

Arranha: [substantivo deverbal]: Uma ação de arranhar, de ferir a pele;

Céu: [Substantivo masculino]: Uma parte do espaço que, vista pelo homem, limita o horizonte.

A união das duas palavras torna-se a definição de um **“Edifício que possui muitos andares e que se destaca por ser muito alto”**.

Sobretudo, para poder entender o verdadeiro significado da palavra arranha-céu, temos que a definir desde a língua inglesa, ‘*Skyscraper*’. De acordo com o site skysaver, a definição de arranha-céu, assim como da língua portuguesa, contempla duas palavras, ‘sky’ = céu e ‘scraper’, que tem origem do norueguês antigo, ‘*skrapa*’, que significa a palavra **apagar**. Portanto a definição de um arranha-céu é essencialmente **“apaga o céu, destacando-o e bloqueando-o”**.

Definição da Palavra ‘Skyscraper’: Skysaver. (s.d.). *History of the word “skyscraper”*. Skysaver. <https://skysaver.com/blog/history-word-skyscraper-skysaver-rescue-backpacks/>

1.4 Classificação de arranha-céu

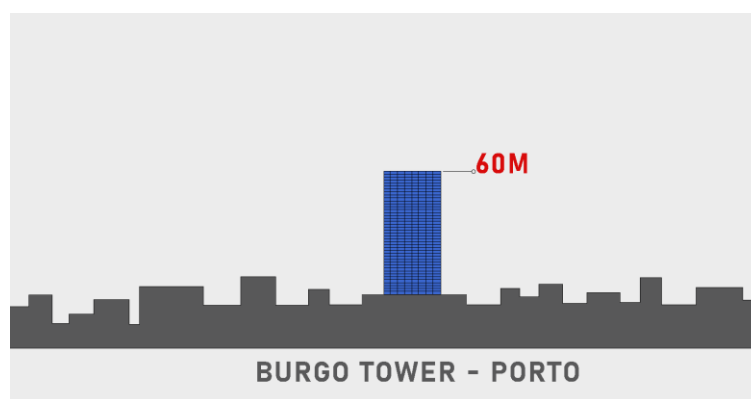
Após o surgimento de grandes projetos em altura, para fins de estabelecer algum tipo de categoria em construções de grande escala, foi criado em 1969, nos Estados Unidos da América, o CTBUH (*Council on Tall Buildings and Urban Habitat*), uma organização sem fins lucrativos, que tem como objetivo informar e criar novos conceitos referentes a arranha-céus.

i. *Tall Building* | Edifícios altos

A definição do CTBUH sobre edifícios altos é imprecisa quanto à sua altimetria, pois para uma cidade onde os edifícios locais são de um ou dois pisos, um de 18 andares (Figura 13), é considerado acima da média e por isso pode ser considerado “Edifício alto”, mas se comparado a uma cidade onde a média dos edifícios são de 30 pisos, este “Edifício alto”, passa a ser pequeno (Figura 14).

O canal de vídeo para construção mais assinado do mundo, o *B1M*, exemplificou com ilustrações, como funciona as categorias de edifícios. Tendo essas ilustrações como base, considerou-se o exemplo do Edifício Burgo, no Porto, da autoria do arquiteto Eduardo Souto Moura, para demonstrar o papel da envolvente e contexto na percepção dos edifícios relativamente à sua altura.

Figura 13 - Edifício do Burgo - Contexto de edifícios com 1 ou 2 pisos



Fonte: *The B1M*. (2018). Adaptado pelo autor

Figura 14 - Edifício Burgo no contexto de “Nova Iorque”.



Fonte: The BIM. (2018). Adaptado pelo autor.

ii. *Skyscraper* | Arranha-céu

O CTBUH ainda especifica que os arranha-céus devem atender a critérios específicos para se qualificar. Eles devem ser estruturalmente autossustentáveis, sem a necessidade de cabos de tensão ou suportes, e ter uma área útil habitável que ocupe pelo menos 50% da altura total da estrutura. A figura 15 apresenta um exemplo de comparação entre uma torre de comunicação e um arranha-céu, mostrando que a altura não é simplesmente o principal fator para ser chamado de arranha-céu.

Figura 15 - CN Tower e Petronas Towers

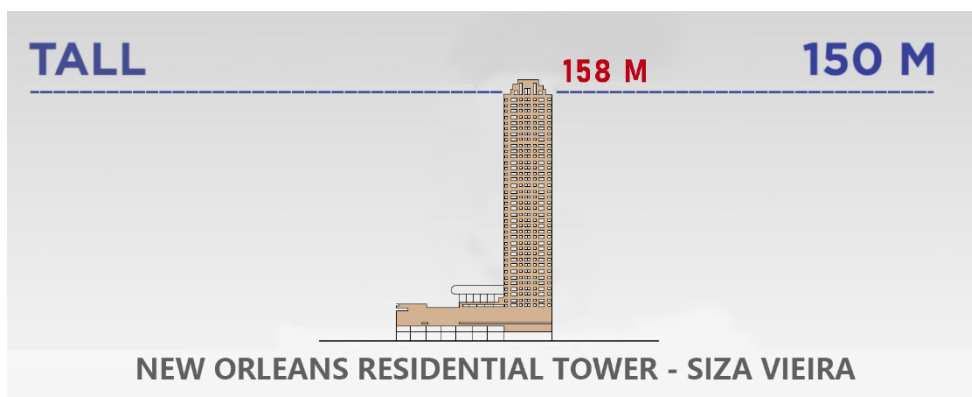


Fonte: The BIM. (2018).

Conforme mostrado, todas as torres de comunicação não podem ser consideradas arranha-céus, mesmo que tenham uma altura considerável, pois o termo arranha-céu é definido por seu espaço habitável. Além disso, os arranha-céus devem se elevar a uma altura mínima de 150 metros. (Figura 16)

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Figura 16 - A altura mínima de um arranha-céu.



Fonte: Elaborado pelo autor.

iii. *Supertall e Megatall* | Super alto e Mega alto

Para diferenciar os arranha-céus notáveis dos demais, o CTBUH introduziu duas categorias adicionais: Super alto ou ‘*supertall*’ e Mega alto ou “*Megatall*”, no ano de 2000 e 2010, respetivamente”.

Os edifícios Super altos têm mais de 300 metros de altura (Figura 17) e se tornaram mais comuns desde a virada do século XXI.

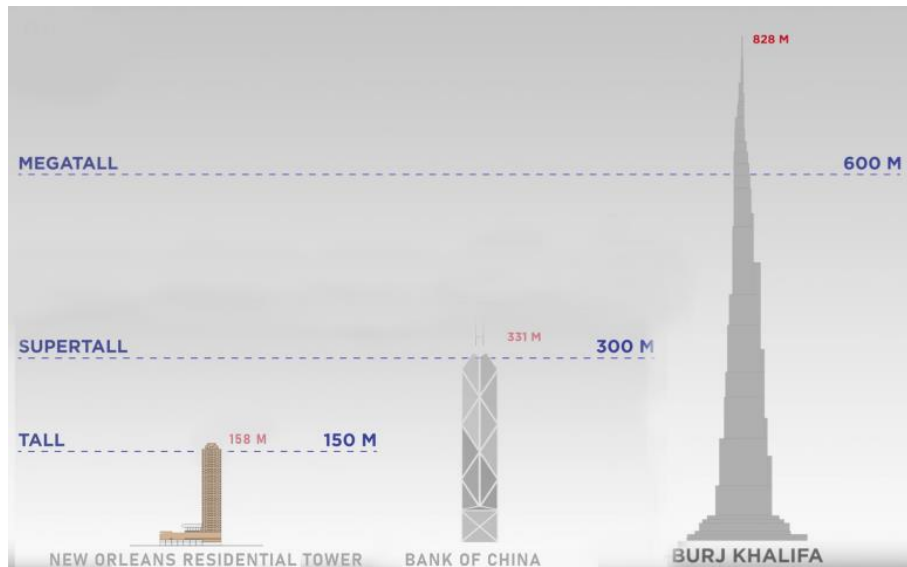
Figura 17 - Edifício Super alto



Fonte: *The BIM* (2018). Adaptado pelo autor.

Já a estrutura Mega alta atinge os 600 metros de altura (Figura 18), são excepcionalmente raras, com apenas quatro torres atualmente classificadas nessa categoria: a **Abraj al Bait Tower** na Arábia Saudita (Figura 61), a **Merdeka 118** na Malásia (Figura 66), a **Torre de Xangai** na China (Figura 58) e o **Burj Khalifa** nos Emirados Árabes Unidos (Figura 46).

Figura 18 - Edifício Mega alto



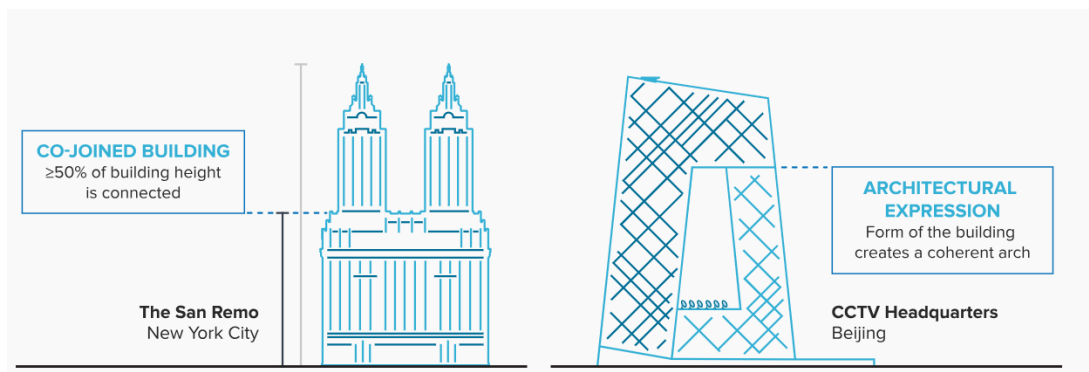
Fonte: The BIM. (2018). Adaptado pelo autor.

Conforme mostrado na imagem, o arranha-céu mais alto do mundo, o Burj Khalifa, é quase seis vezes mais alto do que um edifício considerado um “edifício alto de 150 m” e ultrapassa o dobro da altura de uma categoria de edifício Super alto.

iv. *Co - Joined Building* | Edifícios conectados

Para ser considerado um edifício único ou edifício conectado (em oposição a edifícios separados em um complexo), o CTBUH apresenta as respectivas definições. Assim, para ser considerado conectado, 50% ou mais do edifício deve representar um volume compacto. Já para ser identificado como único, mesmo tendo duas bases estruturarias, os edifícios devem criar um arco coerente, e arquitetonicamente são vistos como um só elemento. (Figura 19)

Figura 19 - Exemplos de edifícios Unidos



Fonte: Council on Tall Buildings and Urban Habitat. (s.d.)

1.5 Evolução e análise histórica da construção em altura (séc. XIX a XXI)

i. Século XIX

Os primeiros exemplos de torres na era contemporânea surgiram como edifícios de escritórios e residenciais, especialmente em Nova Iorque e Chicago, no final do século XIX e início do século XX. Até então, a maioria das construções urbanas era composta por prédios baixos, devido às limitações dos métodos construtivos. No entanto, com a especulação económica resultante da guerra civil americana e a crescente ocupação dos terrenos urbanos, tornou-se inviável manter os tradicionais blocos habitacionais.

À medida que os estilos clássicos entravam em declínio, novas formas de edifícios surgiam em sua substituição. Seguramente, a mais espetacular entre elas foi o arranha-céu. Este foi o produto mais visível das novas tecnologias dos finais do século XIX, pois não teria sido possível sem o aço estrutural e sem eletricidade. [...] Os arranha-céus estão efetivamente ligados à tecnologia e ao negócio, que se tornaram a demonstração do significado do progresso e símbolo principal do capitalismo. (Relph, 1987, p. 38)

De acordo com Roth (1918), o crescimento das cidades nos Estados Unidos ocorreu em quatro períodos distintos, cada um respondendo ao desenvolvimento comercial e industrial de uma nova região geográfica.

Durante muito tempo, o maior desafio dos edifícios altos era encontrar uma maneira rápida, segura e menos exaustiva de alcançar os andares superiores, sem depender exclusivamente das escadas. A solução veio com a invenção do elevador, porém os primeiros modelos enfrentavam uma desvantagem crucial que era o risco de rutura das cordas, que poderia resultar em quedas perigosas.

A resposta a esse problema veio de um jovem mecânico de Vermont, Sr. Elisha G. Otis. Em 1854, ele apresentou na Feira Mundial de Nova Iorque, figura 20, uma invenção engenhosa, que era um dispositivo capaz de interromper instantaneamente a queda de um elevador. A solução era uma simples mola de carruagem montada no topo do elevador, conectada as pontas de metais nos trilhos-guia, mostrando-se eficaz ao travar o elevador no lugar quando a corda se rompia.

Figura 20 - Demonstração da utilização do elevador (1870).



Fonte: Otis. (s.d.)

Com esse obstáculo superado, foi possível a construção do primeiro edifício de 5 pisos com elevadores, criado pelo senhor Otis, em 1870, na cidade de Nova Iorque, o Edifício E.V. Haughwout. (Figura 21). Esse marco histórico, com seus 24 metros de altura e 5 andares, não só inaugurou uma nova era na construção de edifício alto, mas também criou a cogitação de elevar a altura dos edifícios.

Figura 21 - Edifício E.V. Haughwout (1857)



Fonte: Otis. (s.d.)

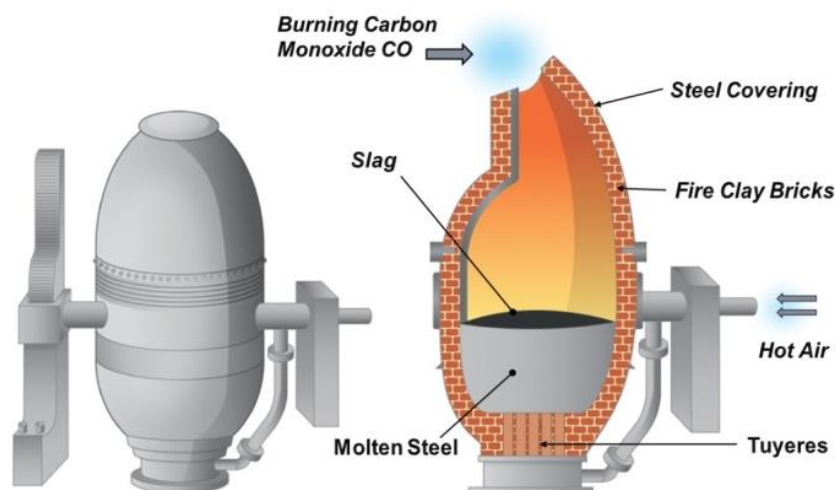
Inicialmente, os primeiros edifícios altos se apoiavam em paredes espesas de alvenaria no nível do solo.

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Entretanto, os arquitetos e engenheiros logo começaram a usar estruturas de ferro fundido³ e ferro forjado⁴ permitindo que menos paredes fossem necessárias para suportar o peso dos andares superiores. Isso não apenas aumentou a eficiência estrutural, mas também ampliou o espaço em todos os pisos, proporcionando mais liberdade para a disposição de ambientes e mobiliários.

Para que os edifícios fossem construídos com menor complexidade e com materiais leves, o processo Bessemer (Figura 22), que consiste na fabricação de aço utilizado para construir grandes estruturas metálicas, desenvolvido pelo engenheiro metalurgista e inventor britânico Henry Bessemer, em 1856, foi um fator tecnológico importante para o período. Foi aperfeiçoado nos Estados Unidos da América, na década de 1860, e marcou um avanço significativo na construção de arranha-céus.

Figura 22 - Ilustração do processo de bessemer (1856).



Nota: *Burning Carbon Monoxide (CO)* = Queima de monóxido de carbono, *Slag* = Escória, *Steel Covering* = Camada de aço, *Fire Clay Bricks* = Tijolos refratários de argila, *Hot air* = Ar quente, *Tuyeres* = Ventaneiras (ou bocais de ar), *Molten Steel* = Aço fundido.

Fonte: Facts.net.(2024)

Como ilustrado na figura 22, o processo Bessemer, é responsável pela conversão de ferro-gusa de um alto-forno em aço.

3 - Ferro fundido: Um tipo de ferro com elevada dureza que não se dobra facilmente e é moldado ao ser despejado em um molde quando fundido.

4 - Ferro forjado: Um tipo de ferro que pode ser moldado.

O ferro-gusa derretido é colocado em um forno revestido de refratários (o conversor de Bessemer) a uma temperatura de 1.250 °C. O ar é soprado pela parte inferior do forno, onde o ferro especular é adicionado para introduzir a quantidade correta de carbono. As impurezas, como silício, fósforo e manganês, são removidas pelo revestimento do conversor, formando a escória.

Por fim, o forno é inclinado para permitir que o aço fundido seja drenado. Atualmente, existe uma versão mais moderna desse processo, conhecida como VLN (*Very Low Nitrogen*). Nesse processo, oxigênio e vapor são soprados no forno em vez de ar para minimizar a absorção de nitrogênio do ar pelo aço.

Tendo em consideração que o aço é mais forte e mais leve que o ferro, a adoção de uma estrutura metálica facilitou o desenvolvimento de edifícios consideravelmente altos. O uso pioneiro da construção com vigas de aço no edifício *Home Insurance Company (1884-1885)* construído pelo arquiteto e engenheiro William Le Baron Jenney, de 42,1m de altura, em Chicago, demonstra o avanço tecnológico significativo. (Figura 23).

Figura 23 - *Home Insurance Company Building (1885)*



Fonte: Sharma, V. (2019)

Como ilustra a figura 23, o primeiro arranha-céu construído no mundo, foi, sem dúvida, muito inovador na construção dessa arquitetura, pois era sua responsabilidade manter a segurança e o crescimento da cidade, sendo um fator crucial para poder aplicar uma nova tecnologia que nunca foi utilizada anteriormente. Durante e após a construção da estrutura de aço, e mesmo acrescentando mais dois

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

andares seis anos após sua conclusão, a estrutura provou ser eficaz. Esse edifício também serviu para demonstrar que a nova tecnologia funcionava, permitindo que futuros engenheiros e arquitetos construíssem cada vez mais em altura, tendo em conta as pequenas parcelas dos terrenos.

O arquiteto William Le Baron Jenney (Figura 24), pioneiro do projeto de arranha-céu, destacou-se não apenas como arquiteto, mas também como engenheiro, inovador em tecnologia de construção e planejador urbano. Ele antecipou os interiores abertos e fluidos adotados mais tarde por Frank Lloyd Wright e pelo movimento Bauhaus. Jenney é considerado um dos fundadores da *Chicago School of Skyscraper Architecture*⁵, sendo seu trabalho mais conhecido o Home Insurance Building de 10 andares em Chicago (1884-85).

Figura 24 - Arquiteto William Le Baron Jenney



Fonte: The Chicago Architecture Center. (s.d.)

Entre seus outros arranha-céus de Chicago, destacam-se o First Leiter Building (Figura 25) e o Second Leiter Building (Figura 26).

Mesmo com suas contribuições para a tecnologia de arranha-céus, Jenney enfrentou os desafios da proteção contra incêndio em edifícios altos introduzindo pisos e divisórias de ferro e terracota⁶, como se pode ver no edifício Second Leiter Building. O arquiteto também contribuiu para a arte e a cultura urbana americana ao projetar vários parques na cidade de Chicago, uma atitude semelhante ao trabalho do Barão Haussmann em Paris.

5 - Escola de Chicago de arquitetura de arranha-céus: No final do século XIX, Daniel Burnham, William Le Baron Jenney, John Root e a empresa de Dankmar Adler e Louis Sullivan foram figuras importantes no desenvolvimento do arranha-céu, foco principal desta nova escola.

6 - Terracota: tipo de argila queimada usada em arquitetura e cerâmica, valorizada por seus tons naturais de terra e versatilidade.

Figura 25 - First Leiter Building (1879)



Fonte: Pogmacva. (s.d.)

Figura 26 - Second Leiter Building (1889-91)



Fonte: The Architecture Professor. (2021)

Como mostram as figuras 25 e 26, fica claro que o estilo arquitetônico do arquiteto demonstra a utilização dos elementos de aço na construção, com linhas retas e colunas visíveis na fachada para suporte estrutural. Além disso, as lojas no andar térreo são notavelmente maiores, atendendo a atividades comerciais, sendo comum nos edifícios da época.

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Após a construção dos primeiros arranha-céus, Nova Iorque começou a enfrentar uma crescente demanda por materiais para novos projetos. Esta alta demanda muitas vezes levava a desafios estruturais devido às limitações dos materiais disponíveis. Durante esse período, as técnicas de construção ainda dependiam fortemente de métodos tradicionais, como o uso de alvenaria, uma prática comum antes da introdução do aço na construção de edifícios. Um exemplo notável dessas limitações estruturais é o caso do Edifício Monadnock, (Figura 27), em Chicago, cuja fundação cedeu em 1893. Esse incidente ilustra como o uso de materiais pesados, sem o suporte de inovações como o aço, podia resultar em sérios problemas estruturais.

Figura 27 - Edifício Monadnock (1893)



Fonte: Vieira, J. J. R. (2006)

O edifício Monadnock, concluído entre 1889 e 1891 em Chicago, representou para a arquitetura comercial do final do século XIX, um grande avanço tecnológico, devido a sua altura e materialidade. O projeto foi financiado por investidores de Boston, tendo como influência a arquitetura refletida da Escola de Chicago, sua arquitetura tinha a predominância de alvenaria portante e ausência de ordenação.

Embora o projeto não tivesse o objetivo de ser um marco arquitetônico, a sua composição física e estética eram notavelmente um momento da evolução dos arranha-céus na cidade de Boston.

Seu destaque também deveu a sua materialidade e por ter sido construído em um solo pantanoso, no qual isso representou uma conquista significativa para arquitetura e engenharia da época.

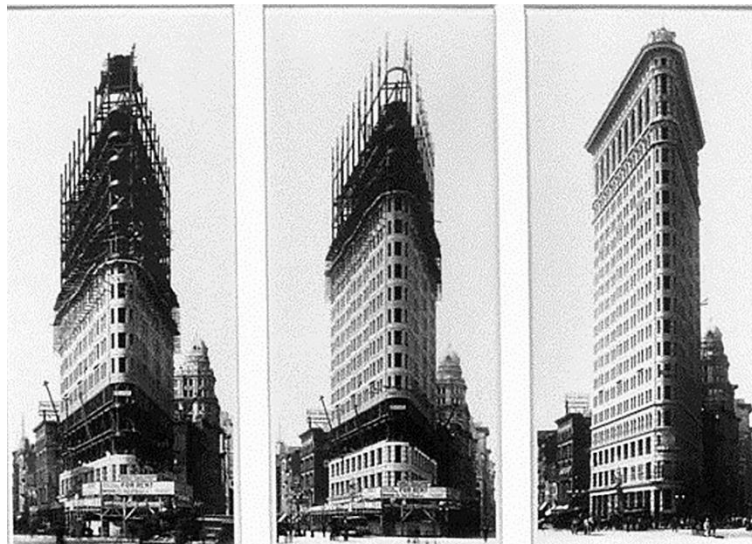
A solução que os especialistas de estruturas estudaram e implementaram no edifício Monadnock, foi construir sobre placas de betão armado, o mesmo sistema utilizado para carris de caminho-de-ferro. Mesmo com essa placa, o edifício afundou aproximadamente 60 centímetros, deixando assim um degrau abaixo do nível da rua.

