



Nelson Miguel Soares Oliveira Martins

**PROJETO DA CENTRAL DO OURO NO PORTO
REFLEXÃO ACERCA DO USO DO AÇO NA REABILITAÇÃO**

Trabalho realizado sob orientação do:
Prof. Arquiteto João Carlos Martins Lopes Dos Santos

E coorientação da
Professora Doutora Isabel Clara Neves da Rocha Marques

dezembro 2022



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA
D O P O R T O

Nelson Miguel Soares Oliveira Martins

**PROJETO DA CENTRAL DO OURO NO
PORTO**

**REFLEXÃO ACERCA DO USO DO AÇO NA
REABILITAÇÃO**

Dissertação de Mestrado em Arquitetura

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona do Porto no dia 12/12/2022 perante o júri seguinte:

Presidente: Prof. Doutor Pedro Cândido Almeida D'Eça Ramalho
(Professor Catedrático da Universidade Lusófona do Porto);

Arguente: Professor Engenheiro Rui Ramalheite Moutinho Furtado
(Professor Associado Convidado da Universidade Lusófona do Porto);

Orientador: Prof. Arquiteto João Carlos Martins Lopes Dos Santos
(Professor Assistente Convidado da Universidade Lusófona do Porto);

dezembro de 2022

É autorizada a reprodução integral desta tese/dissertação apenas para efeitos de investigação, mediante declaração escrita do interessado, que a tal se compromete.

Agradecimentos

Agradeço, primeiramente, a Deus por me ter possibilitado chegar a esta etapa minha vida.

À minha família e namorada pelo incentivo, palavras de encorajamento, compreensão e apoio incondicional que tiveram para comigo.

Um especial obrigado ao professor João Carlos Santos e a professora Isabel Clara Neves, pela paciência, disponibilidade e fantástica orientação que me concederam ao longo deste trabalho, elucidando para questões imprescindíveis e das quais fizeram este exercício acadêmico progredir.

Seguidamente, agradeço às diversas bibliotecas presentes do distrito do Porto, que mesmo após tempos de dificuldade, continuaram a readaptar os seus serviços de modo a facultarem o máximo de informação e documentos possíveis.

Obrigado a todos os meus colegas e professores encarregues de dar as unidades curriculares do curso de mestrado integrado em arquitetura do 5ºano, auxiliando-me incansavelmente para além de terem fornecido alguma da informação utilizada no processo de investigação. Sem vocês nada disto teria sido possível. Um sincero e profundo obrigado a todos.

“A maior recompensa do nosso trabalho não é o que nos pagam por ele, mas aquilo em que ele nos transforma” – John Ruskin

Resumo

Até ao surgimento da Revolução Industrial alguns dos métodos construtivos existentes, como era o caso da alvenaria em pedra, manifestavam diversas limitações estruturais, impossibilitando a construção em altura e de grandes vãos. Neste contexto, ocorrem diversos progressos científicos, entre os quais, a descoberta de novos materiais como o ferro, elemento que através de processos de fundição faz com que este adquira novas propriedades e dê origem ao aço, permitindo projetar construções de grande escala.

Dentro deste panorama, propomos refletir acerca da evolução do material e algumas das suas características inerentes ao ramo da arquitetura, numa compreensão alusiva à reabilitação de edifícios industriais e aos benefícios que o seu uso dispõe.

Selecionam-se algumas influências projetuais para analisar e compreender, os seus aspetos funcionais e construtivos, canalizando este conhecimento para o desenvolvimento de uma proposta projetual. Durante a evolução desse projeto é realizada uma reabilitação dos edifícios situados na área de intervenção, estabelecendo uma conexão entre os sistemas estruturais presentes nessas pré-existências.

Palavras-chave: Aço, Ferro, Reabilitação, Industrial, Estrutura

Abstract

Until the emergence of the Industrial Revolution, some of the existing construction methods, such as stone masonry, had several structural limitations, making it impossible to build in height and with large spans. In this context, several scientific advances have taken place, including the discovery of new materials such as iron, an element that through casting processes causes it to acquire new properties and give rise to steel, allowing the design of large-scale constructions.

Within this panorama, we propose to reflect on the evolution of the material and some of its characteristics inherent to the field of architecture, in an understanding alluding to the rehabilitation of industrial buildings and the benefits that its use has.