Além do afundamento, um edifício maciço poderia simplesmente colapsar com o seu próprio peso, e por estes motivos foram construídas paredes de uma espessura de aproximadamente 1,83m em sua base e 0,45m no seu topo, aos seus 66m de altura.

ii. Século XX

Com a mudança de século, o arquiteto Daniel Burnham revolucionou o desenho arquitetónico dos arranha-céus ao utilizar estruturas de aço, mais leves e duráveis, num dos edificios mais conhecido do século XX dos Estados Unidos, o Edifício Flatiron em Nova Iorque. (Figura 28).

Figura 28 - Edifício Flatiron (1902)



Fonte: Double Stone Steel. (s.d.)

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

O edifício Flatiron é considerado um dos arranha-céus mais antigos da cidade de Nova Iorque, concluído em 1902, com seus 86,9m de altura, e seu destaque dá-se pela sua total estrutura metálica e pelo seu estilo arquitetónico influenciado pelo movimento Beaux-Arts⁷, como é ilustrado na figura 29. O arquiteto Daniel Burnham é conhecido pelos seus trabalhos em Chicago e pela sua parceria na Escola de Chicago.

Figura 29 - Fachadas em estilo renascentista (1902)



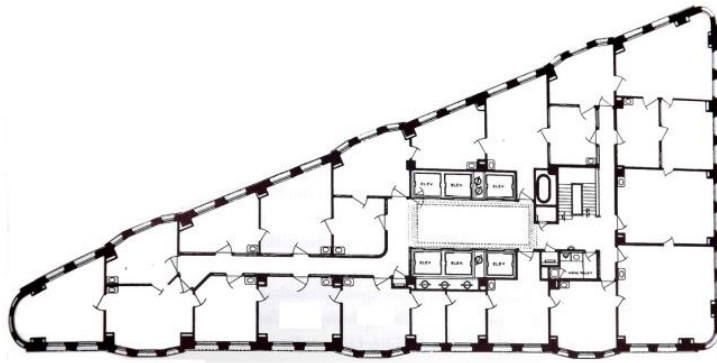
Fonte: Double Stone Steel. (s.d.)

Conforme mostrado na figura 29, esta vista frontal do edifício apresenta um estilo renascentista, com colunas gregas ordenadas integradas à estrutura da parede de cortina de aço.

7 - Movimento Beaux-Arts: Os edifícios Beaux Arts, com sua estética imponente, combinam elementos da arquitetura clássica, como colunas e simetria, com detalhes decorativos variados de estilos históricos. Originalmente um estilo francês, sua influência espalhou-se globalmente, especialmente nos Estados Unidos. Este estilo era frequentemente utilizado em edificações públicas e cívicas, como museus e bibliotecas, conferindo-lhes uma aura de importância e prestígio.

A localização do edifício, e sua forma triangular (Figura 30), no *Madison Square Park* em Manhattan, são características notáveis. Sua estrutura inteiramente de aço é dividida em três seções horizontais, evocando a elegância de uma coluna grega e a grandiosidade de um palazzo renascentista⁸.

Figura 30 - Planta do Edifício Fuller Flatiron (1902)



Fonte: Double Stone Steel. (s.d.)

Por ser um edifício de formato triangular, como é ilustrado na figura 30, os espaços dos escritórios eram extremamente estreitos dificultando a circulação interna. Os arrendatários descreviam como “covil de coelhos”, pois as suas divisões eram consideradas distintas e “estranhas”, bem como suas janelas com moldura de madeira e revestimentos de cobre. Não tinha ar condicionado, apenas um sistema central de aquecimento, e estava equipado com um sistema de segurança contra incêndio e uma única escada. Era considerado um edifício “peculiar”.

8 - Palazzo Renascentista: Refere-se ao estilo arquitetônico adotado em palácios no período da Renascença, um movimento cultural e artístico que ganhou força na Europa entre os séculos XIV e XVI, onde os interesses eram artes, ciências e aspetos humanos da cultura clássica greco-romana.

Depois que o mundo experimentou essa nova forma de construção com estrutura metálica, houve um aumento no preço dos terrenos, e o avanço tecnológico dos elevadores e os progressos nos materiais de construção impulsionaram um verdadeiro “boom” na construção de arranha-céus.

Um processo de construção onde são criados novos solos, que se encontram sobrepostos, dispostos em andares sobre a forma de um edifício. Esta configuração permite uma maior extração de lucro do solo, pois dessa forma é possível construir muito mais habitações ou salas comerciais em um espaço relativamente pequeno. (Casaril et al., 2011)

Com o avanço tecnológico, uma nova abordagem arquitetônica surgiu, levando alguns arquitetos a desafiar conceitos do passado e a explorar novas ideias. Ao mesmo tempo, novos arquitetos começaram a buscar formas inovadoras de projetar.

A importância de adaptar os materiais de acordo com as suas funções específicas e de definir formas e as ornamentações adequadas para cada material utilizado, resultou em um dos marcos arquitetônicos norte americanos como o Edifício Woolworth em 1913 (Figura 31), o Edifício Chrysler em 1930 (Figura 32), e o Empire State Building em 1931 (Figura 35), que mostraram a evolução constante das técnicas de construção em aço.

Figura 31 - Edifício Woolworth - Nova Iorque (1913)



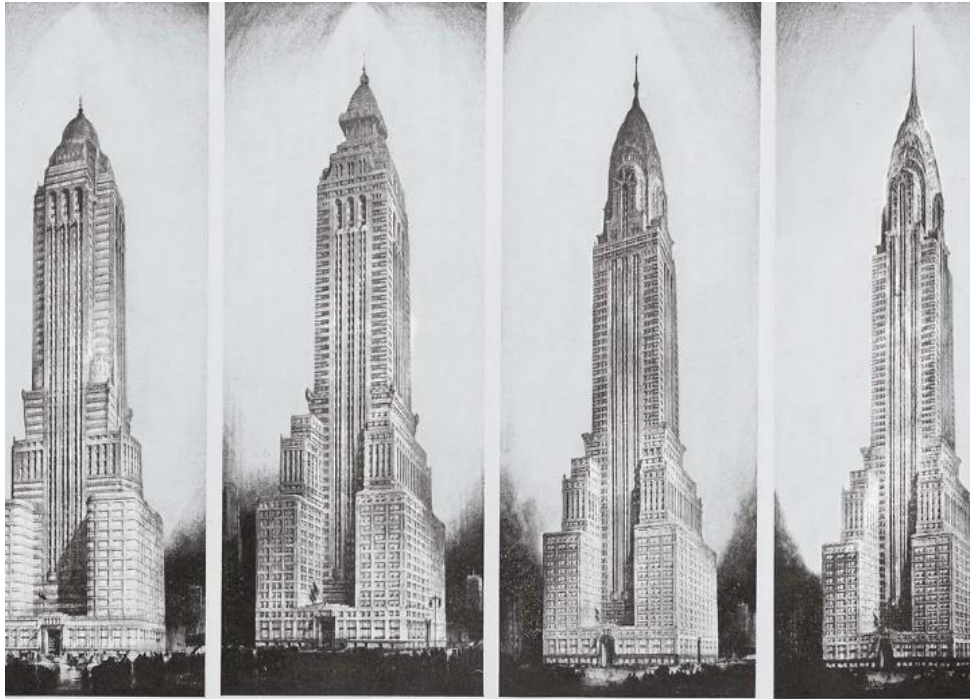
Fonte: ArchDaily. (2014)

O edifício Woolworth, alcança seus 241m de altura, com 57 andares, tornando-se o edifício mais alto do mundo até 1930.

Sua forma representa uma inovação significativa na arquitetura de edifícios altos. A forma do edifício é notável por sua abordagem distinta: sua base não é uniforme em todo o percurso até o topo. Em vez disso, a estrutura se eleva a uma altura de 241 metros, terminando com um remate pontiagudo que remete à estética das catedrais góticas. Essa característica não apenas confere ao edifício uma presença marcante, mas também estabelece uma conexão visual com estilos arquitetônicos históricos, destacando-o na paisagem urbana.

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Figura 32 - Edifício Chrysler e as suas formas (1930)



Fonte: Smithsonian Magazine. (2023)

Com seus 319 metros de altura, o Edifício Chrysler passou por 4 fases arquitetônicas durante o seu desenvolvimento do projeto, figura 32. Com o seu estilo Art Deco e com sua coroa estilo catedral, foi projetado pelo arquiteto William Van Alen, encomendado pelo empresário Walter P. Chrysler, fundador da *Chrysler Corporation* em 1930.

A novidade da sua arquitetura rompia com o estilo que todos os edifícios anteriores seguiam da escola de Chicago, e devido a sua fachada ornamentada com elementos automobilísticos, como ilustra a figura 33, refletia a originalidade deste edifício sede da *Chrysler Corporation*.

Figura 33 - Elementos decorativos automobilísticos no edifício Chrysler (1930)



Fonte: Webuild Value. (2021)

Os elementos alustrados na figura 33 são o ícone da marca Chrysler acrescentada em diferentes partes do edifício, tendo como objetivo ilustrar o poder da marca em um edifício.

Um fato curioso/intrigante foi que durante a sua construção, outro edifício estava a ser construído, o *Bank of Manhattan Trust Building* (Figura 34), e tinha o mesmo objetivo, ser o maior edifício do mundo, localizado na *Wall Street*, projetado pelo arquiteto Craig Severance.

O arquiteto William Van Alen termina seu projeto da sede da Chrysler, ocupando o lugar de maior edifício do mundo, porém foi superado pelo Edifício *Bank of Manhattan Trust Building*. Após alguns dias da conclusão, uma antena foi erguida no edifício Chrysler, que passou a ser considerado o maior edifício do mundo novamente.

Figura 34 - Edifício Bank of Manhattan Trust Building (1930)



Fonte: World of Archi. (s.d.)

Com a forma similar com o edifício Chrysler, este edifício demonstra um alçado sem muitas decorações e com uma grande antena em seu topo.

Já o edifício *Empire State Building*, figura 35, foi projetado pelos arquitetos William F. Lamb e Shreve, Lamb & Harmon Associates, é ainda hoje um dos ícones mais reconhecidos da cidade de Nova Iorque, e uma grande conquista na história da

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

arquitetura e engenharia. Mesmo tendo sido construído em plena crise económica na década de 1930, o projeto foi finalizado em apenas 13 meses, alcançando os seus 381 metros de altura, com sua arquitetura do estilo Art Deco, obtendo o título de maior edifício do mundo, anteriormente ocupado pelo edifício Chrysler.

Figura 35 - Fases construtivas do Empire State Building, Nova Iorque (1931)



Fonte: Rare Historical Photos. (2021)

Como ilustrado na figura 35, a parte superior (acima da linha da rua) da construção do edifício foi muito rápida devida a sua estrutura metálica pré-fabricada.

Por ter sido finalizado durante a grande depressão norte americana que se estendeu por toda a década de 1930, o edifício passou por grande dificuldade após sua inauguração, pois a sua rentabilidade era baixa e seu mantimento caro, chegando até ser nomeado “*The Empty State Building*”, ou Edifício do Estado vazio, figura 36. Demorou quase 20 anos para que o edifício se tornasse rentável.

Figura 36 - Escritório e corretora do Edifício respectivamente (1931 – 1938)



Fonte: Time (2020)

Devido à maior crise económica americana nas bolsas de valores, a disputa por maiores edifícios do mundo ficou estabilizada por alguns anos, tanto pela crise, assim como a chegada da segunda guerra mundial (1939-1945), mantendo por muitos anos o título de maior arranha-céu do mundo.

À medida que a tecnologia avançava, o aço começa a substituir as paredes como suporte estrutural, permitindo que os edifícios se tornassem cada vez mais altos. O uso de vidro para permitir a entrada de luz trouxe consigo o problema do superaquecimento interno. Quanto mais a vista fosse privilegiada através de uma fachada de vidro, menor era o conforto térmico.

Em 1947, as Nações Unidas decidiram construir sua sede com 39 andares, figura 37, solicitando uma fachada totalmente de vidro para poder ter a máxima iluminação interior. Entretanto, isso gerou um novo desafio, pois o vidro transformava o edifício em uma ‘estufa’, retendo o calor recebido pelo sol e mantendo-o em seus interiores.

Figura 37 – Sede das Nações Unidas, Nova Iorque (1947)



Fonte: Constelar. (s.d.)

A solução veio com o engenheiro norte americano Willis Carrier, que inventou um sistema de ar condicionado capaz de resfriar o ar quente e húmido, tornando-o confortável. Esse avanço não apenas facilitou a construção de edifícios mais altos e transparentes, mas também possibilitou a criação de espaços agradáveis em regiões quentes ao redor do mundo. Essa transformação foi crucial, pois permitiu que os arquitetos explorassem composições arquitetónicas inovadoras, como fachadas envidraçadas, que maximizam a luz natural enquanto mantêm o conforto térmico.

Salvatore Basile, no livro *Cool: How Air Conditioning Changed Everything* destaca como o ar condicionado moldou nosso mundo, permitindo que as pessoas levassem vidas normais mesmo nos meses quentes, algo impensável no passado. (Basile, 2016, citado por Shah, 2019).

Conforme os edifícios se tornavam mais altos e complexos, os construtores enfrentavam um desafio crescente, o tempo necessário para terminar as obras aumentava consideravelmente. Isso não só resultava em custos mais altos, mas também causava transtornos para o público e congestionamentos de tráfego. Diante dessa situação, os construtores começaram a buscar técnicas para acelerar o processo de construção, e uma das soluções encontradas foi a pré-fabricação com montagem posterior no local.

Um exemplo emblemático dessa abordagem foi a construção das Torres Gêmeas em Nova Iorque, em 1973, projetadas pelo arquiteto Minoru Yamasaki, figura 38. Os construtores optaram por preparar seções pré-fabricadas dos edifícios e montá-las como um grande quebra-cabeça, o que permitiu uma conclusão mais rápida da obra. De acordo com Bernardes (2022), a fabricação das seções fora do local trouxe maior eficiência e precisão à construção, reduzindo atrasos e otimizando o cronograma de trabalho.

Além disso, para lidar com o desafio de erguer seções pesadas em menos tempo, os construtores adotaram os guindastes cangurus, que revolucionaram o processo de construção ao permitir o içamento de cargas pesadas de forma mais eficiente. Essas inovações permitiram que as Torres Gêmeas fossem erguidas a uma velocidade impressionante de dois andares por semana, marcando um avanço significativo na construção de arranha-céus.

Figura 38 - Torre gêmeas, Nova Iorque (1973)



Fonte: Archdaily. (2021)

Ao ultrapassar o *Empire State Building* em altura, as Torres Gêmeas não apenas se tornaram os maiores arranha-céus do mundo, com seus 415 metros, mas também representaram o maior edifício construído por instituições públicas, tornando-se as torres comerciais construídas para demonstrar a riqueza e a influência dos nortes americanos perante ao mundo.

Todavia, o título de maior edifício do mundo passa a ser das torres gêmeas por pouco tempo, porque meses depois, em 1974 o título de maior edifício do mundo volta a ser da cidade que inventou os arranha-céus, Chicago.

A Sears Tower, atualmente conhecida por *Willis Tower*, figura 39, foi projetada pelo arquiteto Bruce Graham, dono da empresa *Skidmore, Owings & Merrill (SOM)*, e por Frazlur Rahman Khan, um engenheiro estrutural que tinha grandes ambições.

O edifício representou uma revolução na construção civil devido à adoção de estruturas de aço tubular com formatos diversificados. Essa inovação não apenas aumentou a estabilidade do edifício, mas também permitiu uma distribuição mais eficiente e equilibrada das cargas estruturais ao longo de sua altura.

Figura 39 - Sears Tower (1974)



Fonte: Skyscraper Museum. (s.d.).

Sendo considerado até hoje o maior arranha-céu da cidade de Chicago, com 442 metros de altura, este edifício é motivo de orgulho para a cidade que desenvolveu o primeiro arranha-céu da história, bem como um edifício inovador, devido a sua estrutura de tubos.

Até o final do ano de 1989, os cinco edifícios mais altos do mundo encontravam-se nos Estados Unidos da América, como é demonstrado na tabela 1, estando concentrados nas cidades de Nova Iorque e Chicago.

Tabela 1 - Classificação de maior arranha-céu do mundo de acordo com CTBUH Height Criteria 1980.

Cinco maiores arranha-céus do mundo, 1980.								
CLASSIFICAÇÃO	NOME	CIDADE	PAÍS	CONCLUSÃO	ALTURA	PISOS	MATERIAL	FUNÇÃO
1	Sears / Willis Tower	Chicago	Estados Unidos da América	1974	442 m	108	Todo em aço	Escritório
2	One World Trade Center	Nova Iorque	Estados Unidos da América	1972	417 m	110	Todo em aço	Escritório
3	Two World Trade Center	Nova Iorque	Estados Unidos da América	1973	415 m	110	Todo em aço	Escritório
4	Empire State Building	Nova Iorque	Estados Unidos da América	1931	381 m	102	Todo em aço	Escritório
5	Aon Center	Chicago	Estados Unidos da América	1973	346 m	83	Todo em aço	Escritório

Fonte: Adaptado de Tabela de edifícios. CTBUH. (<https://www.skyscrapercenter.com/buildings>)

Percebe-se que nos Estados Unidos da América todos os arranha-céus utilizavam das mesmas técnicas de construção baseadas no uso do aço, assim como todos os edifícios altos eram destinados a escritórios, tendo sido maioritariamente construídos entre 1972 a 1974.

Com o aumento dos países com grandes poderes económicos, como por exemplo a China, verifica-se que estes começam a demonstrar a sua ambição de entrar na lista de maior arranha-céu do mundo. A torre do Banco da China (Figura 40), localizada em Hong Kong e construída em 1990, entra na lista dos 5 maiores arranha-céus do mundo, com seus 367 metros de altura e com uma tecnologia que mesclava entre Aço e betão armado, como ilustra a tabela 2.

Tabela 2 - Classificação de maior arranha-céu do mundo de acordo com CTBUH Height Criteria 1990.

Cinco maiores arranha-céus do mundo, 1990.								
CLASSIFICAÇÃO	NOME	CIDADE	PAÍS	CONCLUSÃO	ALTURA	PISOS	MATERIAL	FUNÇÃO
1	Sears / Willis Tower	Chicago	Estados Unidos da América	1974	442 m	108	Todo em aço	Escritório
2	One World Trade Center	Nova Iorque	Estados Unidos da América	1972	417 m	110	Todo em aço	Escritório
3	Two World Trade Center	Nova Iorque	Estados Unidos da América	1973	415 m	110	Todo em aço	Escritório
4	Empire State Building	Nova Iorque	Estados Unidos da América	1931	381 m	102	Todo em aço	Escritório
5	Bank of China Tower	Hong Kong	China	1990	367 m	72	Composto Betão-Aço	Escritório

Fonte: Adaptado da Tabela de edifícios. CTBUH. (<https://www.skyscrapercenter.com/buildings>)

Hong Kong se destacou ao ter o maior arranha-céu fora dos Estados Unidos da América, marcando um avanço significativo na construção deste tipo de edifício. Diferentemente dos Estados Unidos, onde a maioria dos edifícios em altura era construída principalmente com estruturas de aço, o arranha-céu em Hong Kong utilizou betão armado em sua estrutura. Esta escolha não apenas demonstra uma abordagem diferente na tecnologia de construção, mas também ressalta a adaptação às condições locais e às necessidades específicas da cidade.

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Figura 40 - Torre do Banco da China, Hong Kong (1990).



Fonte: Heintges. (s.d.)

Após a conclusão do edifício em 1990, a revista norte-americana de arquitetura *Architectural Record* destacou que a Torre do Banco da China representava um avanço significativo na arquitetura de arranha-céus.

A composição do edifício chamou a atenção mundial pelo seu sistema de ancoragem patenteado que permitiu que a estrutura se movesse sem transferir tensões excessivas, figura 41, sendo crucial para um edifício que se encontra em zona sísmica.

Figura 41 - Edifício Banco da China em construção (1989).



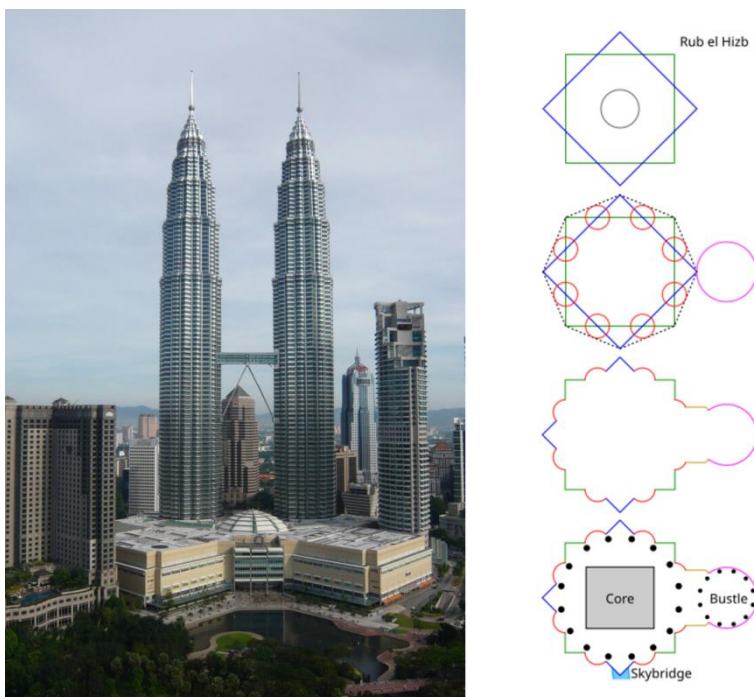
Fonte: Heintges. (s.d.)

Após a finalização da montagem da estrutura, a empresa Heintfes foi contratada para a finalização das fachadas de vidros. A fachada é revestida por uma parede de cortina feita de painéis de vidro. Essa escolha não apenas cria uma aparência moderna e transparente, mas também permite aumentar o nível de luz natural no interior, o que ajuda a reduzir a necessidade de iluminação artificial.

Apesar da entrada da China no ranking mundial, os maiores arranha-céus do mundo continuavam a localizar-se nos EUA. Porém, esse facto alterou-se em 1998, com a construção das torres Petronas, na Malásia (Figura 42).

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Figura 42 - Petrona tower / Conceito da torre (1998)



Fonte: Skyscraper Museum. (s.d.).

Com seus 452 metros de altura, em ambas as torres, e com uma ponte que conecta os dois volumes, as *Petrona Twin tower* passaram a ser os maiores arranha-céus do Mundo e, pela primeira vez na história, não se encontrava em solo norte americano. (Tabela 3)

Tabela 3 - Classificação de maior arranha-céu do mundo de acordo com CTBUH Height Criteria 2000.

Cinco maiores arranha-céus do mundo, 2000.								
CLASSIFICAÇÃO	NOME	CIDADE	PAÍS	CONCLUSÃO	ALTURA	PISOS	MATERIAL	FUNÇÃO
1	Petronas Twin Tower 1	Kuala Lumpur	Malásia	1998	452 m	88	Composto Betão-Aço	Escritório
2	Petronas Twin Tower 2	Kuala Lumpur	Malásia	1998	452 m	88	Composto Betão-Aço	Escritório
3	Sears / Willis Tower	Chicago	Estados Unidos da América	1974	442 m	108	Todo em aço	Escritório
4	Jin Mao Tower	Xangai	China	1999	421 m	88	Composto Betão-Aço	Hotel / Escritório
5	One World Trade Center	Nova Iorque	Estados Unidos da América	1972	417 m	110	Todo em aço	Escritório

Fonte: Adaptado da Tabela de edifícios. CTBUH. (<https://www.skyscrapercenter.com/buildings>)

Este edifício, com características simbólicas culturais islâmicas, como a planta inspirada na estrela de *Rub el Hizb*, coloca a Malásia no radar mundial com sua arquitetura e cultura malaia.

A sua posição de maior arranha-céu do mundo permaneceu até o começo do século XXI, sendo uma grande referência para um país asiático, assim como serviu de modelo para outros países que já vinham a adotar a arquitetura em altura, como é o caso da China.

iii. Século XXI

Por um lado, ter o maior arranha-céu do mundo pode ser um símbolo de riqueza e poder, por outro lado, é uma tipologia de edifício que, pelas suas características, apresenta desafios e vulnerabilidades que têm vindo a ser altamente minimizadas. O ataque terrorista do dia 11 de setembro de 2001 às torres gêmeas nos Estados Unidos é um exemplo marcante dessa fragilidade até então nunca equacionada.

Às 8h e 46min do dia 11 de setembro de 2001, um grupo terrorista sequestrou quatro aviões com o intuito de colidir com importantes edifícios governamentais norte americano, tendo dois deles colididos nas torres gêmeas, ver figura 43.

Figura 43 - Colisão dos aviões nas torres gêmeas, Nova Iorque (2001)



Fonte: Encyclopædia Britannica. (2024)

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Os nortes americanos viviam o maior terror de todos os tempos, na sua cidade mais conhecida pelo seu poder económico e por seus edifícios altos, instalava-se o medo daquilo que a tornou famosa, os arranha-céus.

O arquiteto Daniel Libeskind em uma entrevista para a revista britânica *Dezeen*, no dia 6 de setembro de 2021, realizada pela periodista Lizzie Crook, comenta que tudo mudou na arquitetura depois deste ataque, e que as pessoas não estavam mais dispostas a construir arranha-céus como antes, após o ataque às torres gêmeas do 11/09. (Libeskind, 2021)

Enquanto os nortes americanos tinham seus medos sobre a construção em altura, os países asiáticos começaram a estudar e desenvolver formas de manter um arranha-céu em solo instável, como é o caso de Taiwan. Com a concretização do sistema de amortecimento nos edifícios em zonas sísmicas, reduziu-se drasticamente a possibilidade de ocorrer uma catástrofe devido ao colapso de um edifício deste tipo. Ainda assim, a altura mantinha-se como condicionante, sendo um desafio quando se trata de um arranha-céu super-alto ou mega-alto.

Durante a construção do edifício Taipei 101 (Figura 44), em Taiwan, em 2004, os engenheiros adotaram uma abordagem inovadora para enfrentar os desafios sísmicos. Eles construíram o edifício utilizando colunas feitas de tubos de aço preenchidos com betão armado, o que proporcionou resistência e flexibilidade à estrutura.

Esse projeto inovador provou a sua eficácia quando, durante a sua construção, em 2002, resistiu ao um sismo de magnitude 6,8 na Escala de *Richter*, tendo mantido a sua integridade estrutural.

Figura 44 - Torre Taipei 101, Taiwan (2004).



Fonte: Skyscraper Museum. (s.d.)

Com sua forma pouco comum para um arranha-céu, o Taipei 101 atinge os 508 metros de altura e apresenta um novo Sistema de amortecimento de massa sintonizada (TMD), que lhe confere um adequado comportamento durante um sismo. Neste sistema, uma esfera de aço de grande massa é posicionada na parte superior dos edifícios, funcionando como um pêndulo. Ela é suportada por amortecedores, como mostrado na figura 45.

Figura 45 - Esfera TMD, Taipei 101 (2004)



Fonte: Atlas Obscura. (s.d.).

O Sistema de Amortecimento de Massa Sintonizada (TMD) funciona contrabalançando as vibrações de uma estrutura com uma massa sintonizada, conforme descrito pela Lei de Newton do Movimento e os princípios de vibração e ressonância, como explica o Jornal Nacional da Globo (2023).

Um objeto parado quer continuar parado. Se estiver em movimento quer continuar em movimento. [...] Portanto, se o prédio se move para esquerda, a bola suspensa quer permanecer no mesmo lugar e faz força para direita. Quando o prédio se move para direita, a bola suspensa quer permanecer no mesmo lugar e faz força para esquerda. Dessa forma, o peso do prédio é compensado e ele não desaba. (Globo, 2023)

Com a construção de edifícios cada vez mais altos, surgem preocupações não apenas com a estabilidade estrutural, garantida por sistemas como o TMD, mas também com a evacuação eficiente em caso de emergência, um dos maiores desafios enfrentados pelos arranha-céus.

De acordo com APAH (2019), o projeto que trabalhou e desenvolveu um aprimoramento destes sistemas de evacuação e segurança foi o atual maior arranha-céu do mundo (em 2024), Burj Khalifa (Figura 46), nos Emirados Árabes Unidos, que atingiu os 828 metros de altura.

Figura 46 - Burj Khalifa



Fonte: Burj Khalifa. (s.d.)

O Edifício contempla proteção contra incêndios integrada, através da existência de nove salas de refúgio especiais, feitas de camadas de concreto reforçado e revestimento à prova de fogo, capazes de resistir às chamas até duas horas, bem como ventiladores de alta potência instalados nas escadas para evitar o bloqueio das mesmas. Também foram projetadas salas técnicas e de abrigo, localizadas a cada 30 andares, com o objetivo de garantir uma evacuação mais rápida, concentrando as pessoas em um só lugar.

Com a construção do Burj Khalifa em 2010, o continente Asiático passa a ter todos os maiores arranha-céus do mundo, como é ilustrado na tabela 4.

Tabela 4 - Classificação de maior arranha-céu do mundo de acordo com CTBUH Height Criteria 2024

Cinco maiores arranha-céus do mundo, 2024.								
CLASSIFICAÇÃO	NOME	CIDADE	PAÍS	CONCLUSÃO	ALTURA	PISOS	MATERIAL	FUNÇÃO
1	Burj Khalifa	Dubai	Emirados Árabes Unidos	2010	828 m	163	Aço sobre Betão	Escritório / Residencial / Hotel
2	Merdeka 118	Kuala Lumpur	Malásia	2023	679 m	118	Composto Betão-Aço	Hotel / Apartamentos com serviços / Escritório
3	Shanghai Tower	Shanghai	China	2015	632 m	128	Composto Betão-Aço	Hotel / Escritório
4	Makkah Royal Clock Tower	Meca	Arábia Saudita	2012	601 m	120	Aço sobre Betão	Apartamentos com serviços / hotéis / varejo
5	Ping An Finance Center	Shenzhen	China	2017	599 m	115	Composto Betão-Aço	Escritório

Fonte: Adaptado da Tabela de edifícios. CTBUH. (<https://www.skyscrapercenter.com/buildings>)

1.6 As questões dos arranha-céus

Embora a construção vertical seja uma prática antiga em civilizações passadas, o debate sobre seus impactos continua a ser relevante. A arquiteta norte-americana Tazmine Loomans, por exemplo, destacou preocupações sobre a habitabilidade em um artigo publicado em sua página *blooming rock*. Em seu texto intitulado *7 Reasons Why High-Rises Kill Livability (2014)*, Loomans oferece uma análise crítica sobre como essas estruturas podem afetar negativamente a qualidade de vida nas cidades.

Nesta pesquisa, a arquiteta descreve sobre a habitabilidade dos arranha-céus e levanta preocupações significativas, desafiando a crença comum de que os arranha-céus são inadequados para a vida urbana. Loomans sugere que os edifícios altos podem não acomodar adequadamente a densidade populacional e comprometer o caráter, a habitabilidade e a coesão social da cidade.

Loomans identifica sete razões principais pelas quais os edifícios altos podem comprometer a habitabilidade. Embora o texto não inclua figuras, o autor adicionou ilustrações que ajudam a esclarecer visualmente os conceitos discutidos, assim como artigos relacionados com o tema abordado pela autora.

i. *High-rises separate people from the street.*

De acordo com Loomans (2018), o professor Doutor Michael Buxton afirma que os arranha-céus frequentemente isolam os moradores da vida nas ruas, resultando em uma cidade fragmentada e baseada em enclaves e comunidades fechadas. Jan Gehl complementa que a conexão com o nível do solo é possível apenas dos primeiros andares de um edifício, já a partir do terceiro andar, essa conexão diminui significativamente e se torna praticamente inexistente acima do quinto andar. A figura 47 ilustra visualmente essa crescente desconexão com a vida na rua.

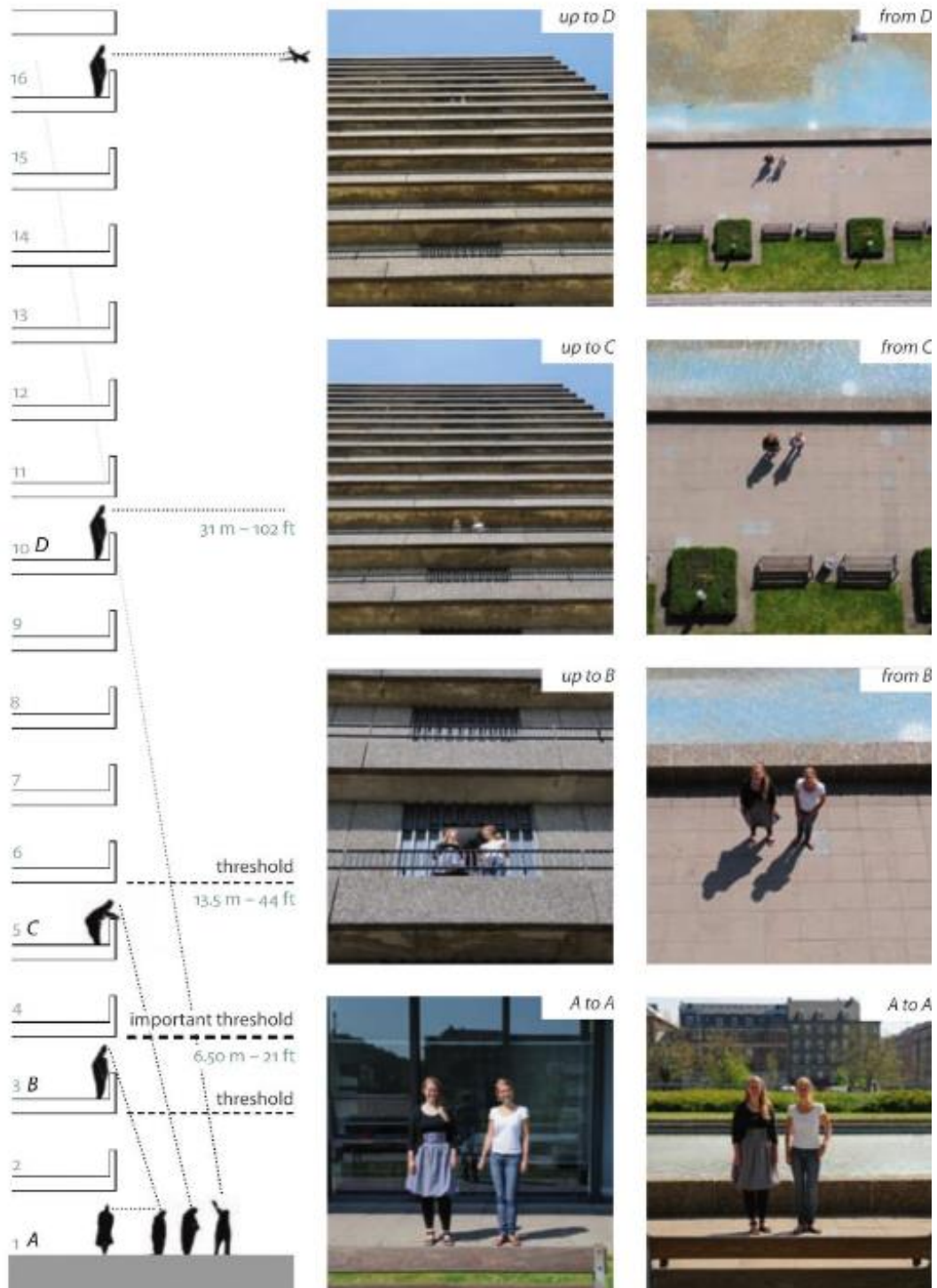
Tradução do autor do título do artigo e da alínea i:

[7 razões pelas quais os arranha-céus “matam” a habitabilidade].

[Os arranha-céus separam as pessoas da rua].

Figura 47 - Sentido de escala de arranha-céu

senses and tall buildings



Fonte: Gehl, J. (2010, p. 40).

Nota-se que à medida que a altura do edifício cresce, o contato das pessoas com os espaços ao nível do solo diminui, resultando em vivência com menos conexão com a rua.

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

ii. *High-rise scale is not the human scale.*

Loomans aponta que os arranha-céus tão altos não fazem sentido visual para um pedestre. Você se perde em cânion Urbano⁹ de vidro e aço, o que pode ser isolador e desumanizador, conforme é ilustrado na figura 48, que demonstra o impacto visual de edifícios altos na cidade de Londres.

Figura 48 - Vista da rua de Londres.



Fonte: Fotografia do autor. (2024)

Quando caminhamos por uma área cheia de arranha-céus, um dos fatores é que não conseguimos ver detalhes como flores nas janelas ou pessoas olhando para fora. Por este motivo, perdemos a sensação de escala humana.

9- Cânion Urbano: Cânion urbano é o espaço formado entre edifícios altos que altera a circulação de ar e a luz natural nas cidades.

Tradução do autor da alínea ii:
[A escala dos arranha-céus não é a escala humana].

iii. *High-rises radically reduce chance encounters and propinquity.*

A autora explica que os arranha-céus, ao separar as pessoas da rua e umas das outras, reduzem as oportunidades de encontros casuais, que são muito importantes para a vitalidade urbana e para a construção de capital social. (Figura 49).

Figura 49 - Vista da cidade de Frankfurt Am, Alemanha (2023)



Fonte: Fotografia do autor. (2023)

Além disso, Loomans destaca que a experiência da propinquidade, um conceito introduzido pelo arquiteto e urbanista Kevin Kellogg, é significativamente afetada em áreas dominadas por arranha-céus. Propinquidade refere-se à proximidade física ou psicológica entre pessoas, e é um fator importante na formação de atração interpessoal e vínculos sociais.

Em lugares de arranha-céus, a interação em espaços públicos como ruas, praças e parques é muito limitada, o que diminui a propinquidade e reduz as oportunidades para interações significativas entre residentes. Assim, a estrutura e os projetos arquitetônicos dos arranha-céus contribuem para um ambiente social mais isolado e menos integrado.

Tradução do autor da alínea iii:

[Arranha-céus reduzem radicalmente encontros casuais e propinquidade].

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

iv. *High-rises are vertical sprawl.*

Tazmine Loomans argumenta que arranha-céus representam uma forma de “expansão vertical”, ocupando muito espaço na vertical para um uso que poderia ser alcançado com menos altura. Ela cita o exemplo do South Waterfront (Figura 50) em Portland, onde muitos arranha-céus permanecem vazios e contribuem para um ambiente deserto e isolado, similar à expansão suburbana em termos de falta de vitalidade urbana.

Figura 50 - South Waterfront



Fonte: United Nations University. (s.d.)

A autora ainda observa que, apesar das torres altas, o local carece de espaços verdes e de áreas públicas acessíveis, refletindo como o desenvolvimento urbano nem sempre atende às necessidades comunitárias.

Tradução do autor da alínea iv:
[Arranha-céus são expansão vertical].

v. ***High-rises = gentrification and inequality; Low/Mid-rises = resiliency and affordability.***

Tazmine Loomans observa que, embora a construção de arranha-céus possa impulsionar a economia, edifícios altos geralmente são destinados ao mercado de luxo, o que inflaciona os preços dos terrenos vizinhos e dificulta o acesso à habitação acessível. Ela argumenta que prédios menores e de média altura, por outro lado, tendem a apoiar as comunidades locais, tornando os bairros mais acessíveis e resilientes ao longo do tempo. Essas observações se alinham com as ideias de Machado e Mendes (2003), que afirmam:

O processo de verticalização modifica o espaço urbano, redefinindo o valor e o uso do solo e alterando as relações sociais entre os homens e o meio ambiente urbanizado. A relação social, que é estabelecida pela verticalização, está intimamente ligada à ideia de ascensão social, de segurança, de conforto e modernidade. Verifica-se também que a verticalização, além de a produção do edifício realizar plenamente a reprodução, através da combinação das diversas formas de capital, valoriza ou sobrevaloriza o espaço onde se instala. (Machado & Mendes, 2003, p. 81)

vi. ***Are High Rises Even Green?***

Loomans apresenta um estudo realizado pelo Doutor Condon (2012), da Universidade da Colúmbia Britânica, que conclui que os arranha-céus não são “sustentáveis” devido ao uso excessivo de vidro e aos efeitos do vento e do sol, tornando-os menos eficientes energeticamente. (Figura 51)

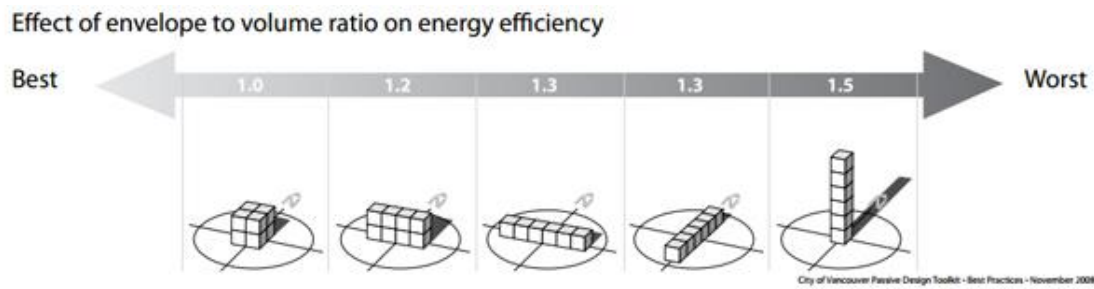
Tradução do autor da alínea v e vi:

[Arranha-céus = gentrificação e desigualdade; Baixos/Médios arranha-céus = resiliência e acessibilidade].

[“Arranha-céus são realmente sustentáveis em termos ambientais?”]

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Figura 51 - Estudo da eficiência energética de Vancouver, Canada.



Fonte: Condon, P. (2012)

Os resultados dos estudos realizados por Patrick Condon demonstram que cidades com edifícios baixos são mais eficientes energeticamente do que aquelas com arranha-céus:

High-rise buildings are subject to the effects of too much sun and too much wind on their all-glass skins. And all-glass skins are, despite many improvements to the technology, inherently inefficient. Glass is simply not very good at keeping excessive heat out, or desirable heat in. Our high-rises, according to BC Hydro (the province of British Columbia's main electric utility) data, use almost twice as much energy per square metre as mid-rise structures. (Condon, 2012)

Tradução do autor da citação direta de Condon, P. (2012):

[Edifícios de grande altura são afetados pelos excessos de sol e vento em suas fachadas de vidro. E as fachadas de vidro, apesar de muitas melhorias na tecnologia, são inerentemente ineficientes. O vidro não é muito bom em manter o calor excessivo fora, ou o calor desejável dentro. De acordo com os dados da BC Hydro (a principal empresa de eletricidade da província de British Columbia), nossos arranha-céus utilizam quase o dobro de energia por metro quadrado do que as estruturas de médio porte].

vii. *High Rises are not good for your health*

E por último, a arquiteta apresenta um estudo que demonstram os efeitos dos edifícios altos na saúde mental dos seus utilizadores. Em sua publicação menciona que o psicólogo Daniel Cappon, em um artigo no *Canadian Journal of Public Health*, explica que morar em arranha-céus pode prejudicar a saúde de várias maneiras, destacando que esses edifícios desencorajam tanto crianças quanto idosos a se exercitarem, pois, o esforço adicional necessário para sair de casa faz com que prefiram ficar dentro das suas habitações assistindo TV. (Cappon, 1971)

Ainda de acordo com Cappon (1971), morar em arranha-céus priva especialmente as crianças de interagirem com vizinhos e participarem de atividades na vizinhança. Além disso, ele acredita que quanto mais alto o edifício, maior é o nível de alienação e isolamento, fatores que sabemos que afetam negativamente a saúde e podem até diminuir a expectativa de vida.

Esse isolamento social pode resultar em um aumento de casos de depressão e ansiedade entre os moradores.

viii. Análises dos 7 (sete) pontos

Ao analisar os sete pontos apresentados pela arquiteta Tazmine Loomans, e a correlação com outros estudos mencionados anteriormente, torna-se evidente que os arranha-céus não são a única solução para mitigar a densidade urbana. Seguindo a linha de pensamento dos autores mencionados, podemos até afirmar que os arranha-céus podem representar uma solução inadequada, trazendo consigo impactos negativos para o caráter, a habitabilidade, o tecido social e até mesmo a saúde pública de uma cidade.

No entanto, é importante notar que essa discussão muitas vezes reflete um pensamento voltado para o estilo de vida das grandes metrópoles e suas formas específicas de habitar a cidade. Isso levanta a questão de se os efeitos negativos atribuídos aos arranha-céus em algumas cidades se aplicam da mesma maneira em vários contextos urbanos ao redor do mundo.

Tradução do autor da alínea vii:

[Arranha-céus não fazem bem à saúde].

1.7 Mitos sobre arranha-céus

Embora os pontos críticos analíticos da arquiteta Tazmine Loomans sejam bem argumentados e defendidos por muitos outros autores, há também quem opine o contrário, acreditando que o arranha-céu é uma solução para as cidades contemporâneas. Em agosto de 2020 foi publicado o artigo *Cities without Skylines: Worldwide Building-Height Gaps and Their Implications*, dos autores Remi Jedwab, Jason Barr e Jan Brueckner, cujo objetivo era estudar as causas e consequências das restrições de altura para arranha-céus em todo o mundo.