Some design influences are selected to analyze and understand their functional and constructive aspects, channeling this knowledge to the development of a design proposal. During the evolution of this project, a rehabilitation of the buildings located in the intervention area is carried out, establishing a connection between the structural systems present in these pre-existences.

Keywords: Steel, Iron, Rehabilitation, Industrial, Structure

Índice Geral

Agradecimentos.....	I
Resumo.....	II
Abstract	III
Índice de Figuras.....	V
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
1.1 - Objetivos.....	2
1.2 - Metodologia.....	3
1.3 - Estrutura de Conteúdos.....	4
CAPÍTULO II - O USO DO AÇO NA ARQUITETURA	5
2.1 - Evolução Histórica.....	7
2.2 - Contextualização e seus Precedentes	9
2.3 - Caracterização e Análise do Material	21
2.3.1 - Conceito e Definição.....	21
2.3.2 - Evolução das Formas de Produção	26
2.3.3 - Processos de Proteção.....	32
2.3.4 - Formas de Aplicação.....	39
2.3.5 - Limitações em altura e vãos.....	46
CAPÍTULO III – ANÁLISE DE INFLUÊNCIAS PROJETUAIS.....	48
CAPÍTULO IV – PROJETO DE REABILITAÇÃO DAS ANTIGAS INSTALAÇÕES DA CENTRAL DO OURO	70
4.1 - História e Descrição do Local.....	72
4.2 - Reflexão projetual da proposta	74
CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
Anexos.....	108

Índice de Figuras

- Figura 1:** Processo de produção de materiais em ferro.....pág.7
Fonte: <https://conhecimentocientifico.com/idade-do-ferro/>
- Figura 2:** Conversor de Bessemer.....pág.8
Fonte: <http://patentescomentarios.blogspot.com/2017/10/a-invencao-do-aco-bessemer-e-o-pappel.html>
- Figura 3:** Pintura a Óleo da Ponte de Ferro finalizada em 1779.....pág.9
Fonte: <https://www.english-heritage.org.uk/visit/places/iron-bridge/history/>
- Figura 4:** Desenho do Crystal Palace projetado por Joseph Paxton.....pág.10
Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Palacio-de-Cristal-Londres-1851-FONTE-CRYSTAL-PALACE-2005_fig1_282661051
- Figura 5:** Crystal Palace - Cortes, Alçados e Pormenores Construtivos.....pág.11
Fonte: Frutuoso, Davide Joel Dias. «Reabilitação utilizando Sistema Estrutural em Aço». UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR, 2017.
- Figura 6:** - Fábrica de Turbinas da AEG.....pág.12
Fonte: <http://bauarquitectos.blogspot.com/2016/03/fabrica-de-turbinas-aeg.html>
- Figura 7:** Mapa de Paris em 1912.....pág.13
Fonte: «LE CHANTIER DU GRAND PALAIS DOSSIER PÉDAGOGIQUE DU GRAND PALAIS N°2». RmnGP, 2014 de 2013.
- Figura 8:** Galerie des Machines de Charles Dutert e Victor Contamin.....pág.14
Fonte: <https://artsandculture.google.com/asset/galerie-des-machines-exposition-universelle-internationale-paris-1889-architect-victor-contamin-1840-1893-charles-louis-ferdinand-dutert-1845-1906/PwGTpuBc2yut3A>
- Figura 9:** Torre Eiffel de Gustave Eiffel, em 1899.....pág.15
Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Imagem-da-Exposicao-Universal-e-Internacional-de-Paris-vista-de-um-balao-1899_fig2_322510509
- Figura 10:** Foto do Grand Palais.....pág.16
Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Grand_Palais
- Figura 11:** Processo de Rebitação a quente no Grand Palais.....pág.16
Fonte: Dubail, Caroline. «LE GRAND PALAIS: PROMENADE - DÉCOUVERTE», 2018.
- Figura 12:** Foto do Grand Palais em construção, em 1898.....pág.17
Fonte: «LE CHANTIER DU GRAND PALAIS DOSSIER PÉDAGOGIQUE DU GRAND PALAIS N°2». RmnGP, 2014 de 2013.
- Figura 13:** Planta do Grand Palais em 1916.....pág.17
Fonte: «LE CHANTIER DU GRAND PALAIS DOSSIER PÉDAGOGIQUE DU GRAND PALAIS N°2». RmnGP, 2014 de 2013.
- Figura 14:** Ilustração do Grande Incêndio de Chicago em 1871 da autoria de John Chapin.....pág.18
Fonte: <https://education.nationalgeographic.org/resource/chicago-fire-1871-and-great-rebuilding>