Após a publicação, o professor Ronan Lyons, economista do Trinity College Dublin, fez uma publicação na rede social Twitter (Atualmente X), sobre o trabalho realizado em 2021, usado como exemplo a cidade de Dublin, na Irlanda, que havia sido mencionada no artigo, onde se fala sobre um país com alto nível económico e sem nenhum arranha-céu. (Figura 52)

Figura 52 - Tuite sobre a publicação



Fonte: Lyons, R. (2021)

Tradução do autor do tema do artigo e da citação direta de Lyons (2021).

Tema do Artigo: [Cidades sem Horizontes: Lacunas na Altura dos Edifícios ao Redor do Mundo e Suas Implicações].

Citação direta: [Conseguimos... Somos o número 1! Reconheço o mérito das Maurícias, deram luta, mas nenhum país consegue igualar a habilidade da Irlanda em não construir. Lembrem-se: toda nova oferta de habitação reduz os preços das casas. Ao não construir, estamos a aumentar os preços].

Muitas pessoas deram opiniões positivas ou negativas sobre o tema dos autores, mas, após as críticas recebidas do público, o autor Jason Barr respondeu aos comentários que a publicação suscitou na revista norte americana *building the skyline*, no dia 23 de março de 2021, com o objetivo de explicar melhor o por que um arranha-céu não é um fator causador de risco nas grandes cidades.

O crítico aborda o tema como “seis mitos”, fundamentando-se nas opiniões expressas em tuites sobre o artigo publicado, com o intuito de esclarecer eventuais dúvidas.

i. Mito 1: *Building up is pricing up.*

O autor argumenta que a crença de que arranha-céus aumentam os preços da moradia resulta de uma confusão entre correlação e causalidade. Embora sejam caros para construir e operar, os arranha-céus surgem como uma resposta à alta demanda por terrenos, que, quando caros, indicam que as pessoas estão dispostas a pagar mais por localizações centrais. Assim, a construção de edifícios altos é mais viável em áreas metropolitanas, onde a valorização da terra justifica o investimento.

Barr ainda explica que, quando um novo arranha-céu é inaugurado, ele contribui ligeiramente para o aumento da oferta habitacional, o que, em teoria, poderia levar a uma redução nos preços. No entanto, esse efeito é frequentemente obscurecido em grandes cidades, onde a demanda supera a oferta, mantendo os preços elevados. Em situações em que uma quantidade significativa de unidades habitacionais de alto padrão é lançada simultaneamente no mercado, pode-se observar uma diminuição nos preços nas áreas circundantes à nova construção, embora esse impacto não seja suficiente para alterar drasticamente o mercado imobiliário da cidade como um todo.

Tradução do autor da palavra tuite e da alínea i:

tuite: É uma mensagem curta de até 280 caracteres publicada no Twitter (Atualmente X).

[Construir em altura é elevar os preços].

ii. Mito 2: *Skyscrapers cause gentrification.*

O autor explica que a gentrificação acontece quando a demanda por imóveis excede a oferta. A construção de arranha-céus pode aumentar a oferta de moradias e, assim, reduzir os preços locais, mas também eleva a densidade, o que pode atrair mais serviços e aumentar a demanda, resultando em preços mais altos. Barreiras como regulamentações e altos custos podem limitar a oferta e intensificar a gentrificação, fazendo com que apenas os mais ricos permaneçam na área.

iii. Mito 3: *Hong Kong has lots of skyscrapers. Hong Kong is expensive. Therefore, skyscrapers must make Hong Kong expensive.*

Os altos preços de Hong Kong não são devido aos arranha-céus, mas às características do mercado imobiliário, aponta o autor. A escassez de terras, devido à geografia montanhosa e ao controlo governamental da terra, limita a oferta habitacional. Além disso, Barr (2021) afirma que 45% das unidades habitacionais são de propriedade do governo, enquanto o restante está no mercado livre. A ausência de novas construções no setor não regulamentado eleva os preços no mercado privado e agrava a crise de acessibilidade.

iv. Mito 4: *Developers want to build skyscrapers everywhere.*

O autor afirma que a construção de arranha-céus é lucrativa apenas em locais onde os valores da terra e os preços dos imóveis são suficientemente altos para incentivar o investimento. Devido ao seu tamanho e ao perfil de ocupantes — geralmente pessoas de renda alta — esses edifícios são frequentemente vistos como agentes de desigualdade de renda e gentrificação.

Em cidades com restrições de construção, os desenvolvedores tendem a direcionar novos projetos para o centro, onde os lucros são maiores. Embora existam bairros de renda baixa e média que poderiam se beneficiar de construções

Tradução do autor da alínea ii, iii e iv:

ii. [Arranha-céus causam gentrificação]

iii. [Hong Kong tem muitos arranha-céus. Hong Kong é cara. Portanto, os arranha-céus devem fazer Hong Kong cara]

iv. [Os incorporadores querem construir arranha-céus em todos os lugares].

de maior densidade, os moradores frequentemente se opõem a essas mudanças, expressando seu descontentamento com a frase “Não no meu quintal!”. Paradoxalmente, esses mesmos indivíduos reclamam quando arranha-céus são erguidos em áreas vizinhas.

Ao limitar a construção em toda a cidade, a tendência é que os arranha-céus se concentrem em áreas centrais, onde os construtores conseguem maximizar os lucros para atender à demanda. Em outras partes da cidade, o zoneamento restritivo e as regulamentações de construção proíbem a implementação de novos empreendimentos.

v. Mito 5: *Goldilocks density should be imposed throughout the city.*

A visão do bairro urbano ideal frequentemente destaca as áreas densas com construções baixas e uso misto, valorizadas por sua diversidade e baixo impacto ambiental. Segundo o autor, preservar esses bairros históricos pode gerar custos significativos, como a limitação de novas construções e o aumento dos preços imobiliários. Arranha-céus nas áreas centrais atendem à demanda por locais densos, enquanto áreas periféricas devem ser mais verdes e menos densas. Se cidades como Nova Iorque optarem por manter áreas históricas, isso pode tornar a cidade acessível principalmente para os mais ricos, dificultando a situação para os demais.

vi. Mito 6: *Skyscrapers destroy the ‘human scale’.*

A questão sobre arranha-céus e a “sensação” de uma cidade deve ser considerada junto com o desafio de criar ambientes urbanos acessíveis e de qualidade. Críticos afirmam que torres modernas podem tornar as cidades mais frias, mas Barr afirma que o verdadeiro problema é a dependência dos automóveis, que reduz a vivacidade urbana. O autor sugere que focar na mobilidade não motorizada e permitir a densificação conforme a demanda é essencial. O transporte coletivo é mais eficiente e promove uma cidade dinâmica, enquanto abordagens de planejamento urbano podem integrar melhor os arranha-céus com o tecido histórico das cidades.

Tradução do autor da alínea v e vi:

v. [Uma densidade equilibrada deve ser imposta em toda a cidade].

vi. [Arranha-céus destroem a ‘escala humana’]

Além dos seis mitos discutidos, o autor analisa princípios essenciais para enfrentar problemas urbanos modernos. Ele ressalta que os mercados imobiliários seguem a lei de oferta e demanda, e regulamentações excessivas podem levar a moradias inacessíveis. As cidades precisam equilibrar regulação e crescimento, já que a falta de acessibilidade geralmente resulta do desejo de manter a situação atual em vez de se adaptar às novas necessidades. Arranha-céus são eficazes em áreas centrais de alta demanda, mas não são a solução única para a escassez de moradias, como evidenciado pela predominância de residências unifamiliares em áreas centrais como de Nova Iorque.

Portanto, arranha-céus não são apropriados para todos os contextos. Em áreas suburbanas, a densificação deve ocorrer por meio da conversão de edifícios menores. O foco deve ser aumentado a oferta habitacional para atender a todas as faixas de renda, evitando que a cidade se torne inacessível para os menos favorecidos. Melhorar a habitabilidade das cidades requer uma abordagem equilibrada que combine densidade, boas práticas de projetos e transporte, preservando o passado e adaptando-se às novas demandas urbanas.

vii. Tazmine Loomans vs Jason M. Barr

Ao analisar os sete impactos dos arranha-céus discutidos pela arquiteta Tazmine Loomans e os “mitos” abordados pelo crítico Jason M. Barr, nota-se que ambos destacam questões importantes para a construção de arranha-céus. Embora apresentem opiniões distintas, eles concordam na importância da arquitetura na vida das pessoas e seu efeito nas comunidades.

A análise de suas perspectivas sublinha a necessidade de um diálogo interdisciplinar entre a inovação arquitetônica e as realidades sociais, assegurando que os projetos verticais não apenas promovam o bem-estar coletivo, mas também integrem considerações éticas e de responsabilidade social em sua concepção, indo além da mera busca por lucro imediato.

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Capítulo II: Inovações Arquitetónicas em Arranha-céus

2.1 Avanços Tecnológicos na Arquitetura Vertical

i. Betão de elevado desempenho

De acordo com Camões (2006), o betão de elevado desempenho (BED) é um dos materiais mais inovadores na construção civil, oferecendo características que superam as do betão convencional. Camões discute como o BED combina resistência, durabilidade e versatilidade, tornando-o ideal para projetos estruturais complexos.

O engenheiro destaca que o é notável por sua alta resistência à compressão, que pode ultrapassar facilmente 100 MPa, em contraste com os 40 MPa típicos do concreto convencional. Essa propriedade é particularmente útil para estruturas que precisam suportar grandes cargas, como arranha-céus e pontes. Além disso, pode ser utilizado em elementos estruturais mais finos e leves, o que reduz o peso das construções e otimiza o uso do espaço.

Outra característica importante é sua excelente durabilidade. A composição especial do material, aliada à possibilidade de adicionar aditivos minerais, proporciona resistência superior à corrosão, abrasão e degradação química. Isso faz com que o BED seja adequado para ambientes agressivos, como áreas costeiras e indústrias químicas (Figura 53).

Figura 53 - Torre VTS



Fonte: Byrne, G. (2001)

ii. Aço de Alta Resistência

O aço de alta resistência é usado na construção civil e na engenharia estrutural, devido a suas melhores propriedades mecânicas comparadas ao aço convencional. A combinação de resistência, tenacidade e ductilidade, faz com que o material seja aplicado em construções de arranha-céus que necessitam de elevado desempenho estrutural.

Segunda a empresa Serra Metal (2022), uma das características principais do aço de alta resistência é a sua elevada resistência à tração, que pode exceder 690 MPa (100ksi), e sem sofrer deformação permanente ou falha estrutural. Isso torna a sua aplicação vantajosa em elementos estruturais leves e delgados, como arranha-céus.

Devido à sua elevada resistência, tenacidade e ductilidade, o aço de alta resistência é capaz de absorver energia de impactos sem falha de forma frágil, que se refere a um colapso repentino de materiais sem sinais de deformação prévia. Em estruturas dinâmicas, como pontes e plataformas offshore, esse tipo de aço resiste eficientemente a colisões e cargas de vento. Além disso, sua robustez permite a redução do peso das estruturas sem comprometer a resistência ou segurança, possibilitando a utilização de seções transversais menores e economizando materiais.

Além de todas as suas características de resistência, esse tipo de aço também é utilizado em técnicas de construções avançadas, como soldagem a arco submerso e perfuração de precisão, para criar conexão estrutural robusta. Portanto, este material serve como fator importante na hora de realização projetos complexos, como o 30 St. Mary Axe, projetado pelo arquiteto Norman Foster, ilustrado na figura 54.

Figura 54 - 30 St Mary Axe | Londres



Fonte: Fotografia do autor (2024).

iii. Materiais Compósitos

Os materiais compósitos são utilizados na construção civil em diversos setores devido às suas propriedades únicas, quando comparados aos materiais tradicionais. Estes materiais são compostos por dois ou mais componentes diferentes, que quando fundidos formam um material com propriedades superiores em relação aos materiais individuais.

Sua principal característica é a alta resistência e rigidez em relação ao peso próprio. Isso é alcançado quando os componentes são selecionados por suas propriedades específicas e combinados de forma a potencializar essas qualidades.

Além de alta rigidez e alta resistência, os materiais compósitos também apresentam excelente comportamento à corrosão, à fadiga e ao impacto, pelo que apresentam elevada flexibilidade de aplicação, como ambiente marítimo, indústria automobilística, estruturas offshore e peças em estruturas em geral.

A modulação é mais flexível nas criações de desenhos arquitetônicos inovadores e customizados, como a técnica de fabricação pré-moldada por compressão, laminação a vácuo e fabricação aditiva.

Um dos materiais compósitos mais amplamente utilizado é a fibra cerâmica, composta por óxidos de alumina e sílica, é leve e resistente ao calor, sendo usada em mantas isolantes. Quando combinada com polímeros ou metais, cria compósitos com alta resistência térmica e estabilidade, aplicados em indústrias como a aeroespacial, similar ao betão armado, que reforça o betão com aço. (Figura 55).

Figura 55 - Instalação da Manta de fibra Cerâmica



Fonte: Termocom. (s.d.).

2.2 Projetos Inovadores e Sustentabilidade

i. *One World Trade Center* (Nova Iorque, EUA)

O *World Trade Center*, figura 56, é o maior arranha-céu do continente americano, está localizado na cidade de Nova Iorque, foi projetado pelo Arquiteto norte americano David Childs, do escritório Skidmore, Owings & Merrill (SOM), e atinge os 541 metros de altura. Foi construído na área onde se localizavam as torres gêmeas, destruídas após o ataque de 11 de setembro de 2001, tornando-se um símbolo da resiliência americana. O edifício foi concebido com elevada segurança e “sustentabilidade”.

Figura 56 - One Trade Center | Nova Iorque



Fonte: Architect Magazine. (s.d.)

Conforme ilustrado na Figura 56, o arranha-céu mais alto dos Estados Unidos destaca-se por sua forma esbelta e sua fachada envidraçada. À medida que a estrutura se eleva, sua forma se transforma, sendo um detalhe incomum para edifícios dessa magnitude. Além disso, a transição na materialidade, especialmente na proximidade do solo, chama atenção, proporcionando uma integração harmoniosa com a sua envolvente.

Estruturação robusta e seguro.

Construído após análises detalhadas das falhas das Torres Gêmeas, o *One World Trade Center* foi projetado com sistemas de evacuação avançados, como múltiplas rotas de saída e áreas de refúgio estrategicamente posicionadas em cada 30 andares. Além disso, sua resistência ao fogo foi aprimorada com materiais e técnicas que permitem resistir às chamas por períodos prolongados, proporcionando maior segurança aos ocupantes. O núcleo central de concreto reforçado é essencial para a estabilidade estrutural do edifício, garantindo que ele possa suportar impactos e eventos adversos com eficiência.

Eficiência energética

O edifício utiliza vidros de baixa emissividade¹⁰ para controlar a temperatura interna, garantindo que não haja aquecimento excessivo. Isso não só melhora a eficiência energética, mas também proporciona iluminação natural mais confortável e “sustentável”, reduzindo a dependência de eletricidade. Quando necessário, a iluminação LED é empregada de forma eficiente, como exemplificado no átrio do edifício na figura 57.

Figura 57 - Átrio do One Trade Center



Fonte: Architect Magazine. (s.d.)

Com o pé-direito alto e com acabamento em mármore de Carrara, o átrio do edifício, é iluminado por luz natural e com luzes LED.

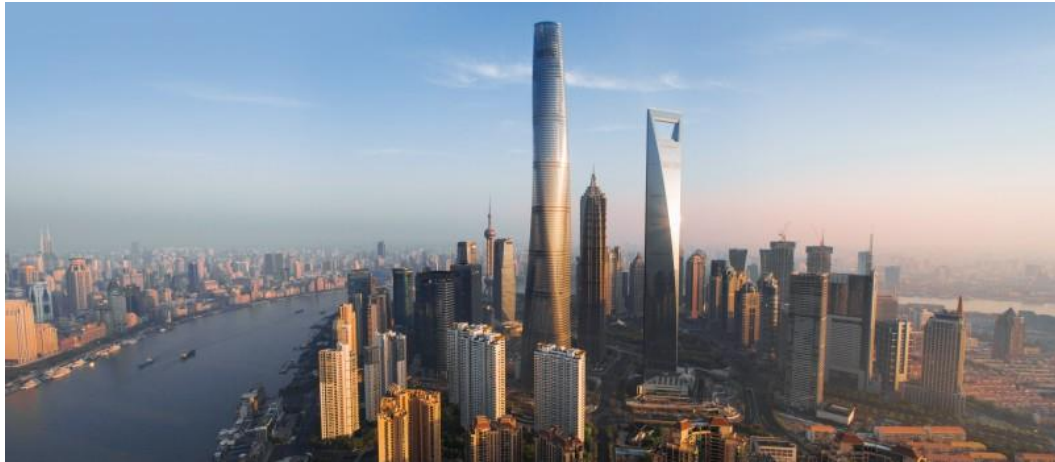
10 Vidro de baixa emissividade: Os vidros baixo-emissivos têm uma camada de óxido metálico que reflete energia, melhorando o isolamento térmico em comparação aos vidros comuns.

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

ii. Torre de Xangai (Xangai, China)

A Torre de Xangai, ilustrada na figura 58, destaca-se como o mais alto arranha-céu da China. Projetada pelos arquitetos Marshall Strabala, Jun Xia e Art Gensler, o edifício atinge os 632 metros de altura, posicionando a China como detentora da terceira maior estrutura do mundo.

Figura 58 - Torre de Xangai, China.



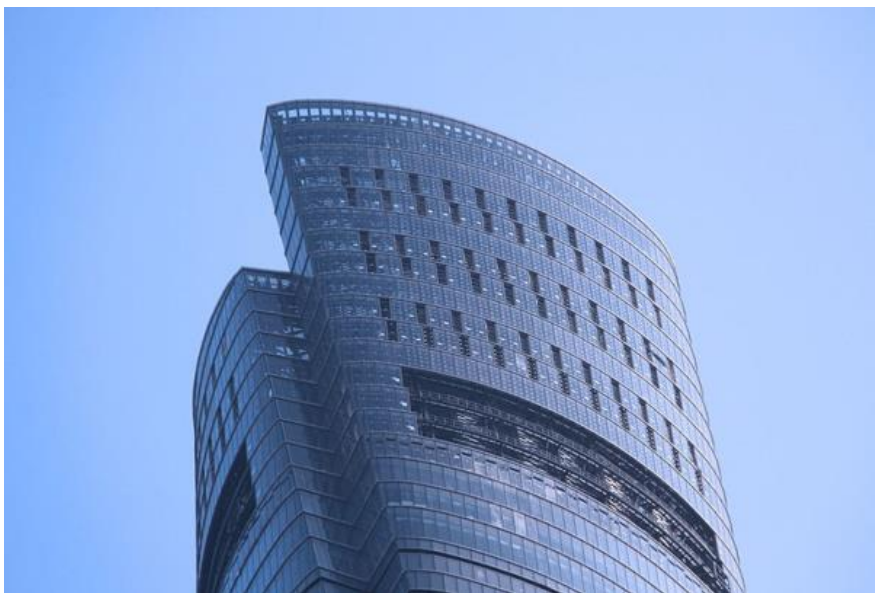
Fonte: Construct Steel. (s.d.)

O arranha-céu se destaca no centro financeiro chinês, exibindo uma notável complexidade e monumentalidade. Localizado próximo de outras estruturas emblemáticas como a Torre Jin Mao e o Centro Financeiro Mundial de Xangai, ele se sobressai na paisagem urbana, destacando-se como um ícone arquitetónico da cidade.

“Sustentabilidade” e Eficiência Energética

O edifício obtém a certificação LEED Platinum¹¹, e três estrelas do China Green Building Council¹², demonstrando a sua preocupação ambiental para um arranha-céu. Os mais de 25.000 painéis de vidro duplo da sua forma espiral e complexa, que garantem bom aproveitamento da luz natural, e as 270 turbinas eólicas no topo do edifício (Figura 59), que produzem eletricidade para autoconsumo, permitem que este chegue a economizar 54 % de energia por ano.

Figura 59 - Topo do Edifício com turbinas eólicas



Fonte: Construct Steel. (s.d.)

Sendo um edifício com mais de 500 metros de altura, a ação do vento é elevada. O aproveitamento dessa fonte de energia é uma maneira eficaz de contribuir para minimizar o impacto ambiental, compensando parcialmente a poluição gerada durante a sua construção.

As águas pluviais são também recolhidas para reaproveitamento no próprio edifício.

11 - LEED Platinum: (80+ pontos): Este nível mais alto de certificação é reservado a edifícios que demonstram liderança em sustentabilidade e que implementaram tecnologias e estratégias de construção ecológica de ponta. Walsh, P. (2024).

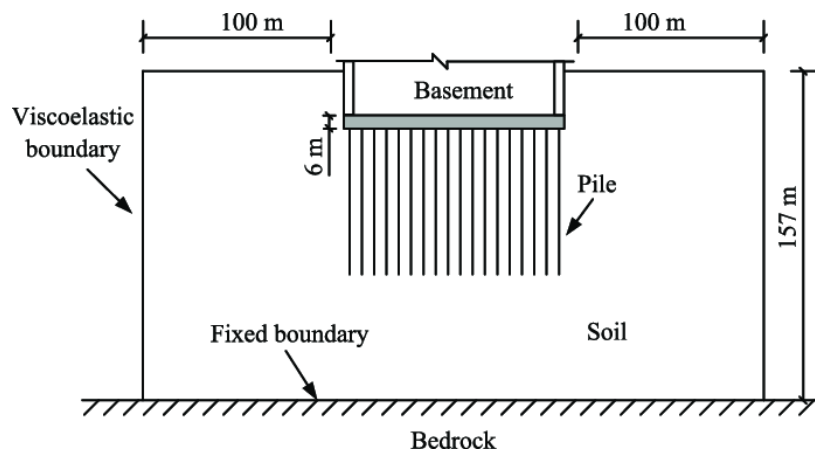
12 - China Green Building Council: É uma organização sem fins lucrativos que promove o desenvolvimento de construções sustentáveis na China, envolvendo especialistas, acadêmicos, profissionais e empresas.

Resistência a Terremotos e Forma em Espiral

Xangai é uma cidade localizada em uma área com elevado risco sísmico, e garantir a integridade estrutural de um arranha-céu de 632 metros é um desafio. Pensando nestes eventos sísmicos, a torre foi projetada para resistir a um terremoto de até 9 graus na escala Richter. A sua base foi reforçada com 980 pilares de fundação subterrânea, estrutura metálica e aplicação de betão de elevada resistência no principal núcleo, figura 60.

Outro fator importante é a forma espiral do edifício, que facilita a passagem do ar pelas suas fachadas, diminuindo assim a ação do vento na sua estrutura.

Figura 60 - Diagrama esquemático do sistema de fundação da Torre de Xangai.



Nota: **Basement**: Cave, **Bedrock**: Rocha mãe, **Fixed boundary**: Fronteira fixa, **Pile** = estaca; **Soil**: Solo, **Viscoelastic**: Viscoelástico.

Fonte: Kohn Pedersen Fox Associates. (s.d.)

iii. Abraj Al-Bait Clock Tower (Meca, Arábia Saudita)

O Abraj Al-Bait Clock tower (Figura 61), é o maior edifício da Arábia Saudita, e o quarto mais alto do mundo [2024]. Localiza-se na cidade Meca, apenas a 50 metros do local mais sagrado do Islão, a Caaba. Atinge os 601 metros de altura, e tem a particularidade de englobar setes torres de usos mistos, como residencial, hoteleiro e turístico.

Figura 61 - Abraj Al-Bait Clock Tower e Caab.



Fonte: Arabisk London. (2023)

A Torre do Relógio se destaca na paisagem não apenas por sua altura, mas também pela sua arquitetura imponente. Diferentemente de muitos edifícios construídos após os anos 70, a torre não utiliza vidro para revestir seus alçados. Este edifício é considerado a maior torre de relógio do mundo.

Projeto Inovador

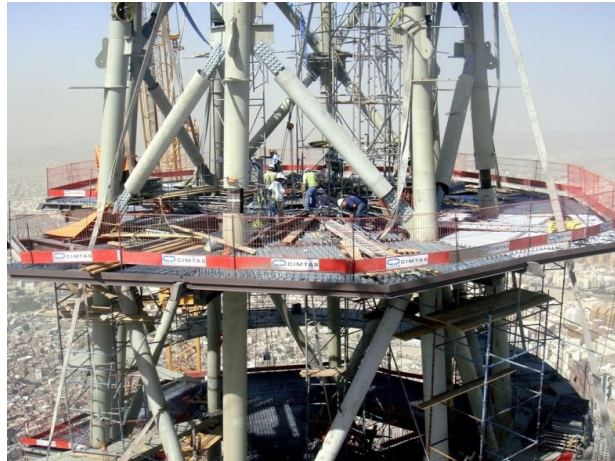
Inspirado na Torre de Londres, o Big Ben, o Abraj Al-Bait reinterpreta um pouco da história britânica e da cultura islâmica. Seu estilo inovador evoca técnicas antigas, que utilizavam estruturas metálicas como suporte principal e camadas externas de acabamento como o edifício Woolworth de 1913 (Figura 31). No entanto,

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

o Abraj Al-Bait adota métodos de construção modernos, com uma base de betão armado que sustenta colunas e estruturas metálicas.

O núcleo de concreto armado de alta resistência se eleva até 347 metros. A partir desse ponto, até alcançar a altura total de 513 metros, a estrutura foi projetada em aço, conforme ilustrado na figura 62.

Figura 62 - Parte superior metálica do Abraj Al-Bait.



Fonte: Mayr & Ludescher. (s.d.)

Sustentabilidade

O edifício não tem qualquer certificação energética, mas apresenta dois fatores que contribuem para minimizar o seu impacto ambiental. O primeiro é sua localização estratégica, muito próxima do Caab, que facilita o acesso de turistas e assim permite reduzir emissões de carbono que seriam geradas pelo seu transporte de automóvel. O segundo, é a baixa manutenção que as suas fachadas requerem.

O Abraj Al-Bait é um exemplo claro de como uma cultura estrangeira pode influenciar a arquitetura local, adaptando e “reinterpretando” formas. A estratégia de localização e implantação, a forma, e a tentativa de utilização de determinados elementos culturais, são fatores que nos levam a refletir sobre como um arranha-céu pode ser similar em qualquer lugar, desde que se construa uma grande estrutura e se adicionem elementos físicos, ornamentais ou conceituais, que pareçam pertencer ou representar o local. Isso levanta a questão: será que essa abordagem serve apenas para demonstrar riqueza através de um arranha-céu? Ou será que ela também simboliza poder, capacidade técnica, ou outros valores?

iv. Lotte World Tower (Seoul, Coreia do Sul)

O *Lotte World tower*, como é ilustrado na figura 63, projetado pelo renomado escritório de arquitetura Kohn Pedersen Fox (KPF), trouxe os holofotes para Seoul, com seus 555 metros de altura, tornou-se o maior arranha-céu da Coreia do Sul.

Figura 63 - Lotte World tower, Seoul, Coreia do Sul

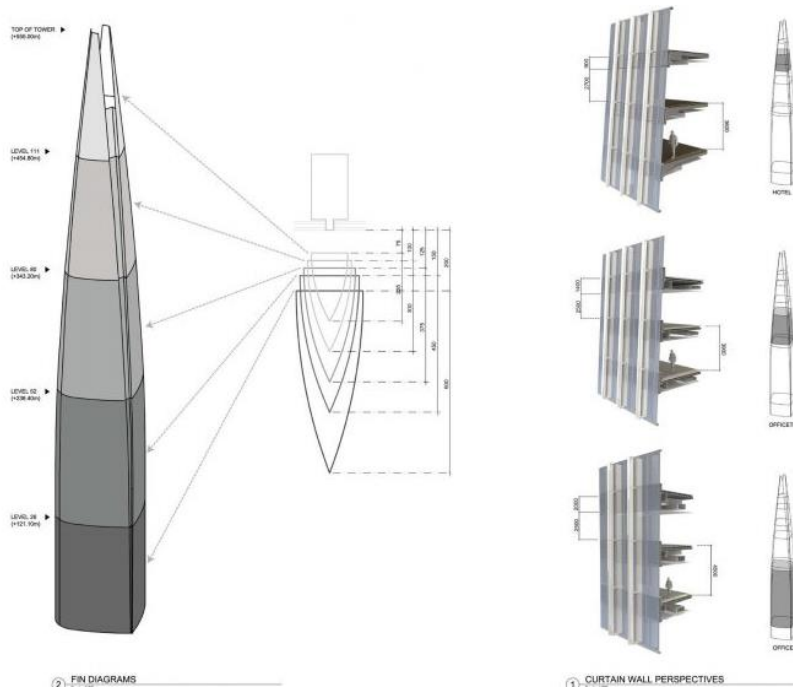


Fonte: Arch20. (s.d.)

O edifício apresenta uma suave curvatura piso após piso, com um alçado revestido por painéis de vidro de cores claras, inspirados na cerâmica tradicional coreana. Dividido em cinco níveis e utilizando tecnologia de parede cortina, cada um possui uma inclinação distinta, figura 64. A torre também alberga vários usos e está dividida por funções, como ilustra a figura 65.

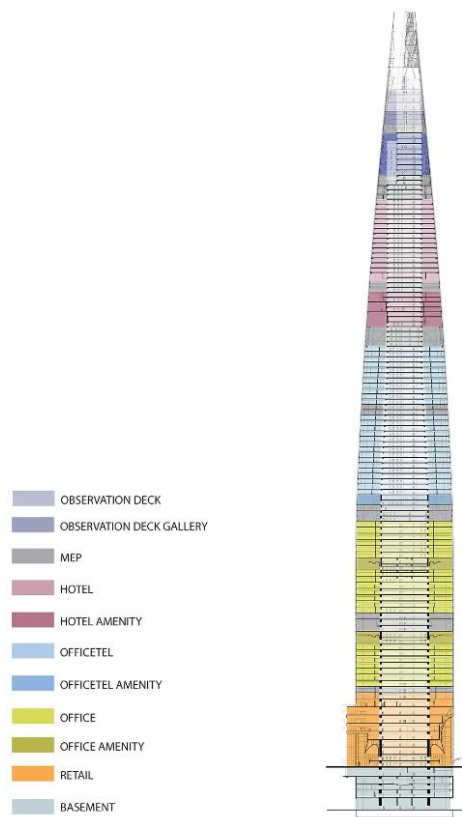
A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
 Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Figura 64 - Parede cortina e sua inclinação.



Fonte: Arch2O. (s.d.)

Figura 65 - Diagrama funcional do Lotte World Tower



Fonte: Arch2O. (s.d.)

Inovação e Tecnologia

A sua construção conta com vários materiais para que o edifício seja um exemplo de inovação e avanço tecnológico, como a utilização de betão de elevada resistência, aço estrutural e vidro de alta tecnologia, assim como o revestimento exterior inspirado na cerâmica tradicional coreana, anteriormente mencionado, que oferece proteção contra intempéries e corrosão.

Desafios e Controvérsias

O edifício obtém o certificado LEED Gold¹³, demonstrando que a torre adere a formas mais “sustentáveis” para a sua manutenção. Por outro lado, houve muitas controversas após o seu surgimento, como a diminuição do nível da água de um lago próximo, bem como problemas na infraestrutura do aquário e do cinema da torre, que originaram preocupações e críticas, e levaram ao encerramento temporário de algumas zonas do edifício.

Assim como *Abraj Al-Bait Clock Tower*, o Lotte World Tower também busca adaptar um arranha-céu a um contexto histórico, através de formas e tecnologias inovadoras.

13 LEED Gold: (60-79 pontos): Obter a certificação Ouro indica que um edifício se destacou em seu projeto e operação sustentáveis, garantindo mais de 60% dos pontos LEED. Este nível de prestígio é indicativo da adoção abrangente das melhores práticas em sustentabilidade por um projeto. (Walsh, 2024).

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

v. Merdeka 118, Kuala Lumpur, Malásia.

O Merdeka 118 é o segundo arranha-céu mais alto do mundo, figura 66, atingindo os 635 metros, e é o novo símbolo da Malásia. Foi projetado pelo escritório de arquitetura australiana Fender Katsalidis, e é considerado um edifício neofuturista.

Figura 66 - Merdeka 118, Kuala Lumpur, Malásia



Fonte: Council on Tall Buildings and Urban Habitat. (s.d.)

Com a conclusão da construção desta torre, a linha do horizonte de Kuala Lumpur passou a ter mais um ícone arquitetónico, junto com as torres Petronas, figura 42. Como é visível na figura 67, o edifício se destaca em relação a sua envolvente, onde a altura dos edifícios vizinhos é muito inferior à do arranha-céu.

Figura 67- Linha do horizonte de Kuala Lumpur / Malásia



Fonte: WikiArquitectura. (s.d.)

Inovação e Tecnologia

Para manter uma torre com mais de 600 metros de altura, a estrutura teve que ser concebida de forma distinta, pois para garantir sua estabilidade e durabilidade, desenvolveram um sistema composto por oito Mega colunas perimetrais, colunas intermediárias, e um núcleo central, cuja execução em concreto de alto desempenho assegura uma rigidez de alta resistência às forças do vento. Além disso, para minimizar o impacto das correntes de ar na estrutura, a agulha de 158 metros de altura no topo do edifício foi projetada com uma treliça espacial 3D, otimizada por meio de testes aeroelásticos.

Sustentabilidade

A torre foi projetada para ser energeticamente eficiente, obtendo várias certificações, como LEED Platinum, GBI¹⁴ e GreenRE¹⁵. A recolha de águas pluviais, existência de sensores de luz diurna e vidros de baixa emissividade são algumas das suas características para melhorar a sustentabilidade. Todas as noites, a torre ilumina o céu da cidade com suas luzes de LED, realçando sua imponência e presença marcante, conforme ilustrado na figura 68.

Figura 68 - Merdeka 118 durante a noite.



Fonte: WikiArquitectura. (s.d.).

14 GBI: Green Building Index é um sistema de certificação de construções sustentáveis malaio, desenvolvido para avaliar e promover práticas de construção ecológicas e sustentáveis.

15 GreenRE: É uma certificação criada na Malásia que promove práticas de construção sustentável, focando em eficiência energética e conservação de recursos.

2.3 Projetos Emblemáticos do século XXI

i. Torre Agbar (Barcelona, Espanha)

O edifício projetado por Jean Nouvel, inaugurado em 2005, ergue-se a 144,4 metros de altura ao longo de 38 pisos. Destinado predominantemente a escritórios, destaca-se pela sua forma contemporânea e funcional, integrando-se de maneira distintiva na paisagem urbana da cidade.

Inspirada nas montanhas de Montserrat e na arquitetura vibrante de Gaudí, a Torre Agbar (Figura 69) apresenta uma forma que lembra um gêiser emergindo. Jean Nouvel enfatiza a influência das cores vivas e variadas encontradas nesses elementos naturais e arquitetônicos.

A fachada dinâmica do edifício é composta por painéis de vidro que mudam de cor conforme a incidência de luz, explorando tonalidades vívidas. Com mais de 4.500 aberturas em sua estrutura de concreto, os alçados não apenas proporcionam iluminação natural abundante, mas também conferem uma estética única e contemporânea ao conjunto arquitetônico.

Figura 69 - Torre Agbar, Barcelona | Espanha.



Fonte: Dezeen. (2017)

A torre se destaca a linha do horizonte de Barcelona, incorporando diversos conceitos arquitetônicos e inovando na paleta de cores e nos materiais empregados. Por romper com a altura usual dos prédios da região, este arranha-céu altera a cêrcea da cidade, evidenciado tanto pela sua forma quanto pelas cores utilizadas.

ii. Marina Bay Sands (Singapura)

Projetado por Moshe Safdie e inaugurado em 2010, o hotel Marina Bay (Figura 70) destaca-se por suas três torres retangulares verticais que se entrelaçam e se separam, formando a imagem de um barco no topo. Além do inovador *Sky Park* e da primeira piscina de borda infinita do mundo, o projeto integra de forma fluida espaços públicos como teatro, casino, lojas e restaurantes, proporcionando vistas panorâmicas deslumbrantes da baía e da cidade em todos os níveis.

Safdie optou por criar três torres em vez de uma única estrutura para evitar a criação de uma barreira visual entre o centro da cidade e a orla. Essa abordagem reinterpreta o espaço público como um elemento de conexão, promovendo uma transição contínua desde a área costeira até o *Sky Park*. Isso não só preserva a identidade urbana, mas também assegura que cada visita ao arranha-céu ofereça uma vista única da cidade, evitando a monotonia de uma torre isolada.

Figura 70 - Marina Bay, Singapura.



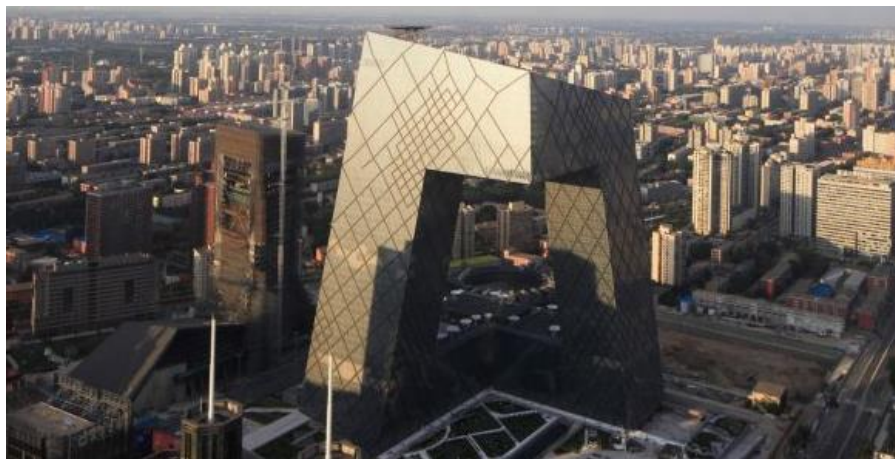
Fonte: Marina Bay Sands. (2022)

iii. Sede da CCTV (Pequim, China)

Projetado por Rem Koolhaas e Ole Scheeren (OMA), e inaugurado em 2012, o edifício atinge 234 metros de altura distribuída por 54 andares, destinado ao uso de escritórios. A sede da CCTV (Figura 71) é reconhecida por sua forma deconstrutivista inovadora, sendo um dos primeiros edifícios conectados na história da arquitetura, onde dois arranha-céus são integrados eficientemente em altura, formando um único elemento. Sua estrutura é sustentada por uma malha de aço triangular visível a partir dos 75 metros de altura, com fachadas de vidro serigrafado.

O edifício foi premiado pelo CTBUH como o melhor arranha-céu de 2013, devido ao seu impacto considerável na arquitetura chinesa. Ele exemplifica o conceito de “arquitetura radical”, apresentando inovações nas técnicas de construção e uma resistência aprimorada a eventos sísmicos e forças de vento. Sua estrutura toroidal não apenas proporciona estabilidade estrutural, mas também cria um ambiente que atende a requisitos funcionais, sem comprometer as qualidades estéticas do projeto.

Figura 71 - Sede da televisão chinesa CCTV



Fonte: Dezeen. (2022)

O edifício assume um carácter que enfatiza a sua elevada tridimensionalidade volumétrica, que rompe com a habitual volumetria de um elemento esbelto e vertical. A altura materializa-se com uma nova linguagem e a sua complexidade molda uma nova forma de ser ver um arranha-céu. Será uma nova era?

iv. Bosco Verticale (Milão, Itália)

Projetado por Stefano Boeri e inaugurado em 2014, o edifício de 112 metros de altura distribuídos por 27 andares é dedicado ao uso residencial. A Torre Bosco Verticale, ilustrada na figura 72, introduziu um conceito inovador à época, substituindo materiais convencionais por uma tela de vegetação que não apenas cria um microclima interno, mas também filtra partículas finas, absorve CO₂ e produz O₂, funcionando como um escudo acústico. Com suas varandas amplas e vegetação exuberante, o projeto abriga 40 árvores de grande e médio porte, 300 árvores pequenas, 11.000 plantas perenes e 5.000 arbustos.

A “sustentabilidade” é uma prioridade, evidente na orientação e na altura dos pisos, projetados especificamente para maximizar o benefício das espécies vegetais escolhidas. A seleção meticulosa das espécies e seu posicionamento foram resultados de três anos de estudo por botânicos e etólogos, garantindo uma adaptação harmoniosa ao ambiente urbano.

Figura 72 - Torre Bosco Verticale, Milão | Itália



Fonte: ArchDaily. (2015)

O Bosco Verticale é visto por muitos como um grande exemplo do crescente interesse em integrar mais áreas verdes nos arranha-céus. No entanto, viver em apartamentos desse nível é viável apenas para uma pequena parte da sociedade, devido aos custos elevados de manutenção. Essa abordagem inovadora de construção em altura, com plantas e possivelmente até algumas espécies animais, como pássaros, borboletas e insetos, procurando outras possibilidades de integração da arquitetura

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

com elementos naturais, nos leva a questionar se realmente nos importamos com o meio ambiente ou se estamos simplesmente buscando um luxo superficial?

v. **111 West 57th Street (Nova Iorque, EUA)**

Projetado pelos SHoP Architects e inaugurado em 2021, o edifício impressiona com seus 435,3 metros de altura distribuídos por 84 andares, destinados ao uso residencial.

O 111 West 57th Street, ilustrado na figura 73, destaca-se pela sua tipologia superfino, que foge dos padrões convencionais de zoneamento de Midtown, apresentando uma forma esbelta e elegante, ao invés dos tradicionais desenhos escalonados da área. Os alçados são revestidos com blocos de terracota extrudida e esmaltada, criando pilastras onduladas que formam um padrão visual distintivo. A estrutura combina concreto de alto desempenho com elementos metálicos.

Em termos de impacto urbano e exclusividade, o 111 West 57th Street foi projetado para preservar o edifício histórico Steinway, crescendo ao seu lado sem causar danos diretos. Sua localização privilegiada e padrão elevado destacam-se, oferecendo vistas deslumbrantes do *Central Park* e de toda a cidade de Nova Iorque.

Figura 73 - Torre 111 West 57th Street e Fachada, respectivamente.



Fonte: Council on Tall Buildings and Urban Habitat. (s.d.).

O gigante superfino norte-americano está parcialmente vazio, pois cada apartamento chega a custar aproximadamente entre 13 e 49 milhões de dólares americanos.

2.4 Tecnologias de arranha-céus em projetos de menores dimensões.

Os arranha-céus não são apenas marcos arquitetônicos, mas também impulsionam o desenvolvimento de tecnologias que beneficiam construções menores. A inovação criada para esses gigantes urbanos frequentemente se traduz em melhorias para projetos de menor escala.

O edifício da Organização das Nações Unidas, (Figura 37), foi pioneiro na implementação de sistemas de ar condicionado em larga escala. Essa inovação, inicialmente criada para grandes edifícios, foi adaptada e aplicada a projetos menores, oferecendo soluções de climatização mais eficientes e confortáveis dentro de casas residenciais.

One *World Trade Center* (Figura 56), frequentemente utilizam vidros com revestimentos especiais para otimizar a eficiência energética e o conforto. Esses revestimentos controlam a entrada de calor e luz solar, e a tecnologia desenvolvida para esses edifícios tem sido adaptada para melhorar a eficiência em construções menores, figura 74.

Figura 74 - Vidro de alta resistência aplicado em residência.



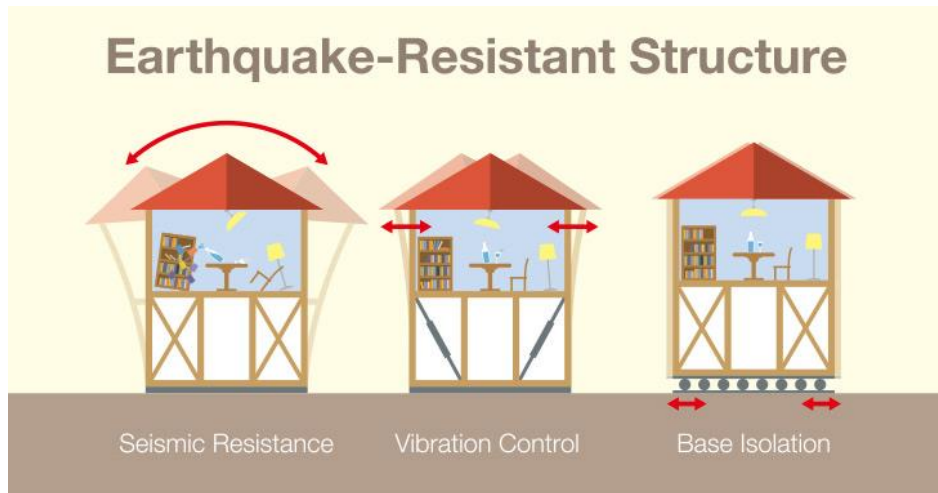
Fonte: Aluminium Windows and Doors. (s.d.)

As Torres Gêmeas (Figura 38), em Nova Iorque, exemplificam o uso de técnicas avançadas de construção com aço para suportar grandes cargas. Essas técnicas, originalmente desenvolvidas para arranha-céus, foram adaptadas para aumentar a eficiência do uso do aço na construção em menor escala.

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Já o Burj Khalifa (Figura 46), frequentemente incorporam tecnologias avançadas de resistência a terremotos para garantir estabilidade e segurança em áreas sísmicas. Técnicas como isoladores de base e amortecedores de massa, desenvolvidas para essas estruturas altas, foram adaptadas para edifícios menores, figura 75.

Figura 75 - Esquema estrutural de residência resistente a sismo.



Fonte: *Luxus Construction. (s.d.)*

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Capítulo III - Estudo de Caso: O Shard em Londres

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

3.1 The Shard como Objeto de Estudo

O arranha-céu Shard, (Figura 76), redefiniu a linha do horizonte de Londres em 2013, tornando-se um símbolo de avanço tecnológico para a cidade. O edifício de uso misto é considerado uma “cidade vertical”, e inclui mais de 55.000 metros quadrados de área para escritórios em 25 pisos, um hotel de 17 pisos, três pisos de restaurantes, várias galerias de observação, 13 pisos de apartamentos e um piso de observação ao ar livre no nível 72.