- Figura 15:** Ludington Building..... pág.19
 Fonte:https://library.colum.edu/archives/pdfs/campus-preservation/volume_11_1104_s_wabash.pdf
- Figura 16:** Fotografia do Palácio de Cristal no Porto..... pág.20
 Fonte: Cruz, P. J. S. A Arte do Ferro—Artistic Ironwork. ASA, 1997.
- Figura 17:** Britannia Railway Bridge.....pág.26
 Fonte: <https://menairbridges.co.uk/history/britannia-bridge/>
- Figura 18:** Saltash Railway Bridge.....pág.26
 Fonte: <https://victorianweb.org/technology/bridges/6.html>
- Figura 19:** Firth of Forth Railwaypág.26
 Fonte: <https://tour-scotland-photographs.blogspot.com/2012/03/tour-scotland-photographs-forth-railway.html>
- Figura 20:** Fotografia da Maquete do Centro de Exposições George Pompidou.....pág.27
 Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/01-41987/classicos-da-arquitetura-centro-georges-pompidou-renzo-piano-mais-richard-rogers>
- Figura 21:** Elementos Visuais da Escada da Câmara Municipal de Rødovre.....pág.28
 Fonte: Frutuoso, Davide Joel Dias. «Reabilitação utilizando Sistema Estrutural em Aço». UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR, 2017.
- Figura 22:** Elementos Visuais da Escada do Banco Nacional da Dinamarca.....pág.29
 Fonte: Frutuoso, Davide Joel Dias. «Reabilitação utilizando Sistema Estrutural em Aço». UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR, 2017.
- Figura 23:** Diferentes técnicas de fabricação (A – Abrasão; B – Desenho; C – Extrusão; D– Forjado; E – Fundição; F – Laminação; G – Maquinagem; H – Quinagem;)..... pág.31
 Fonte: McMorrough, Julia. Arquitetura: Referências + Boas Práticas & Especificações. Quimera, 2021.
- Figura 24:** Tinta Intumescente resistente a fogo aplicada em pilar de aço.....pág.33
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook*. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.
- Figura 25:** Pilar de Aço revestido por Betão.....pág.33
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook*. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.
- Figura 26:** Pilar de Aço oco preenchido com Betão.....pág.34
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook*. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.
- Figura 27:** Pilar de aço preenchido parcialmente com Betão.....pág.34
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook*. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.
- Figura 28:** Pilar de Aço revestimento por Placas de Gesso Cartonado corta-fogo (imagem da esquerda) e Pilar de Aço afastado da parede de gesso cartonado corta-fogo (imagem da direita)..... pág.35
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook*. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.

- Figura 29:** Constituição de uma fachada ventilada.....pág.36
 Fonte: <https://steelme.eu/>
- Figura 30:** Laminas metálicas Quebra-sol.....pág.37
 Fonte: <https://www.gimenezganga.com/proyecto/o-300-instalada-en-un-colegio/>
- Figura 31:** Processo de corrosão nos metais.....pág.37
 Fonte: Pestana, António. Tratamentos de Prevenção e Proteção Anticorrosivas para Estruturas Metálicas. Universidade da Madeira, 2018.
- Figura 32:** Durabilidade na generalidade das tintas Anticorrosivo.....pág.38
 Fonte: Pestana, António. Tratamentos de Prevenção e Proteção Anticorrosivas para Estruturas Metálicas. Universidade da Madeira, 2018.
- Figura 33:** Esquema dos constituintes da aplicação de tintas Anticorrosivas.....pág.38
 Fonte: Pestana, António. Tratamentos de Prevenção e Proteção Anticorrosivas para Estruturas Metálicas. Universidade da Madeira, 2018.
- Figura 34:** Esquema dos constituintes de perfis metálicospág.39
 Fonte: McMorrough, Julia. Arquitetura: Referências + Boas Práticas & Especificações. Quimera, 2021.
- Figura 35:** Perfis Largos com flanges do tipo HEA, HEB, HEM.....pág.39
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.
- Figura 36:** Perfis Estandarizados do tipo INP e UNP.....pág.40
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.
- Figura 37:** Perfis com flanges paralelos do tipo IPE, UAP e IPET.....pág.40
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.
- Figura 38:** Perfis Estruturais Tubulares Ocos com formatos quadrangulares (RRW / RRK), retangulares (RRW / RRK) e circulares (ROR).....pág.41
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.
- Figura 39:** Perfis sólidos com formato circular (RND) e quadrangular (VKT).....pág.41
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.
- Figura 40:** Diferentes tipos de Conexões Simples.....pág.42
 Fonte: <https://sites.google.com/site/beamcolumnconn/types-of-joints>
- Figura 41:** Exemplos de algumas Conexões Rígidas.....pág.43
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.
- Figura 42:** Conexão com Nós Pré-Fabricados.....pág.43
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.
- Figura 43:** Conexão mais robusta com Nós Pré-Fabricados.....pág.44
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.