De acordo com *Cambridge Dictionary*, a palavra SHARD significa:

Definição: “*a piece of a broken glass, cup, container, or similar object*”.

Exemplo: “*Shards of glass have been cemented into the top of the wall to stop people climbing over*”.

Figura 76 - O Shard (dia/ noite), Londres | Reino Unido.



Fonte: Fotografia do autor (2024)

A forma arquitetónica marcante do edifício, inspirado num “fragmento de vidro”, apresenta uma forma cónica que se adapta para diferentes utilizações.

Tradução do autor da definição e exemplo:

[Um fragmento de vidro, copo, recipiente ou objeto semelhante quebrado]

[Fragmento de vidro foram cimentados no topo do muro para impedir que as pessoas subissem]

Construído através da combinação construtiva de betão e aço, o Shard utiliza técnicas inovadoras como a construção de núcleo *top-down*¹⁶ e tecnologia *jump-lift*¹⁷. Estes métodos permitiram uma construção eficiente, rápida e segura.

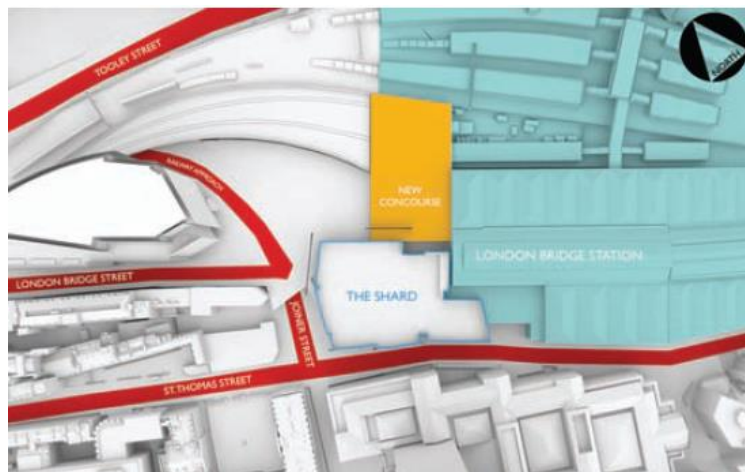
Localizado ao lado da Estação de London Bridge, o Shard promove a sustentabilidade de forma prática. O edifício tem poucos lugares de estacionamento, incentivando o uso de transportes públicos. Além disso, sua construção levou à grande remodelação da estação próxima, melhorando a infraestrutura e facilitando o acesso sem a necessidade de carros. Isso ajuda a reduzir as emissões de carbono e o congestionamento na área.

Pela regeneração que desencadeou, o Shard tornou-se um catalisador para a revitalização urbana, contribuindo para a vitalidade económica e social daquela região de Londres.

i. Contexto Histórico e Localização

O Shard localiza-se ao lado sul do Rio Tamisa e da estação de *Londres Bridge* (Figura 77 e 78). Implanta-se na esquina da *St. Thomas Street* com a *Joiner Street*, sendo uma das mais antigas áreas históricas de Londres, com pequenos e tradicionais edifícios ingleses, e ruas estreitas, que remontam da era romana até ao século XIX.

Figura 77 - Localização do Shard



Fonte: Agrawal, R., Parker, J., & Slade, R. (2014, p.19).

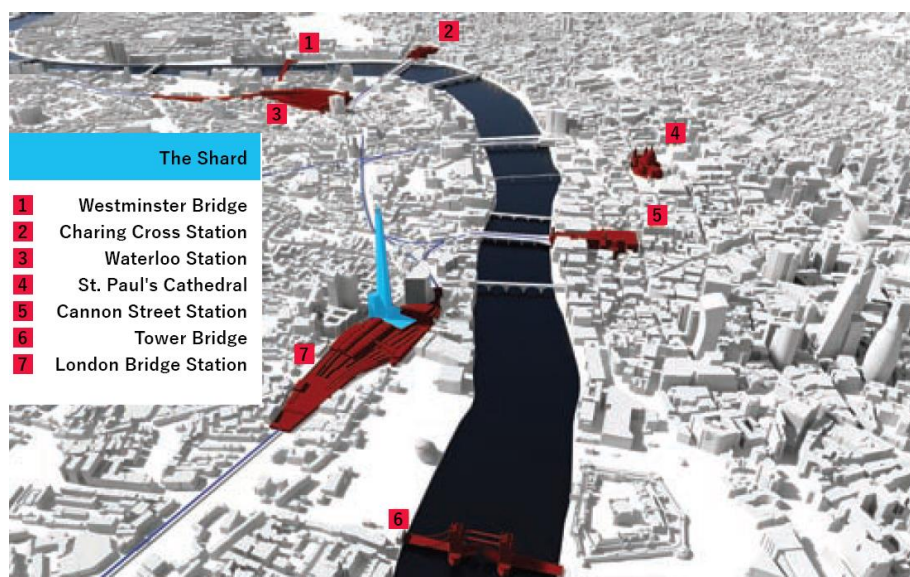
16 top-down: A tecnologia top-down na construção é uma técnica em que os andares superiores são construídos antes dos inferiores, que são escavados e concluídos ao mesmo tempo.

17 jump-lift: O jump-lift é um elevador temporário que acompanha o crescimento do edifício, facilitando o transporte durante a construção.

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Ao longo dos anos, o atual terreno do Shard foi usado para vários edifícios associados à atividade ferroviária. Entre eles estavam escritórios, um hotel e um depósito dos Correios. A ferrovia *Londres-Greenwich* foi a primeira a chegar à capital em 1836, estabelecendo um terminal no *London Bridge*. A estação cresceu rapidamente e tinha mais de 300 metros de comprimento e 130 metros de largura em 1893. Para além da principal linha de comboio, também o Metropolitano de Londres construiu uma estação da *Northern Line* em *London Bridge*. Ao longo dos anos, esta estação passou por várias modificações.

Figura 78 - Localização do Shard e sua envolvente



Fonte: Agrawal, R., Parker, J., & Slade, R. (2014, p.19)

No início dos anos 2000, nesta área da cidade foram também construídas uma movimentada estação de autocarros e a extensão da Jubilee Line até à London Bridge. Anualmente, cerca de 48 milhões de passageiros usam os vários meios de transporte disponíveis na estação de London Bridge, e uma das razões para a construção do Shard foi a disponibilidade deste importante centro de transporte.

A área onde hoje se localiza o Shard foi severamente bombardeada durante a Segunda Guerra Mundial, tendo sido destruída uma esquina da estação que existia na época (Figura 79).

Figura 79 - Estação ferroviária Londres-Greenwich pós-guerra



Fonte: Agrawal, R., Parker, J., & Slade, R. (2014, p.20)

O local foi reconstruído pela empresa independente *Price Waterhouse Coopers* na década de 1970, e contemplou o *Southwark Towers*, um edifício de 26 andares (Figura 80), construído com betão armado e fundação em estacas perfuradas sobre o solo barrento de Londres.

Figura 80 - Edifício Southwark towers (1975)



Fonte: RIBA Collections. (s.d.)

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

A sua volumetria caracterizava-se pelo desenho em forma de Y, que permitiu a entrada de muita luz natural nos escritórios. Mas as alas eram estreitas, dificultando a utilização da sua área útil de 19.800m².

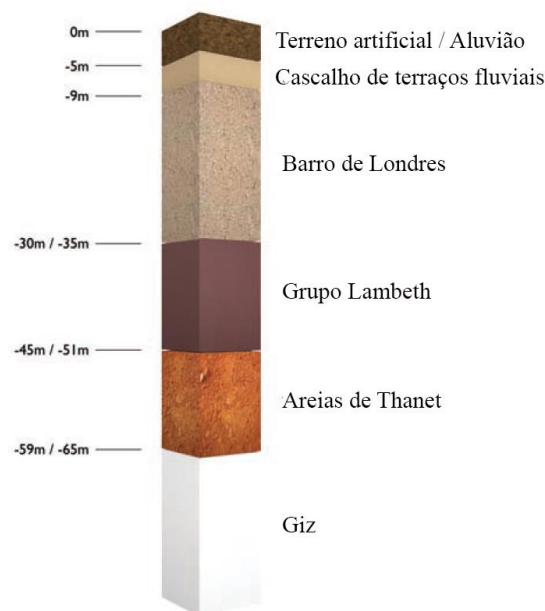
Irvine Sellar, coproprietário do Shard, tinha a visão ambiciosa de criar uma cidade vertical com arquitetura marcante, oferecendo diversas experiências aos visitantes. Impulsionado pelos incentivos governamentais para operações de alta densidade, adquiriu o Edifício Southwark que, após muitas discussões e a apresentação da solução do arquiteto Renzo Piano, foi demolido em 2007 para dar lugar ao Shard em 2012.

ii. Geologia de Londres

Um dos problemas para construir perto do rio Tamisa é o solo, que apresenta a geologia típica de Londres (Figura 81).

O solo próximo ao rio Tamisa é predominantemente composto de argila e sedimentos aluviais, que são instáveis e exigem fundações profundas e complexas para garantir a estabilidade das edificações.

Figura 81 - Exemplo do solo de Londres



Fonte: Agrawal, R., Parker, J., & Slade, R. (2014, p.20) Traduzido pelo autor.

O lençol freático situa-se no topo do cascalho, cerca de 4 metros abaixo do nível do solo, e a alta permeabilidade deste estrato foi um dos maiores desafios para

manter a cave seca. A água também está presente nas areias e no Grupo Lambeth, exigindo a construção das estacas sob bentonite.

O local é cercado por várias pequenas falhas que se estendem de norte a sul. Isso resulta em uma diferença de 5 metros na base do barro de Londres e nos estratos subjacentes, sendo o local mais baixo a leste do que a oeste.

Por estes motivos, construir nesta zona torna-se um grande desafio quando se trata de um arranha-céu, assim como o edifício Monadnock (1893) (Figura 27).

3.2 Arquitetura do Shard

O conceito por trás do projeto do Shard começou através de um almoço entre o empresário Irvine Sellar e o arquiteto Renzo Piano, em Berlim, no dia 30 de maio de 2000.

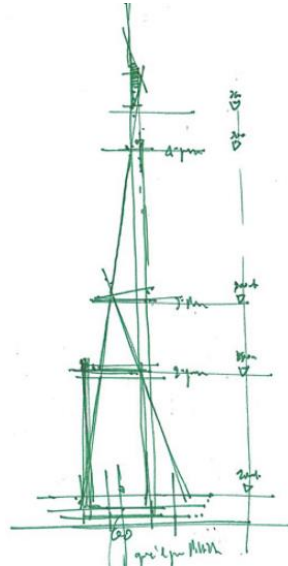
Neste encontro o empresário explicou ao arquiteto que pretendia construir um arranha-céu na cidade de Londres e que teria que ser algo inovador jamais visto.

De acordo com o website do arranha-céu Shard, onde é apresentada a sua história, há um relato onde o empresário Irvini Sellar comenta que o arquiteto teve uma reação inicial nada encorajadora para a construção de um arranha-céu. Piano, (2000) comentou:

“You know, I hate tall buildings - they are arrogant, aggressive, like fortresses”.

Porém, de alguma forma, tanto o rio Tamisa como a estação ferroviária captaram atenção do arquiteto, que pegou um guardanapo e começou a desenhar um esboço (Figura 82), que reflete muito o edifício que hoje conhecemos como Shard.

Figura 82 - Esboço de Renzo Piano sobre o Shard (2000)



Fonte: Agrawal, R., Parker, J., & Slade, R. (2014, p.20)

Tradução do autor da citação direta de Piano, E. (2000)

[Sabe, eu odeio edifícios altos - eles são arrogantes, agressivos, como fortalezas].

O esboço mostra que sua ideia era crescer verticalmente, porém não uniformemente, dando assim a sensação que o edifício está se desmaterializando no céu, evitando as soluções comuns como eram feitas nas cidades como Nova Iorque.

Após a celebração do contrato para desenvolver o projeto, a equipa de arquitetura RPBW decidiu explorar a vista urbana das torres de Southwark. Os arquitetos ficaram profundamente impressionados com a imagem do rio Tamisa contrastando com as linhas de ferro das ferrovias.

Agrawal et al., (2014, p.19) afirmam que:

The project then began to take shape, by reference to the movement and scale of these 'rivers', by the inspiration of 17th Century landscapes and through a belief that the idea of a tall, mixed-use tower was an idea fully compatible with urban regeneration and living in the city.

A inspiração mencionada na citação é referênte à pintura de Canaletto (1748), como ilustrado na figura 83.

Figura 83 - Pintura de Canaletto da cidade de Londres (1748)



Fonte: Agrawal, R., Parker, J., & Slade, R. (2014, p.21)

Tradução do autor da citação direta de Agrawal et al., (2014)

[O projeto começou então a tomar forma, por referência ao movimento e à escala desses 'rios', pela inspiração nas paisagens do século XVII e através da crença de que a ideia de uma torre alta de uso misto era plenamente compatível com a regeneração urbana e a vida na cidade.]

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Na pintura de Londres de 1748, percebe-se que a cidade era marcada por igrejas com telhados em forma de agulha, típicos do estilo gótico. Embora a semelhança com o Shard não tenha sido intencional, é possível notar paralelos entre o gótico inglês e o estilo contemporâneo.

Após analisar as características do arranha-céu, alguns elementos contribuem para a sua singularidade e impacto na paisagem urbana de Londres.

i. Forma Cônica e verticalidade

A sua forma é o elemento mais marcante quando nos remetemos a este arranha-céu. Combinando a forma com a altura marcante, cria-se uma presença icônica que se destaca por toda a cidade, servindo de referência geográfica.

De acordo com o CTBUH, o Shard foi considerado o maior arranha-céu da União Europeia no ano de 2013, como ilustra a tabela 5.

Tabela 5 - Tabela de maiores arranha-céus da UE, 2013.

Lista de maiores arranha-céu da União Europeia em 2013.								
CLASSIFICAÇÃO	NOME	CIDADE	PAÍS	CONCLUSÃO	ALTURA	PISOS	MATERIAL	FUNÇÃO
1	Shard	Londres	Reino Unido	2013	306 m	73	Composto Concreto-Aço	Escritório / Residencial / Hotel
2	Torre do Commerzbank	Frankfurt am Main	Alemanha	1997	259 m	56	Composto Concreto-Aço	Escritório
3	Messe Turm	Frankfurt am Main	Alemanha	1990	256,5 m	64	Todo em concreto	Escritório
4	Torre de Cristal	Madrid	Espanha	2008	249 m	50	Todo em concreto	Escritório
5	Torre Cepsa	Madrid	Espanha	2008	248,3 m	49	Composto Concreto-Aço	Escritório

Fonte: Adaptado da Tabela de edifícios. CTBUH. (<https://www.skyscrapercenter.com/buildings>)

Com este título, o Shard segue sendo até os dias atuais o maior arranha-céu do Reino Unido, e o nono da Europa (Seria o segundo maior da EU caso não houvesse ocorrido o BREXIT).

A forma icônica do edifício mostra como a cidade está sempre evoluindo e se adaptando com novas ideias arquitetônicas. Além disso, ele não só compete no cenário global para ser a maior estrutura, mas também busca o título de maior edifício em seu próprio país.

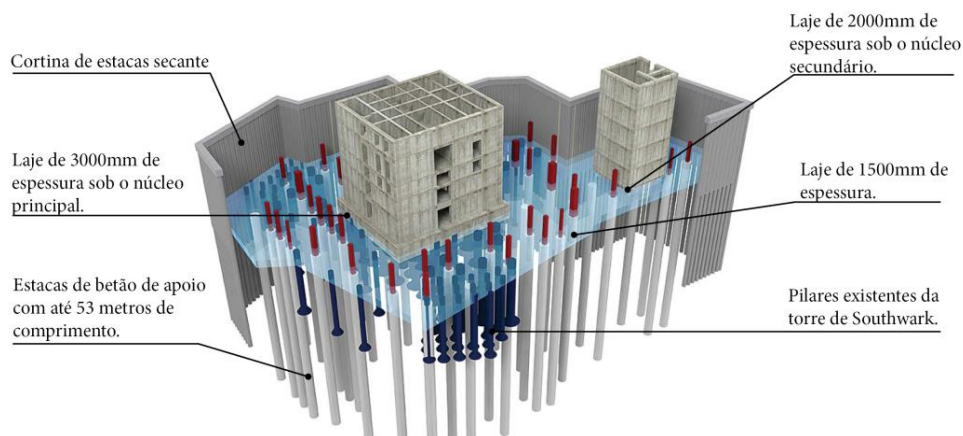
3.3 Tecnologias avançadas do Shard e suas aplicações

i. Estabilidade e Robustez Estrutural

Para assegurar a robustez do Shard no solo de barro de Londres, os engenheiros projetaram colunas perimetrais específicas como tubos de aço preenchidos com argamassa. Além disso, o núcleo de betão central do edifício não só aumentou a resistência estrutural, mas também forneceu rotas seguras de evacuação em emergências. As Amarrações verticais e horizontais, conforme a norma BS 5950-1¹⁸ foi essencial para manter a integridade do edifício em casos de cargas acidentais, como a remoção de colunas. (Figura 84).

Para simular a resposta estrutural em cenários de emergência, utilizou-se a análise dinâmica não linear de elementos finitos 3D^{Erro! Fonte de referência não encontrada.}, testando a remoção virtual de colunas uma a uma.

Figura 84 - Modelo de fundação



Fonte: Agrawal, R., Parker, J., & Slade, R. (2014, p.23). Adaptado pelo autor.

Nesta fundação foi considerado o monitoramento de movimento, vibração, água subterrânea e reutilização de estacas antigas. Usaram o método “de cima para baixo” com colunas e lajes de 3m de espessura, reforçadas. Isso garantiu uma base sólida e adaptável ao terreno.

18 Norma BS 5950-1: A norma recomenda o projeto de estruturas de aço, incluindo seções laminadas a quente e formadas a frio, para edifícios e estruturas similares.

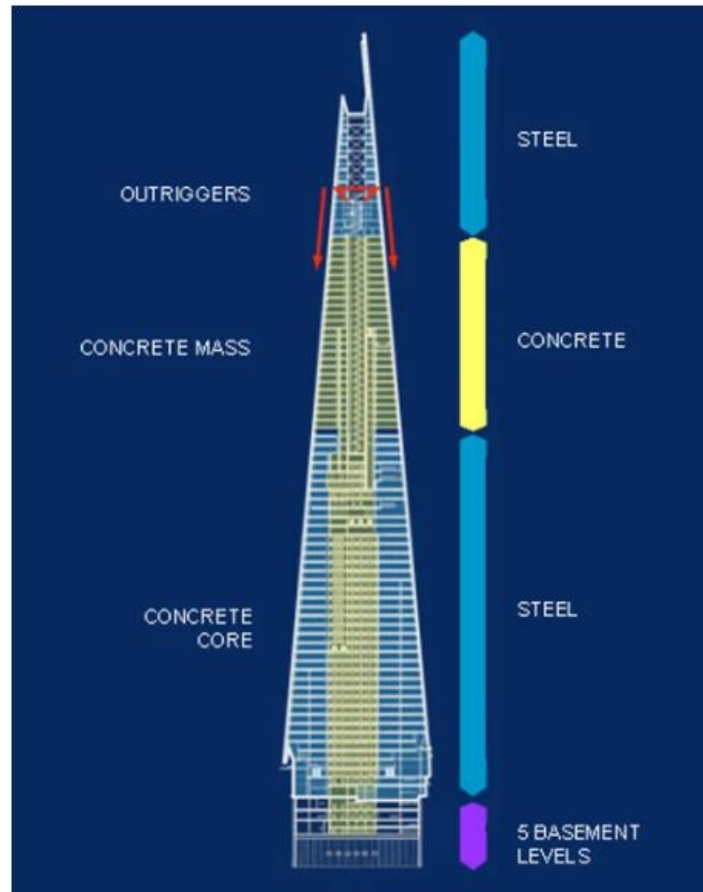
19 Análise dinâmica não-linear de elementos finitos 3D: A FEA utiliza o Método de Elementos Finitos para analisar problemas estruturais e multifísicos, ajudando tanto no desenvolvimento de novos produtos quanto na investigação de falhas.

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

ii. Núcleo Central e Estrutura de Suporte

A estabilidade lateral do Shard é garantida por seu núcleo central de betão armado, que se estende desde o subsolo até o topo do edifício. Esse núcleo centraliza a transferência de forças laterais para a laje do piso térreo e, subsequentemente, para as estacas e laje de fundação no subsolo. Figura 85.

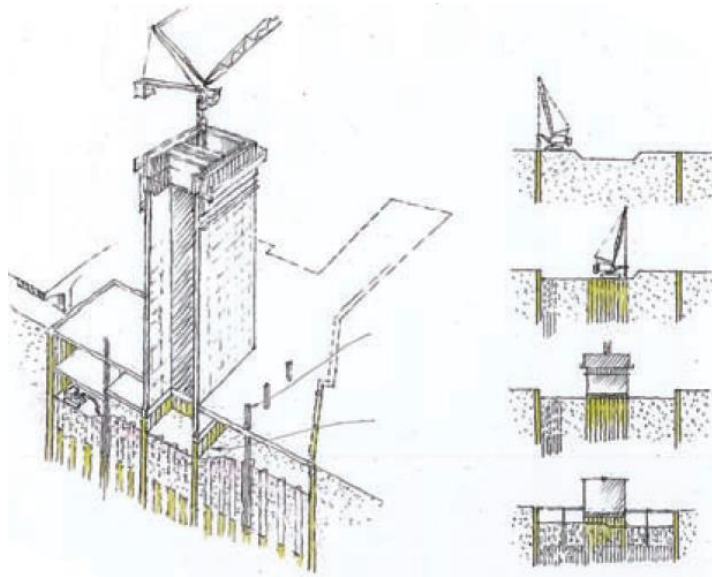
Figura 85 - Estrutura do Edifício Shard.



Nota: *Concrete core*: Núcleo de betão, *Concrete mass*: Massa de betão,
5 basement levels: 5 pisos de cave, *Outriggers*: Braços de estabilização, *Steel*: Aço
Fonte: Ingenia. (s.d.).

A construção do núcleo do Shard utilizou técnicas de fôrma deslizante, figura 86, permitindo uma construção rápida, com uma taxa de subida de aproximadamente 3 metros por dia. A precisão da construção foi garantida pelo uso de tecnologia GPS, resultando em uma tolerância de $\pm 25\text{mm}$, essencial para a integridade estrutural do edifício.

Figura 86 - Técnicas de fôrma deslizante.



Fonte: Agrawal, R., Parker, J., & Slade, R. (2014, p.23)

Trabalhando 24 horas por dia, durante 6 dias por semana, o núcleo do Shard, levou cerca de 20 meses para ser construído.

iii. Testes e Simulações de Vento

Os testes e simulações de ventos realizados pela Rowan Williams Davies & Irwin Inc. (RWDI) em Toronto, desempenharam um papel crucial no desenho arquitetônico e construção do Shard. Esses testes utilizaram a técnica de balanço de força de alta frequência para avaliar como a estrutura do Shard reagiria a diferentes condições de vento. O modelo foi testado em 36 direções de vento diferentes, e verificações de sensibilidade foram realizadas variando a relação de amortecimento e as frequências naturais.

iv. Pináculo

Para finalizar o edifício, o pináculo (*Spire*) é a estrutura no topo da torre que lhe confere um acabamento distinto, abrigando uma galeria de observação pública. Como mencionado anteriormente, uma das características marcantes do projeto é sua transição suave em direção ao céu, alcançada pela redução gradual da densidade da estrutura conforme se aproxima do topo. (Figura 87).

Figura 87 - Estrutura metálica do Pináculo



Fonte: Agrawal, R., Parker, J., & Slade, R. (2014, p.26)

A construção da Spire envolveu uma cuidadosa combinação de betão e aço, onde um núcleo de betão armado se estende até o nível 72 e, continuando depois como um mastro de aço. Os pisos sólidos deram lugar a grades abertas, enquanto os (fragmentos) do alçado, que se estendem além dos diferentes níveis, adicionam um toque distintivo à estrutura.

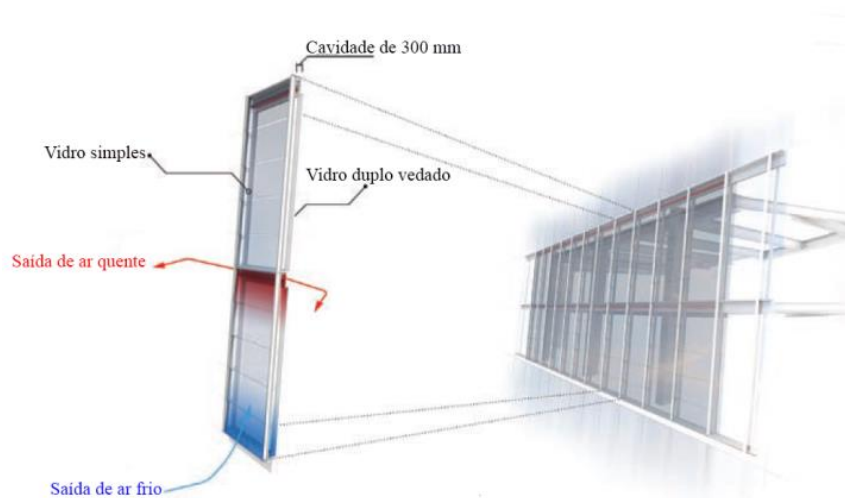
v. Incêndio

A segurança contra incêndios foi fundamental durante o projeto, visando garantir a máxima proteção para o arranha-céu. Para isso, foram avaliados os requisitos de resistência ao fogo de cada componente da estrutura em diferentes cenários de incêndio. Como resultado, foram implementadas medidas de proteção passiva, como a aplicação de materiais resistentes ao fogo em colunas e vigas, e utilizados modelos computacionais avançados para prever o comportamento da estrutura em situações de incêndio.

Fachadas e Elevadores

Fachada: Concebida para uma estética clara e cristalina através do uso de vidro de baixo teor de ferro e painéis triplos, não só proporciona uma integração visual harmoniosa com o entorno, como também garante eficiência energética e conforto térmico para os ocupantes. Figura 88.

Figura 88 - Alçado de vidro [detalhes].

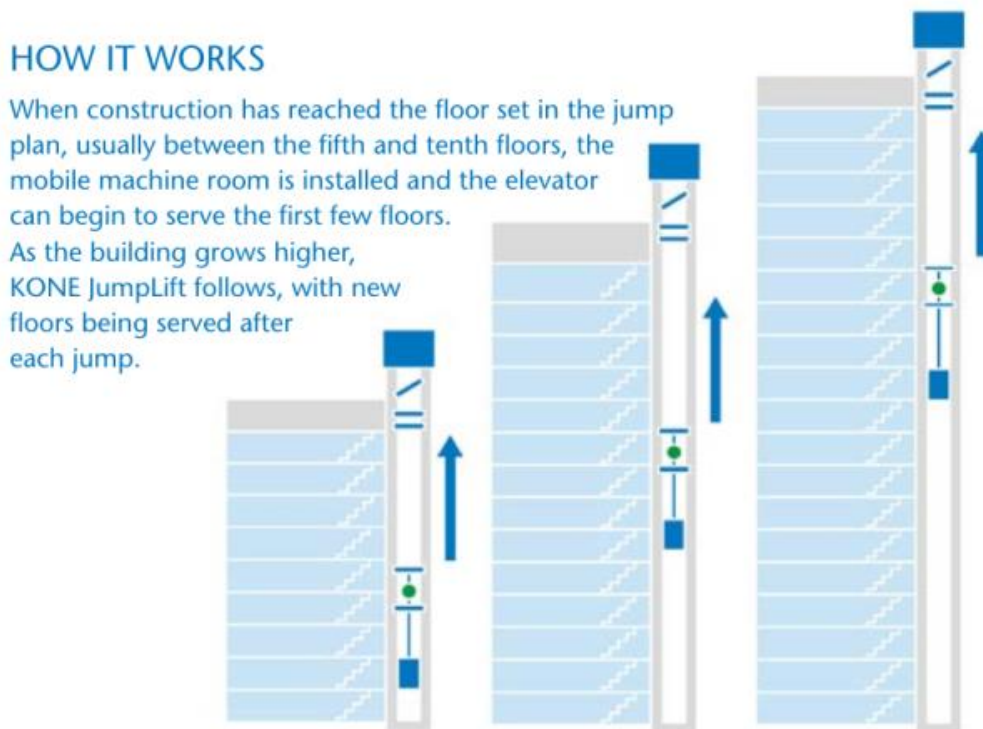


Fonte: Agrawal, R., Parker, J., & Slade, R. (2014, p.28). Adaptado pelo autor.

Elevadores: A verticalidade do Shard é servida por elevadores de dois andares no núcleo principal, da tecnologia JumpLift™, figura 89, projetados para proporcionar transporte rápido e eficiente. Além disso, eles foram concebidos para funcionar como meio de evacuação em caso de incêndio, garantindo a segurança dos ocupantes.

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Figura 89 - Elevador KONE JumpLift



Fonte: KONE. (s.d.)

3.4 O impacto do Shard em Londres

O arranha-céu domina o horizonte de Londres, fazendo com que os edifícios ao redor pareçam baixos. “Cravado” no tecido histórico da cidade, o Shard supera em altura um dos marcos mais importante, como a Catedral de Southwark (Figura 90), a Tower Bridge (Figura 91) e o museu do Tate (Figura 92).

Tradução do autor da figura 89:

[Quando a construção atingir o andar definido no plano de salto, geralmente entre o quinto e o décimo andar, a sala de máquinas móvel é instalada e o elevador pode começar a servir os primeiros andares. À medida que o edifício cresce, o KONE JumpLift acompanha, com novos andares sendo servidos após cada salto].

Figura 90 - Catedral de Southwark



Fonte: National Churches Trust. (s.d.)

Figura 91 - Tower bridge



Fonte: Protectahome. (s.d.)

Figura 92 - Museu do Tate



Fonte: Viscount Cruises. (2020)

Com o objetivo de entender melhor o impacto do arranha-céu na cidade, alguns arquitetos e críticos expressam suas opiniões sobre os efeitos causados pela realização deste megaprojeto.

De acordo com o crítico colunista Jenkins (2012), o Shard desrespeita as diretrizes de planejamento e falha em se integrar ao tecido urbano. Para ele, a torre simboliza o excesso financeiro e a falta de consideração pelo contexto histórico de Londres, especialmente em áreas como Bermondsey, onde a presença do Shard se destaca de forma desarmônica.

O autor chega a descrever sobre a localização do edifício, sustentando:

“Some people find the Shard beautiful. I am sure I would in the Gulf, as I admire the Burj Khalifa. But Bermondsey is not Dubai”. (Jenkins, 2012).

Assim como Simon Jenkins, o crítico Owen Hatherley sustenta que o Shard:

“The best thing about the Shard is that it makes such an explicit statement about power, about who matters and who doesn't”. (Hatherley, 2012).

Hatherley sugere que essa falta de sensibilidade estética contribui para aprofundar as divisões de classe em Londres. Assim, o arranha-céu não apenas serve como um símbolo visual, mas também como um lembrete das enormes disparidades de riqueza na cidade, marginalizando ainda mais as classes mais baixas.

Por outro lado, há críticos que contradizem as opiniões dos autores anteriores, como do arquiteto Pritzker, Rogers (2012), que descreve o Shard como uma adição marcante ao horizonte de Londres, onde elogia sua estética que muda conforme a luz. Ele destaca ainda que o edifício é como um exemplo do conceito de “vila vertical”, situado estrategicamente sobre um importante centro de transporte, ele também afirma que o arranha-céu contribuiu para a regeneração da área de Southwark e se estabelece como um novo ícone urbano na cidade.

Tradução do autor da citação direta de Jenkins (2012), e Hatherley (2012).

[Algumas pessoas acham o Shard bonito. Tenho certeza de que eu também acharia no Golfo, assim como admiro o Burj Khalifa. Mas Bermondsey não é Dubai]. (Jenkins, 2012).

[A melhor coisa sobre o Shard é que ele faz uma declaração tão explícita sobre poder, sobre quem importa e quem não importa]. (Hatherley, 2012).

Em concordância com o pensamento de Richard Rogers, o arquiteto e urbanista, Farrell (2012) destaca que a grande conquista do Shard é seu papel crucial na revitalização da Estação London Bridge, um dos centros de transporte mais problemáticos de Londres.

Farrel aponta que, apesar do impacto impressionante do edifício nas alturas, o sucesso de uma estrutura alta depende principalmente de como ela afeta o nível do solo. Ele aprecia a forma distinta e a estética do Shard, apesar de achar que sua aparência remete aos anos 60. Além disso, o autor elogia o espetáculo de luz da noite de abertura, que trouxe um toque “dramático” a linha do horizonte de Londres, como ilustra a figura 93.

Figura 93 - Show de luzes da inauguração do Shard (2013)



Fonte: ArchDaily Brasil. (2013)

Após examinar as diversas opiniões sobre o Shard, observa-se um consenso na diversidade de perspectivas. Os críticos reconhecem o impacto significativo do edifício na paisagem urbana de Londres, refletindo tanto a inovação quanto a controvérsia. Por um lado, há reconhecimento de sua contribuição para a revitalização de áreas degradadas e sua habilidade de marcar a cidade com um novo ícone arquitetônico. Entretanto, é evidente uma preocupação com a forma como o Shard se integra ao contexto histórico e urbano e a sua envolvente, apontando para uma possível desconexão com a escala e a identidade da região.

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

No entanto, o Shard exemplifica a complexidade de introduzir uma estrutura de grande escala em um ambiente urbano histórico. Ele destaca a tensão entre a modernidade e a preservação, evidenciando o desafio de equilibrar inovação arquitetônica com sensibilidade ao contexto urbanístico. A reação mista do arranha-céu sublinha a importância de considerar tanto os benefícios quanto os impactos potenciais das grandes intervenções arquitetônicas.

A evolução dos arranha-céus ao longo da história é marcada por uma série de inovações tecnológicas, mudanças culturais e respostas às demandas urbanas. Em Londres, uma cidade historicamente associada a construções de “menor escala”, o Shard emerge como um marco que rompe com as tradições, simbolizando uma nova era de verticalidade urbana.

A Torre Agbar, em Barcelona, exemplifica como a forma e a iluminação pode transformar um edifício em um ícone da cidade. Com sua forma orgânica e uma fachada que muda de cor ao longo do dia, ela destaca a importância da estética na arquitetura contemporânea, influenciando como os arranha-céus são percebidos em seu contexto. Já o *Marina Bay Sands*, em Singapura, vai além da estética e incorpora uma utilização multifuncional, combinando hotel, cassino e um parque na cobertura. Este edifício exemplifica como os arranha-céus podem ser complexos urbanos completos, atendendo a uma variedade de necessidades dentro de um único espaço.

A Sede da CCTV, em Pequim, desafia as convenções tradicionais de composição arquitetônica com sua estrutura em forma de “anel retorcido”. Essa abordagem radical redefine a relação entre espaço e função nos arranha-céus, propondo novas maneiras de pensar a arquitetura em altura. De forma semelhante, o *Bosco Verticale*, em Milão, introduz a vegetação como um elemento central do projeto arquitetônico, gerando debates sobre a viabilidade e os desafios de manter um ecossistema vertical em uma estrutura tão elevada. Esse conceito de integração da natureza à arquitetura vertical levanta questões sobre as implicações estéticas e urbanísticas desse tipo de proposta.

O *111 West 57th Street*, em Nova Iorque, por sua vez, representa a tendência dos “super esbeltos”, edifícios extremamente altos e finos que surgem como resposta à demanda por luxo em áreas densamente povoadas. Este arranha-céu exemplifica o uso de engenharia avançada para superar os desafios estruturais impostos por sua forma esbelta, mantendo ao mesmo tempo uma estética refinada e de grande impacto visual. Esse desenvolvimento reflete a constante evolução das técnicas construtivas e a busca por novas expressões arquitetônicas.

O Shard, em Londres, pode ser analisado à luz dessas referências. Assim como a Torre Agbar usa a iluminação para destacar sua presença urbana, o Shard também se beneficia de sua forma distinta, que marca a linha do horizonte londrino de maneira

única. A integração de funções diversas, como no Marina Bay Sands, também é vista no Shard, que combina escritórios, residências e um hotel, criando um complexo multifuncional no coração da cidade.

No que se refere às inovações estruturais, a Sede da CCTV e o Bosco Verticale compartilham com o Shard a busca por formas arquitetônicas que vão além do convencional. Embora o edifício mantenha uma forma mais alinhada ao conceito tradicional de arranha-céu, sua estrutura cônica e a engenharia avançada aplicada em sua construção mostram um compromisso com a inovação e a adaptação ao contexto urbano de Londres.

Assim como o 111 West 57th Street, com sua estrutura esbelta e engenharia sofisticada, o Shard, embora não seja “super esbelto”, utiliza tecnologia avançada para enfrentar desafios de altura e estabilidade em solo instável. É essencial considerar a segurança dos arranha-céus em relação a incêndios, sismos e ventos fortes. O Burj Khalifa, por exemplo, é projetado com sistemas robustos de proteção contra incêndios e resistência significativa a ventos intensos e sismos, assegurando a proteção de seus ocupantes. O Shard também adota inovações tecnológicas que garantem a segurança interna do edifício. A evolução dos elevadores, desde os primeiros modelos de Elisha Otis até os sistemas modernos do Shard, demonstra como a tecnologia é essencial para o desenvolvimento de edifícios cada vez mais altos.

Historicamente, a construção de arranha-céus sempre esteve ligada a desafios sociais e culturais. O *Insurance Building*, em Chicago, o primeiro arranha-céu do mundo, causou desconforto na sociedade da época por romper com a escala urbana existente, da mesma forma que o Shard gerou controvérsias em Londres. Ambos os edifícios exemplificam a tensão entre inovação arquitetônica e preservação do contexto urbano.

No entanto, a introdução de estruturas metálicas, como as vistas no *Fuller Flatiron* e no *Woolworth Building*, permitiu que os arranha-céus adotassem formas mais diversas, influenciando projetos subsequentes como o Shard, que também desafia a forma retangular tradicional dos arranha-céus.

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Por último, a corrida pela construção de edifícios cada vez mais altos, como Burj Khalifa em 2010, reflete um desejo global de criar ícones arquitetónicos que definem não apenas cidades, mas também eras. O Shard como o edifício mais alto de Londres, se insere nessa narrativa, sendo um exemplo contemporâneo da busca contínua por inovação e expressão na arquitetura vertical. A construção em altura, sempre foi acompanhada por críticas e debates, que permanecem relevantes até hoje com projetos como o Shard.

Conclusões

Embora esta dissertação se concentre nos arranha-céus e suas consequências para o ambiente urbano, é crucial reconhecer que o desejo de construir em altura não é um fenômeno recente. Essa intenção existe há muitos anos, manifestando-se em edificações que, apesar de serem feitas com materiais e para funções diferentes, já evidenciavam uma tendência à verticalidade. Contudo, o contexto histórico e os propósitos dessas torres sejam distintos dos que discutimos atualmente, elas representam uma evolução na maneira como a humanidade se relaciona com a arquitetura vertical.

Os arranha-céus que conhecemos atualmente como ícones contemporâneos e da arquitetura inovadora, apresentam uma gama complexa de desafios e oportunidades que moldam seu papel nas cidades. Desde que surgiram no final do século XIX, essas estruturas têm enfrentado questões técnicas e sociais que influenciam profundamente sua construção e presença nas áreas urbanas.

Um dos principais desafios dos arranha-céus é a necessidade de grandes quantidades de materiais e fundações robustas para garantir a estabilidade em terrenos variados e frequentemente instáveis. A construção desses edifícios exige uma quantidade significativa de recursos e soluções técnicas avançadas para assegurar sua integridade estrutural. Essa demanda elevada de materiais e a complexidade dos projetos levantam preocupações sobre os impactos ambientais e a eficácia das estratégias empregadas.

Além disso, a inserção dos arranha-céus no tecido urbano existente pode gerar impactos consideráveis. Em áreas com rica herança histórica ou alta densidade populacional, a introdução desses edifícios pode criar um contraste marcante entre o antigo e o novo. Esse choque visual e social pode resultar em uma sensação de desconexão e fragmentação no ambiente urbano, afetando a coesão e a continuidade da paisagem urbana.

Apesar desses desafios, os arranha-céus oferecem benefícios significativos. Eles têm a capacidade de revitalizar áreas degradadas e funcionar como marcos de progresso e inovação, como por exemplo, a região de Southwark, Londres. Esses edifícios não apenas geram novos centros de atividade econômica, mas também

podem redefinir a identidade visual das cidades, atuando como símbolos de modernidade e desenvolvimento.

O futuro dos arranha-céus será influenciado pela crescente demanda por habitação em áreas urbanas em expansão, além de enfrentar desafios técnicos e ambientais. Ademais, muitos países manterão seu desejo de figurar entre os detentores dos edifícios mais altos do mundo, se não de ter o mais alto. Essa busca por altura continuará a ser uma forma de afirmação e demonstração da capacidade tecnológica e financeira de cada nação.

A arquitetura e a engenharia precisarão evoluir para incorporar novas tecnologias e práticas que maximizem a eficiência das estruturas, ao mesmo tempo em que minimizam seus impactos negativos. Inovações como sistemas avançados de controlo sísmico e vidros de alta resistência são exemplos de como essas tecnologias podem melhorar a funcionalidade dos arranha-céus e também beneficiar projetos menores, oferecendo soluções eficazes para questões de segurança e conforto.

Portanto, a continuidade dos arranha-céus como elementos centrais na configuração das cidades, dependerá da habilidade de equilibrar inovação com responsabilidade ambiental, urbanística e social. Enfrentar esses desafios de forma eficaz permitirá que essas estruturas não apenas prosperem, mas também contribuam de maneira positiva e duradoura para o desenvolvimento urbano, moldando um futuro onde a excelência arquitetónica e as integridades ambientais coexistam harmoniosamente.

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Referências bibliográficas

Referências de dissertações, livros e artigos:

Agrawal, R., Parker, J. & Slade, R. (2014). The Shard at London Bridge. *The Structural Engineer*, 92(7), pp. 18-30.

Barr, J. M. (2021, Março 23). Skyscrapers and affordability. *Building the Skyline*. <https://buildingtheskyline.org/skyscrapers-and-affordability/>

Camões, A. (2006). Betões de elevado desempenho. In *Seminário Inovação em Betões*. Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho. <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/5771/1/Seminario-Construnor2006.pdf>

Cappon, D. (1971). Mental health in the high-rise. *Canadian Journal of Public Health / Revue Canadienne de Santé Publique*, 62(5), 426-431.

Condon, P. (2012). A city that runs on itself. *Our World*. <https://ourworld.unu.edu/en/a-city-that-runs-on-itself>

Gehl, J. (2010). *Cities for people*. Island Press.

Machado, J. R., & Mendes, C. M. (2003). O centro de Maringá e a sua verticalização. *Boletim de Geografia*, 21(1), 59-84.

Ray, P. (2018). Skyscrapers: Origin, history, evolution. *Journal on Today's Ideas-Tomorrow's Technologies*, 6(1), 9-20.

Relph, E. (1987). *A paisagem urbana moderna* (Livro 1). Edições 70.