- Figura 44:** Detalhes de base para colunas de base fixa sem tensão.....pág.44
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.
- Figura 45:** Detalhe de base para colunas com base fixa ou de baixa tensão com placa de base inferior instalada antecipadamente.....pág.45
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.
- Figura 46:** Detalhe de base para colunas de base fixada sem tensão e com dobradiça...pág.45
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.
- Figura 48:** Detalhes de base para colunas de base fixa com placa de base instalada em antemão, coluna soldada à placa de base no local.....pág.45
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.
- Figura 47:** Detalhes de base para colunas de base fixa com barras roscadas e fundidas em antemão.....pág.45
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.
- Figura 49:** Composição de uma laje com estrutura metálica.....pág.47
 Fonte: Deplazes, Andrea, ed. Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.
- Figura 50:** Centro Cultural Daoíz e Velarde, Ponto de Vista Exterior e Interior.....pág.49
 Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/01-183784/centro-cultural-daoiz-y-velarde-rafael-de-la-hoz>
- Figura 51:** Fase de construção do Centro Cultural Daoíz e Velarde.....pág.50
 Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/01-183784/centro-cultural-daoiz-y-velarde-rafael-de-la-hoz>
- Figura 52:** Passagens principais do Centro Cultural Daoíz e Velarde.....pág.50
 Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/01-183784/centro-cultural-daoiz-y-velarde-rafael-de-la-hoz>
- Figura 53:** Fotografias Interiores do Centro Cultural Daoiz e Velarde.....pág.51
 Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/01-183784/centro-cultural-daoiz-y-velarde-rafael-de-la-hoz>
- Figura 54:** Entrada para o Centro Cultural Daoiz e Velarde no Piso 1.....pág.51
 Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/01-183784/centro-cultural-daoiz-y-velarde-rafael-de-la-hoz>
- Figura 55:** Planta do Piso 1 do Centro Cultural Daoíz e Velarde.....pág.52
 Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/01-183784/centro-cultural-daoiz-y-velarde-rafael-de-la-hoz>
- Figura 56:** Planta do Piso R/Chão do Centro Cultural Daoíz e Velarde.....pág.53
 Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/01-183784/centro-cultural-daoiz-y-velarde-rafael-de-la-hoz>
- Figura 57:** Alçados do Centro Cultural Daoiz e Velarde.....pág.54
 Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/01-183784/centro-cultural-daoiz-y-velarde-rafael-de-la-hoz>

- Figura 58:** Vista exterior das aberturas na cobertura do Centro Cultural Daoíz e Velarde.....pág.54
 Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/01-183784/centro-cultural-daoiz-y-velarde-rafael-de-la-hoz>
- Figura 59:** Cortes do Centro Cultural Daoiz e Velarde.....pág.55
 Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/01-183784/centro-cultural-daoiz-y-velarde-rafael-de-la-hoz>
- Figura 60:** Vista Exterior do Mołopolska Garden of Arts.....pág.56
 Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/760432/jardim-das-artes-malopolska-ingarden-and-ewy-architects?ad_medium=gallery
- Figura 61:** Plantas do Mołopolska Garden of Arts.....pág.57
 Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/760432/jardim-das-artes-malopolska-ingarden-and-ewy-architects?ad_medium=gallery
- Figura 62:** Vista Interior da Cobertura do Mołopolska Garden of Arts.....pág.57
 Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/760432/jardim-das-artes-malopolska-ingarden-and-ewy-architects?ad_medium=gallery
- Figura 63:** Auditório do Mołopolska Garden of Arts.....pág.57
 Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/760432/jardim-das-artes-malopolska-ingarden-and-ewy-architects?ad_medium=gallery
- Figura 64:** Jardim do Mołopolska Garden of Arts.....pág.57
 Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/760432/jardim-das-artes-malopolska-ingarden-and-ewy-architects?ad_medium=gallery
- Figura 65:** Vista Exterior do Mołopolska Garden of Arts.....pág.58
 Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/760432/jardim-das-artes-malopolska-ingarden-and-ewy-architects?ad_medium=gallery
- Figura 66:** Vista Interior do Mołopolska Garden of Arts.....pág.58
 Fonte: https://www.archdaily.com.br/br/760432/jardim-das-artes-malopolska-ingarden-and-ewy-architects?ad_medium=gallery
- Figura 67:** Alçado da Alfândega do Porto.....pág.60
 Fonte: http://www.monumentos.gov.pt/site/app_pagesuser/SIPA.aspx?id=3967
- Figura 68:** Planta da Cobertura da Alfândega.....pág.60
 Fonte: http://www.monumentos.gov.pt/site/app_pagesuser/SIPA.aspx?id=3967
- Figura 69:** Fotografias da Alfândega do Porto em 1939.....pág.61
 Fonte: http://www.monumentos.gov.pt/site/app_pagesuser/SIPA.aspx?id=3967
- Figura 70:** Fotografias da Alfândega do Porto, respetivamente em 1996 e 2014.....pág.62
 Fonte: http://www.monumentos.gov.pt/site/app_pagesuser/SIPA.aspx?id=3967
- Figura 71:** Planta; Fachada principal, Rua da Nova Alfândega; Fachada posterior, voltada ao Rio Douro da Alfândega.....pág.62
 Fonte: http://www.monumentos.gov.pt/site/app_pagesuser/SIPA.aspx?id=3967
- Figura 72:** Maquete e Planta da Transformação da Antiga Central Elétrica em Micro-Cervejaria e Restaurante Browsers Beato.....pág.63
 Fonte: <http://nunogracamoura.com/pt/099-2/>

- Figura 73:** Longitudinal da Micro-cervejeira e restaurante Browsers Beato.....pág.64
 Fonte: <http://nunogracamoura.com/pt/099-2/>
- Figura 74:** 3D da Micro-cervejeira e restaurante Browsers Beato.....pág.64
 Fonte: <http://nunogracamoura.com/pt/099-2/>
- Figura 75:** Corte Transversal da Micro-cervejeira e restaurante Browsers Beato.....pág.64
 Fonte: <http://nunogracamoura.com/pt/099-2/>
- Figura 76:** Elementos Visuais do Carandá Market em Braga.....pág.65
 Fonte: <https://arquitecturaviva.com/works/mercado-de-caranda-8>
- Figura 77:** Estado do edifício da primeira intervenção ser demolido.....pág.66
 Fonte: <https://arquitecturaviva.com/works/mercado-de-caranda-8>
- Figura 78:** Vista Exterior do Carandá Market.....pág.66
 Fonte: <https://arquitecturaviva.com/works/mercado-de-caranda-8>
- Figura 79:** Vistas Interiores do Carandá Market.....pág.66
 Fonte: <https://arquitecturaviva.com/works/mercado-de-caranda-8>
- Figura 80:** Cortes Longitudinais do Carandá Market.....pág.66
 Fonte: <https://arquitecturaviva.com/works/mercado-de-caranda-8>
- Figura 81:** Planta do Clube de Remo e Mergulho Profundo em Xangai.....pág.67
 Fonte: <https://www.archdaily.com/898043/deep-dive-rowing-club-scenic-architecture-office>
- Figura 82:** Vista Aérea do Clube de Remo e Mergulho Profundo em Xangai.....pág.68
 Fonte: <https://www.archdaily.com/898043/deep-dive-rowing-club-scenic-architecture-office>
- Figura 83:** Corte pelo Centro de remo em Xangai.....pág.68
 Fonte: <https://www.archdaily.com/898043/deep-dive-rowing-club-scenic-architecture-office>
- Figura 84:** Maquete do Centro de remo em Xangai.....pág.69
 Fonte: <https://www.archdaily.com/898043/deep-dive-rowing-club-scenic-architecture-office>
- Figura 85:** Áreas de Armazenamento do Centro de remo em Xangai.....pág.69
 Fonte: <https://www.archdaily.com/898043/deep-dive-rowing-club-scenic-architecture-office>
- Figura 86:** Vista Exterior através do Cais do Centro de remo em Xangai.....pág.69
 Fonte: <https://www.archdaily.com/898043/deep-dive-rowing-club-scenic-architecture-office>
- Figura 87:** Planta topográfica do Porto de 1830.....pág.72
 Fonte: Oliveira Miranda, Fernando. «Centro Contemporâneo de Arquitectura reabilitação da antiga Fábrica do Ouro». Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, 2016.
- Figura 88:** Planta topográfica do Porto de 1978.....pág.73
 Fonte: Oliveira Miranda, Fernando. «Centro Contemporâneo de Arquitectura reabilitação da antiga Fábrica do Ouro». Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, 2016.