Roth, L. V. (1918). *Geographical Review* (Vol. 5, No. 5, p. 384). <https://doi.org/10.2307/207468>

Santos, F. A. (2023). Torres e arranha-céus: por que construir em altura: o caso do edifício mais alto do mundo [Dissertação de mestrado não publicada, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Lusíada]. Repositório da Universidade Lusíada.

http://repositorio.ulusiada.pt/bitstream/11067/7085/1/mia_fabio_guimaraes_dissertacao.pdf

Website

American Institute of Architects Houston. (s.d.). *AO11: Guidelines for planning and designing high-rise office buildings* [PDF]. American Institute of Architects Houston. <https://aiahouston.org/media/uploads/resource-docs/ao11.pdf>

APAH. (2019, Junho 15). *Safety features in world's tallest building: Burj Khalifa*. <https://apah.org.in/safety-features-in-worlds-tallest-building-burj-khalifa/>

ArchDaily. (2015, Dezembro 7). *Bosco Verticale by Stefano Boeri Architetti*. ArchDaily. <https://www.archdaily.cl/cl/777541/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti>

Architect Magazine. (2019, Março 7). *One World Trade Center*. Architect Magazine. <https://www.architectmagazine.com/design/one-world-trade-center>

Architectuul. (2017, Junho 15). *Torre Agbar*. Architectuul. <https://architectuul.com/architecture/torre-agbar>

Atlas Obscura. (2021, Outubro 7). *Monadnock Building*. Atlas Obscura. <https://www.atlasobscura.com/places/monadnock-building>

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Bernardes, M. (2022, Setembro 3). *Torres Gêmeas: Um marco na construção civil mundial*. LinkedIn. https://pt.linkedin.com/pulse/torres-g%C3%A0meas-um-marco-na-constru%C3%A7%C3%A3o-civil-mundial-mauricio-bernardes?trk=public_profile_article_view

BSI Group. (2001, Janeiro 15). *Structural use of steelwork in building: Code of practice for design: Rolled and welded sections*. BSI Group. <https://knowledge.bsigroup.com/products/structural-use-of-steelwork-in-building-code-of-practice-for-design-rolled-and-welded-sections?version=standard>

Cambridge Dictionary. (s.d.). *Shard*. Cambridge Dictionary. <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/shard>

Casari, C. C., Töws, R. L., & Mendes, C. M. (2011). *Arranha-céus: evolução e materialidade na urbanização mundial*. Arqtextos. <https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqtextos/12.133/3947>

Collins Dictionary. (s.d.). *Terra cotta*. Collins Dictionary. <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/terra-cotta>

Concrete Show. (2023, Novembro 10). *Compósitos na construção: um futuro mais resistente e sustentável*. <https://digital.concreteshow.com.br/produtos/compositos-na-construcao-um-futuro-mais-resistente-e-sustentavel>

Council on Tall Buildings and Urban Habitat. (s.d.). *Council on Tall Buildings and Urban Habitat*. <https://www.ctbuh.org/>

Council on Tall Buildings and Urban Habitat. (s.d.). *The Shard*. <https://www.skyscrapercenter.com/london/the-shard/451/>

Dezeen. (2014, Outubro 11). *Moshe Safdie on Marina Bay Sands, Habitat 67, skyscrapers and LEGO*. <https://www.dezeen.com/2014/10/11/moshe-safdie-on-marina-bay-sands-habitat-67-skyscrapers-lego/>

Dezeen. (2017, Janeiro 18). *Impracticality drives tenants away from Jean Nouvel's Barcelona skyscraper Torre Agbar*. <https://www.dezeen.com/2017/01/18/impracticality-drives-tenants-jean-nouvel-barcelona-skyscraper-torre-agbar-spain/>

Dezeen. (2021, Setembro 6). *9/11 anniversary: Daniel Libeskind reflects on his "very emotional" design for the original World Trade Center*. <https://www.dezeen.com/2021/09/06/911-anniversary-daniel-libeskind-interview/>

Dezeen. (2022, Maio 12). *CCTV Headquarters by OMA: Deconstructivism in Beijing*. <https://www.dezeen.com/2022/05/12/cctv-headquarters-oma-deconstructivism/>

Dicio. (s.d.). *Dicio: Dicionário online*. Dicio. <https://www.dicio.com.br/>

Double Stone Steel. (s.d.). *The Flatiron Building: Originally the Fuller Building, Designed by Daniel H. Burnham and Built in 1902*. <https://www.doublestonesteel.com/blog/architecture/the-flatiron-building-originally-the-fuller-building-designed-by-daniel-h-burnham-and-built-in-1902/>

Encyclopaedia Britannica. (s.d.). *September 11 attacks*. <https://www.britannica.com/event/September-11-attacks>

Encyclopaedia Britannica. (s.d.). *Skyscraper*. <https://www.britannica.com/technology/skyscraper>

- Facts.net. (s.d.). *10 Intriguing Facts About Bessemer Process*. <https://facts.net/science/chemistry/10-intriguing-facts-about-bessemer-process/>
- Farrell, T. (2012, Julho 24). *Skylines: Opinions on Renzo Piano's Shard, London*. Architectural Review. <https://www.architectural-review.com/today/skylines-opinions-on-renzo-pianos-shard-london>
- Globo. (2023, Fevereiro 7). *Sistema evita que prédios mais altos do mundo desmoronem em caso de terremoto*. G1. <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2023/02/07/sistema-evita-que-predios-mais-altos-do-mundo-desmoronem-em-caso-de-terremoto.ghtml>
- Guardian Sun. (s.d.). *Vidro baixo-emissivo: o vidro que o pode ajudar a poupar energia*. <https://www.guardiansun.pt/tipos-de-janelas-e-vidros/vidro-baixo-emissivo-o-vidro-que-o-pode-ajudar-a-poupar-energia>
- Hatherley, R. (2012, Julho 24). *Skylines: Opinions on Renzo Piano's Shard, London*. Architectural Review. <https://www.architectural-review.com/today/skylines-opinions-on-renzo-pianos-shard-london>
- Heintges & Associates. (s.d.). *Bank of China Tower*. <https://heintges.com/bank-of-china-tower/>
- Jones, Jonathan. (2011, Agosto 19). *The Shard is a Shard of Glass Through the Heart of Historic London*. The Guardian. <https://www.theguardian.com/commentisfree/2011/aug/19/shard-london-skyscraper>
- JLES Engenharia. (2021, Novembro 12). *Análise de elementos finitos*. JLES Engenharia. <https://www.jles.com.br/2021/11/12/analise-de-elementos-finitos/>
- Jenkins, J. (2012, Julho 24). *Skylines: Opinions on Renzo Piano's Shard, London*. Architectural Review. <https://www.architectural-review.com/today/skylines-opinions-on-renzo-pianos-shard-london>
- Khan Academy. (s.d.). *Van Alen's Chrysler Building*. <https://www.khanacademy.org/humanities/art-1010/architecture-design/ny-skyscrapers-landmarks/a/van-alen-chrysler-building>
- Kohn Pedersen Fox Associates. (s.d.). *Lotte World Tower* [Imagem]. Kohn Pedersen Fox Associates. <https://www.kpf.com/project/lotte-world-tower>
- Loomans, T. (2014, Setembro 25). *7 reasons why high rises kill livability*. Blooming Rock. <http://bloomingrock.com/2014/09/25/7-reasons-why-high-rises-kill-livability/>
- Mayr Ludescher. (s.d.). *Mecca Clock Tower: Saudi Arabia*. <https://www.mayr-ludescher.com/mecca-clock-tower-saudi-arabia-mtt.html>
- Nova York. (s.d.). *Chrysler Building*. <https://www.novayork.net/chrysler-building>
- Pogmacva Intranet. (s.d.). *Obras*. <https://intranet.pogmacva.com/es/obras/65432>
- Rogers, R. (2012, Julho 24). *Skylines: Opinions on Renzo Piano's Shard, London*. Architectural Review. <https://www.architectural-review.com/today/skylines-opinions-on-renzo-pianos-shard-london>
- RICS Modus. (2022, Junho 20). *Buildings That Elevated Cities: Chicago's Sears Tower*. <https://ww3.rics.org/uk/en/modus/built-environment/commercial-real-estate/buildings-that-elevated-cities--chicago-s-sears-tower.html>

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

RICS Modus. (2022, Fevereiro 16). *Buildings That Elevated Cities: Petronas Towers*. <https://ww3.rics.org/uk/en/modus/built-environment/urbanisation/buildings-that-elevated-cities--petronas-towers-.html>

Serra Metal. (2022, Fevereiro 17). *Aços de alta resistência*. <https://serrametal.com.br/acos-de-alta-resistencia/>

Shah, H. (2019, Junho 24). *The unexpected history of the air conditioner*. *Smithsonian Magazine*. Smithsonian Magazine. <https://www.smithsonianmag.com/smithsonian-institution/unexpected-history-air-conditioner-180972108/>

Sullivan, J. (2017, Dezembro 1). *With costs soaring, SHOP-designed world's skinniest skyscraper faces foreclosure*. ArchDaily. https://www.archdaily.com/876704/with-costs-soaring-shop-designed-worlds-skinniest-skyscraper-faces-foreclosure?ad_campaign=normal-tag

Shop Architects. (s.d.). *111 West 57th Street*. <https://www.shoparc.com/projects/111-west-57-street-2/>

Smithsonian Magazine. (2019, Junho 24). *Unexpected History of the Air Conditioner*. <https://www.smithsonianmag.com/smithsonian-institution/unexpected-history-air-conditioner-180972108/>

Skysaver. (s.d.). *History of the word "skyscraper"*. Skysaver. <https://skysaver.com/blog/history-word-skyscraper-skysaver-rescue-backpacks/>

Southwark Council. (s.d.). *Southwark Council*. <https://www.southwark.gov.uk/>

The Art Story. (s.d.). *Beaux-Arts Architecture*. <https://www.theartstory.org/movement/beaux-arts-architecture/>

The Tower Info. (s.d.). *Abraj Al Bait*. <https://thetowerinfo.com/buildings-list/abraj-al-bait/>

The Shard. (s.d.). *About The Shard*. <https://www.the-shard.com/about/vision/>

Tycoon Success. (2024, Março 2). *Bridging the Past and Present: Exploring Ancient Architecture and Modern Architecture*. Medium. <https://tycoonsuccess.medium.com/bridging-the-past-and-present-exploring-ancient-architecture-and-modern-architecture-e541ea539fdd>

Tomorrow City. (2022, Maio 15). *Torre Shanghai: Rascacielos Sostenible y Resistente a los Terremotos*. <https://www.tomorrow.city/es/torre-shanghai-rascacielos-sostenible-y-resistente-a-los-terremotos/>

Visual Arts Cork. (s.d.). *William Le Baron Jenney*. <http://www.visual-arts-cork.com/architecture/william-le-baron-jenney.htm>

WikiArquitetura. (s.d.). *Edifício Merdeka 118*. <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/edificio-merdeka-118/>

We Build Value. (2021, Dezembro 20). *The Chrysler Building: Beautiful and Impossible*. <https://www.webuildvalue.com/en/reportage/the-chrysler-building-beautiful-and-impossible.html>

Walsh, P. (2024, Agosto 20). *The LEED rating system explained*. CIM. [https://www.cim.io/blog/the-leed-rating-system-explained#:~:text=Gold%20\(60%2D79%20points\)%3A%20Attaining%20Gold%20certification%20denotes,of%20best%20practices%20in%20sustainability](https://www.cim.io/blog/the-leed-rating-system-explained#:~:text=Gold%20(60%2D79%20points)%3A%20Attaining%20Gold%20certification%20denotes,of%20best%20practices%20in%20sustainability)

Figuras:

Agrawal, R., Parker, J., & Slade, R. (2014). *The Shard at London Bridge* [Imagem]. *The Structural Engineer*, 92(7), pp. 18-30.

Aluminium Windows and Doors. (s.d.). *Types of coatings applied to aluminium double-hung window systems* [Imagem]. Aluminium Windows and Doors. <https://aluminiumwindowsanddoors.net.au/types-coatings-applied-aluminium-double-hung-window-systems/>

ArchDaily. (2021, Setembro 11). *Arquitetura como símbolo de poder: 20 anos do 11 de setembro* [Imagem]. ArchDaily. <https://www.archdaily.com.br/br/968235/arquitetura-como-simbolo-de-poder-20-anos-do-11-de-setembro>

ArchDaily. (2012, Novembro 17). *Clássicos da Arquitetura: Museu de Arte Contemporânea de Niterói / Oscar Niemeyer* [Imagem]. ArchDaily. <https://www.archdaily.com.br/br/01-81036/classicos-da-arquitetura-museu-de-arte-contemporanea-de-niteroi-oscar-niemeyer>

ArchDaily Brasil. (2013, Julho 6). *Inaugurada a torre mais alta da Europa: The Shard / Renzo Piano* [Imagem]. ArchDaily Brasil. <https://www.archdaily.com.br/br/01-59533/inaugurada-a-torre-mais-alta-da-europa-the-shard-renzo-piano>

ArchDaily. (2014, Fevereiro 17). *AD Classics: Woolworth Building / Cass Gilbert* [Imagem]. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/477187/ad-classics-woolworth-building-cass-gilbert>

ArchDaily. (2015, Dezembro 7). *Bosco Verticale / Stefano Boeri Architetti* [Imagem]. ArchDaily. <https://www.archdaily.cl/cl/777541/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti>

ArchDaily Brasil. (2024, Janeiro 24). *Torre inclinada do século XII em Bolonha passará por restauro após risco de colapso* [Imagem]. <https://www.archdaily.com.br/br/1011833/torre-inclinada-do-seculo-xii-em-bolonha-passara-por-restauro-apos-risco-de-colapso>

Architect Magazine. (s.d.). *One World Trade Center* [Imagem]. Architect Magazine. <https://www.architectmagazine.com/design/one-world-trade-center>

Arabisk London. (2023, Novembro 13). *Mecca Clock Tower: A symbol of Saudi Arabia's economy, culture, and religion* [Imagem]. Arabisk London. <https://www.arabisklondon.com/9725>

Atalayar. (2024). *Hassan II Mosque: The architectural jewel open to the sea and the sky* [Imagem]. Atalayar. <https://www.atalayar.com/en/articulo/society/hassan-ii-mosque-the-architectural-jewel-open-to-the-sea-and-the-sky/20240415111424198710.html>

Atlas Obscura. (s.d.). *Tuned mass damper of Taipei 101* [Imagem]. Atlas Obscura. <https://www.atlasobscura.com/places/tuned-mass-damper-of-taipei-101>

Arch2O. (s.d.). *Lotte World Tower / KPF* [Imagem]. Arch2O. <https://www.arch2o.com/lotte-world-tower-kpf/>

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Bibliothèque nationale de France. (s.d.). *Plan Voisin, 1925* [Imagem]. Passerelles. <https://passerelles.essentiels.bnf.fr/fr/image/fa08d772-b80e-425d-9bbf-d521589fd84f-plan-voisin-1925>

Byrne, G. (2001). Control Tower Home [Image]. Gonçalo Byrne Arquitectos. <https://www.goncalobyrnearquitectos.com/control-tower-home>

Burj Khalifa. (s.d.). *Gallery* [Imagem]. Burj Khalifa. <https://www.burjkhalifa.ae/en/the-tower/gallery>

Câmara Municipal de Beja. (s.d.). Castelo de Beja [Imagem]. Câmara Municipal de Beja. <https://cm-beja.pt/pt/menu/538/castelo--posto-de-turismo.aspx>

Câmara Municipal de Pombal. (s.d.). Castelo de Pombal [Imagem]. Câmara Municipal de Pombal. <https://www.cm-pombal.pt/castelo-de-pombal/>

Cardiff Castle. (s.d.). Norman Keep [Imagem]. Cardiff Castle. <https://www.cardiffcastle.com/see-do/norman-keep/>

Concepto. (s.d.). *Torre de Babel* [Imagem]. Concepto. <https://concepto.de/torre-de-babel/>

Construct Steel. (s.d.). *Shanghai Tower raises the bar for energy-efficient skyscrapers* [Imagem]. Construct Steel. <https://constructsteel.org/projects/shanghai-tower-raises-the-bar-for-energy-efficient-skyscrapers/>

Constelar. (s.d.). *Niemeyer: comunista nos EUA* [Imagem]. Constelar. <https://constelar.com.br/astrologia-aplicada/personalidades/niemeyer-comunista-nos-eua/>

Council on Tall Buildings and Urban Habitat. (s.d.). *111 West 57th Street* [Imagem]. The Skyscraper Center. <https://www.skyscrapercenter.com/building/111-west-57th-street/14320>

Council on Tall Buildings and Urban Habitat. (s.d.). *Company: Mitsubishi Estate Co., Ltd.* [Imagem]. The Skyscraper Center. <https://www.skyscrapercenter.com/company/4562>

Council on Tall Buildings and Urban Habitat. (s.d.). *Merdeka 118* [Imagem]. The Skyscraper Center. <https://www.skyscrapercenter.com/building/merdeka-118/10115>

Council on Tall Buildings and Urban Habitat. (s.d.). *Tall building characteristics. Council on Tall Buildings and Urban Habitat.* <https://www.ctbuh.org/resource/height#tab-tall-building-characteristics>

Dezeen. (2022, Maio 12). *CCTV headquarters by OMA: Deconstructivism in architecture* [Imagem]. Dezeen. <https://www.dezeen.com/2022/05/12/cctv-headquarters-oma-deconstructivism/>

Dezeen. (2017, Janeiro 18). *Impracticality drives tenants out of Jean Nouvel's Barcelona skyscraper* [Imagem]. Dezeen. <https://www.dezeen.com/2017/01/18/impracticality-drives-tenants-jean-nouvel-barcelona-skyscraper-torre-agbar-spain/>

Double Stone Steel. (s.d.). *The Flatiron Building: Originally the Fuller Building, designed by Daniel H. Burnham and built in 1902* [Imagem]. Double Stone Steel. <https://www.doublestonesteel.com/blog/architecture/the-flatiron-building-originally-the-fuller-building-designed-by-daniel-h-burnham-and-built-in-1902/>

- Encyclopædia Britannica. (2024, Agosto 10). *September 11 attacks* [Imagem]. Encyclopædia Britannica. <https://www.britannica.com/event/September-11-attacks>
- Facts.net. (2024, Junho 1). *10 intriguing facts about the Bessemer process* [Imagem]. Facts.net. <https://facts.net/science/chemistry/10-intriguing-facts-about-bessemer-process/>
- Gehl, J. (2010). *Cities for people* [Imagem] (p. 40). Island Press.
- Heintges. (s.d.). *Bank of China Tower* [Imagem]. Heintges. <https://heintges.com/bank-of-china-tower/>
- Homes.com. (s.d.). *South Waterfront neighborhood* [Imagem]. Homes.com. <https://www.homes.com/local-guide/portland-or/south-waterfront-neighborhood/>
- Ingenia. (s.d.). *Building The Shard* [Imagem]. Ingenia. <https://www.ingenia.org.uk/articles/building-the-shard/>
- KONE. (s.d.). *KONE JumpLift* [Imagem]. KONE. https://www.kone-major-projects.com/Images/brochure-kone-jumplift_tcm118-25933.pdf
- Luxus Construction. (s.d.). *Building technologies for disaster-proof homes* [Imagem]. Luxus Construction. <https://luxusconstruction.com/blog/building-technologies-for-disaster-proof-homes>
- Lyons, R. (2021). *Tuíte sobre sobre artigo: Cities without skylines: Worldwide building-height gaps, their determinants, and their implications.* [Imagem]. X. <https://x.com/ronanlyons/status/1369266248257843201>
- Mairie de Blangy-le-Château. (s.d.). *Le Château* [Imagem]. Mairie de Blangy-le-Château. <https://www.blangy-le-chateau.fr/tourisme-et-culture/patrimoine-culturel/le-chateau/>
- Marina Bay Sands. (2022, Outubro 27). *Marina Bay Sands architecture* [Imagem]. Marina Bay Sands. <https://www.marinabaysands.com/guides/exceptional-experiences/marina-bay-sands-architecture.html>
- Mayr & Ludescher. (s.d.). *Mecca Clock Tower, Saudi Arabia* [Imagem]. Mayr & Ludescher. <https://www.mayr-ludescher.com/mecca-clock-tower-saudi-arabia-mtt.html>
- National Churches Trust. (s.d.). *Southwark Cathedral, Southwark* [Imagem]. National Churches Trust. <https://www.nationalchurchestrust.org/church/southwark-cathedral-southwark>
- On Castles. (s.d.). *Timber Castle Keep* [Imagem]. On Castles. <https://oncastles.com/timber-castle-bachritterburg/timber-castle-keep/#main>
- Otis. (s.d.). *History* [Imagem]. Otis. <https://www.otis.com/en/eg/our-company/history>
- Pinterest. (s.d.). *Torres Gemelas de Nueva York 1973* [Imagem]. Pinterest. <https://es.pinterest.com/pin/604115737510097909/>
- Pogmacva. (s.d.). *First Leiter Building* [Imagem]. Pogmacva. <https://intranet.pogmacva.com/es/obras/65432>
- Protectahome. (s.d.). *Tower Bridge, London* [Imagem]. Protectahome. <https://www.protectahome.co.uk/case-study/tower-bridge-london/>

A evolução e o impacto dos arranha-céus nas cidades:
Avanços na arquitetura vertical - caso de estudo Shard.

Rare Historical Photos. (2021, Novembro 26). *Empire State Building, 1931* [Imagem]. Rare Historical Photos. <https://rarehistoricalphotos.com/empire-state-building-1931/>

RIBA Collections. (s.d.). *Southwark Towers, 32 London Bridge Street, Southwark, London* [Imagem]. RIBA Collections. https://www.ribapix.com/southwark-towers-32-london-bridge-street-southwark-london_riba33153

Rota Terra Fria. (s.d.). *Castelo de Bragança* [Imagem]. Rota Terra Fria. https://www.rotaterrafria.com/ver/portas-da-rota/geo_artigo/castelo-de-braganca

Sharma, V. (2019, Outubro 19). *Home Insurance Building* [Imagem]. Architectuul. <https://architectuul.com/architecture/home-insurance-building>

Silver Hawk Author. (s.d.). *Castles in France: Medieval Fortresses and Châteaux* [Imagem]. Silver Hawk Author. <https://www.silverhawkauthor.com/post/castles-in-france-medieval-fortresses-and-chateaux>

Skyscraper Museum. (s.d.). *Petronas Towers* [Imagem]. Skyscraper Museum. <https://skyscraper.org/tallest-towers/petronas-towers/>

Skyscraper Museum. (s.d.). *Sears Tower* [Imagem]. Skyscraper Museum. <https://skyscraper.org/tallest-towers/sears-tower/>

Skyscraper Museum. (s.d.). *Taipei 101* [Imagem]. Skyscraper Museum. <https://skyscraper.org/tallest-towers/taipei-101/>

Smithsonian Magazine. (2023, Setembro 21). *The precarious history of New York's Chrysler Building* [Imagem]. Smithsonian Magazine. <https://www.smithsonianmag.com/innovation/precarious-history-new-york-chrysler-building-180983062/>

Termocom. (s.d.). *Instalação de módulos de fibra cerâmica* [Imagem]. <https://www.termocom.com.br/instalacao-modulos-fibra-ceramica>

The Architecture Professor. (2021, Julho 11). *Jenney's design for the Second Leiter Building* [Imagem]. The Architecture Professor. <https://thearchitectureprofessor.com/2021/07/11/3-10-jenneys-design-for-the-second-leiter-building/>

The B1M. (2018, Julho 18). *What is a skyscraper?* [Imagem de vídeo]. The B1M. <https://www.theb1m.com/video/what-is-a-skyscraper>

The Chicago Architecture Center. (s.d.). *William Le Baron Jenney* [Imagem]. The Chicago Architecture Center. <https://www.architecture.org/learn/resources/architecture-dictionary/entry/william-le-baron-jenney/>

Time. (2020, Dezembro 18). *Empire State Building: A history of New York's iconic skyscraper* [Imagem]. Time. <https://time.com/5955419/empire-state-building-history/>

United Nations University. (s.d.). *A city that runs on itself* [Imagem]. Our World. <https://ourworld.unu.edu/en/a-city-that-runs-on-itself>

Vieira, J. J. R. (2006, Setembro 7). *Vista da ala sul. Destaque para a ornamentação no topo e para as grandes aberturas da base* [Imagem]. Vitruvius. <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/07.076/321>

Viscount Cruises. (2020, Março 20). *Easter Holidays 2020* [Imagem]. Viscount Cruises. <https://www.viscountcruises.com/news/2020/03/20/easter-holidays-2020/>

Viva Decora. (2021, Março 3). *Concreto armado* [Imagem]. Viva Decora. <https://www.vivadecora.com.br/pro/concreto-armado/>

Webuild Value. (2021, Dezembro 20). *The Chrysler Building: Beautiful and impossible* [Imagem]. Webuild Value. <https://www.webuildvalue.com/en/reportage/the-chrysler-building-beautiful-and-impossible.html>

WikiArquitectura. (s.d.). *Merdeka 118* [Imagem]. WikiArquitectura. <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/edificio-merdeka-118/#merdeka-118-15>

World of Archi. (s.d.). *Tallest building in the world Title Holders Through History* [Imagem]. World of Archi. https://worldofarchi.com/2013-01-tallest-building-in-world-tittle/?utm_content=cmp-true