Figura 89: Zona de implantação do projeto da central do ouro.....	pág.74
Fonte: Autor	
Figura 90: Vista aérea da área de implantação.....	pág.76
Fonte: Autor	
Figura 91: Comparação entre as pré-existências que existiam antes e atualmente.....	pág.77
Fonte: http://monumentosdesaparecidos.blogspot.com/2011/01/fabrica-do-gas-cidade-do-porto.html .	
Figura 92: Fotografias do Terreno da Antiga Central do Ouro.....	pág.78
Fonte: Autor	
Figura 93: Perspetiva do 3D realizado através do Sketchup.....	pág.79
Fonte: Autor	
Figura 94: Fotografias da Fábrica do Ouro em construção.....	pág.80
Fonte:	
Figura 95: 3D das diversas edificações analisadas na Central da Antiga Central do Ouro.....	pág.81
Fonte: Autor	
Figura 96: Alçado do edifício com caráter administrativo.....	pág.82
Fonte: Autor	
Figura 97: Desenhos rigorosos de ideias para plantas do Piso 1 do edifício administrativo.....	pág.82
Fonte: Autor	
Figura 98: Esquissos do edifício administrativo.....	pág.83
Fonte: Autor	
Figura 99: Plantas finais da área de administração (Piso 1 e piso R/Chão).....	pág.83
Fonte: Autor	
Figura 100: Primeiras ideias de organização para as fábricas.....	pág.84
Fonte: Autor	
Figura 101: Esquissos da Ruína.....	pág.85
Fonte: Autor	
Figura 102: Desenho rigoroso final da Ruína.....	pág.85
Fonte: Autor	
Figura 103: Primeiros esquissos e ideias do Cais.....	pág.86
Fonte: Autor	
Figura 104: Desenhos de estudo rigorosos do estudo do Cais.....	pág.86
Fonte: Autor	
Figura 105: Estudo do cais realizado em maquete.....	pág.87
Fonte: Autor	
Figura 106: Ideologia processo de ventilação natural no Cais.....	pág.87
Fonte: Autor	

Figura 107: Estudo sobre pormenor construtivo no Cais.....	pág.88
Fonte: Autor	
Figura 108: Pormenor rigoroso simplificado do Cais.....	pág.88
Fonte: Autor	
Figura 109: Desenho da Fachada final do Cais.....	pág.88
Fonte: Autor	
Figura 110: Fotos de estudo da inserção do volume da área de restauração.....	pág.89
Fonte: Autor	
Figura 111: Estudos dos Alçados no espaço voltado para a área privativo na zona de restauração.....	pág.90
Fonte: Autor	
Figura 112: Desenhos rigorosos do estudo feito a zona de restauração.....	pág.90
Fonte: Autor	
Figura 113: Planta final da área de restauração.....	pág.91
Fonte: Autor	
Figura 114: Conexões entre a estrutura existente e a atual na área da restauração.....	pág.91
Fonte: Autor	
Figura 115: Estudo da organização interna da área polivalente.....	pág.92
Fonte: Autor	
Figura 116: Esquissos dos Alçados do Edifício Polivalente.....	pág.93
Fonte: Autor	
Figura 117: Alçados rigorosos do edifício Polivalente.....	pág.93
Fonte: Autor	
Figura 118: Análise do circuito automóvel.....	pág.94
Fonte: Autor	
Figura 119: Esquissos de estudo da sala de vigilância.....	pág.95
Fonte: Autor	

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos

O principal propósito deste trabalho é investigar e compreender como projetar sistemas estruturais em aço na arquitetura e na reabilitação de edifícios.

Com base neste aspeto, procede-se a uma observação histórica até à atualidade, percebendo como a Revolução Industrial, entre outros acontecimentos relevantes, despoletaram na Arquitetura novos métodos construtivos e materiais. Dentro deste panorama, tenta-se entender também a definição de reabilitação, como analisar algumas obras de referência e um caso de estudo, fundamentalmente projetos de reabilitação.

À posteriori, esta pesquisa poderá incitar numa maior afluência no desenvolvimento de investigações sobre novos métodos construtivos, inclusive numa evolução dos processos de produção no setor metalúrgico. Ou seja, potenciar a existência de investigações paralelas que resultem em respostas práticas da indústria metalúrgica às novas ideias e soluções arquitetónicas. Porque, para além de idealizar novos caminhos, também há que ter em conta o que o mercado nos oferece para concretizar essas novas ideias.

Como objetivo final pretende-se aplicar estes aspetos teóricos de forma prática numa proposta projetual num conjunto de edifícios industriais no Porto, procedendo à reabilitação das suas estruturas metálicas, incorporando novos elementos e edifícios com sistemas estruturais em aço. A solução exposta reflete, portanto, um total reaproveitamento destes constituintes, porém moldando o seu interior numa vertente mais contemporânea, demonstrando uma conexão entre o casulo que é a ruína antiga e a construção atual.

1.2 Metodologia

A dissertação foi dividida em quatro partes, tendo cada uma objetivos específicos a cumprir.

Durante a primeira etapa realiza-se uma breve pesquisa pelos possíveis e diferentes tipos de materiais existentes, numa tentativa de encontrar lacunas na informação disponível. Neste seguimento, procede-se a uma seleção e sistematização ao material do tema a estudar.

A segunda parte remete a um estudo da evolução e características inerentes a sistemas estruturais em aço, constatando a documentação reunida na etapa anterior. Esta informação alude a revistas de arquitetura, livros e trabalhos académicos de outros alunos.

A terceira parte visa a análise e seleção de algumas influências projetuais, remetendo para um paralelismo entre estas opções, as investigações teóricas (desenvolvidas na parte dois) e elucidando sobre os aspetos que serão aplicados como influência na fase seguinte.

Por último é efetuada uma transposição dos aspetos teóricos para a concretização de uma proposta projetual e conceptual na Antiga Fábrica Central do Ouro no Porto. Dentro deste enquadramento é selecionado um dos materiais mais notórios, realizando um texto sobre o desenvolvimento do projeto arquitetónico.

1.3 Estrutura de Conteúdos

Este trabalho divide-se em cinco capítulos, no qual a primeira parte - INTRODUÇÃO - descreve e classifica toda a análise desenvolvida em torno do aço e do tratamento produzido nesta investigação.

Na segunda parte – O USO DO FERRO E DO AÇO NA ARQUITETURA – é retratada a evolução histórica destes elementos que se irão analisar e o seu respetivo enquadramento desde o seu surgimento. Os inúmeros acontecimentos que ocorreram em paralelo durante as diversas épocas que se abordam, mas também elucidar sobre os primeiros projetos arquitetónicos em que estes são aplicados estruturalmente e construtivamente. Dentro deste capítulo ainda se elabora uma caracterização e análise do aço na construção, explorando as propriedades desta liga metálica. Processos aplicados quando utilizado para se erguer edificações e ainda, alguns dos tipos de sistemas possíveis com este material e seus custos.

Na terceira parte - ANÁLISE DE INFLUÊNCIAS PROJETUAIS – são mencionados alguns exemplos de edificações que recorrem ao uso do aço, bem como, na reabilitação de seus constituintes para obter novas funções. Obras que servem de referência para realizar uma boa execução da proposta projetual e conceptual na Antiga Fábrica Central do Ouro no Porto.

No quarto capítulo – PROJETO DE REABILITAÇÃO DAS ANTIGAS INSTALAÇÕES DA CENTRAL DO OURO – ocorre um enquadramento do local e dos edifícios pré-existentes, onde se procederá a uma explicação dos processos e decisões tomadas na elaboração e estudo do projeto académico.

No último capítulo - CONSIDERAÇÕES FINAIS – é elaborada uma síntese sobre tudo aquilo que foi referido, bem como, uma breve conclusão de todos os dados analisados no trabalho.

CAPÍTULO II - O USO DO FERRO E DO AÇO NA ARQUITETURA

Durante a execução do trabalho foi possível constatar inúmeros eventos e projetos associados a este elemento metálico, no entanto devido à sua imensidão opta-se por mencionar aqueles que se consideram ser os mais relevantes.

No decorrer deste capítulo é realizado um enquadramento histórico deste metal, ilustrando as suas origens e progressos, muito associados a períodos notórios da evolução humana, como a Idade do Ferro, a Revolução Industrial, a Escola de Chicago e mesmo a corrente arquitetónica Modernista. Destaca-se desde logo o projeto de Joseph Paxton, o Crystal Palace, na Inglaterra, um dos mais icónicos edifícios desta época, enaltecendo princípios de resistência, leveza e transparência. Durante esta investigação ainda é referida a fábrica de turbinas AEG, de Peter Behrens, assim como, esplendorosas construções em França como a Galerie des Machines, a Torre Eiffel e o Grand Palais, alguns dos edifícios modelo que impulsionaram muitos dos arquitetos modernistas na época. Na América o recurso a este material associa-se vigorosamente a reconstrução da cidade de Chicago, após o grande incêndio de 1871, possibilitando num novo planeamento urbano e tipologias construtivas.

2.1 Evolução Histórica

É vital abordar a história deste elemento, não só na arquitetura, mas também na forma como se interliga vigorosamente até a Revolução Industrial do século XVIII em Inglaterra e mesmo a atualidade. Material proveniente dos processos de transformação do ferro, considerando-se essencial abordar primeiramente este. A sua descoberta remonta a 6000 e 4000 anos A. C., no qual primeiros indícios do manuseamento do ferro remontam a 5000 a.C. no Egito, sendo este proveniente de meteoritos e transformado em peças cerimoniais.

A sua exportação é mais notória durante a Idade do Ferro de entre 1200 A. C. e 1000. Período no qual ocorre a troca do bronze pelo ferro. O seu início ocorre entre a região do Mediterrâneo e Oriente, relacionando-se com a ruína da Idade do Bronze e de diversas culturas, como foi o caso do Império Hitita na Turquia e a antiga civilização da Grécia. Devido a carência por estanho e cobre, materiais necessários a produção de bronze, este interliga-se a rotura de rotas comerciais¹. Estes acontecimentos podem estar conectados no seguimento de eventos como "*Terramotos, fome, agitação sociopolítica e invasão por tribos nômadas*"².



Figura 1 - Processo de produção de materiais em ferro

¹ Informação proveniente do site <https://www.history.com/.amp/topics/pre-history/iron-age>. Neste é referida uma caracterização da Idade do ferro.

² Expressão retirada do website <https://www.history.com/.amp/topics/pre-history/iron-age>. Referindo um dos supostos motivos para o começo da Idade do Ferro.

O seu fim especula-se que seja próximo de 550 a.C., associando-se ao tempo no qual Heródoto, considerado primeiro historiador e "O Pai da História", realizou as primeiras investigações detalhadas alusivas a acontecimentos passados. Em 800 d.C., motivado pelo poder adquirido pelos vikings, é o período com que termina na Escandinávia, no entanto na Europa Ocidental e Central Este corresponde a 100 a.C.³.

Um aspeto característico destes períodos é o facto de o ferro nunca obter muita importância, sendo muitas das vezes somente utilizado na produção de equipamentos para a agricultura.

Durante a Revolução Industrial sucedem inúmeros progressos científicos, sendo um deles na área da metalurgia. Segundo Philip Wilkinson, o ferro era um componente protótipo para estruturas industriais uma vez que acarretava elevados custos, - fabricas de algodão e armazéns nacionais -, sendo este conjugado com abóbada de berço e paredes exteriores de tijolos, isto com o intuito de as construções serem resistentes aos incêndios⁴.

Henry Bessemer, Engenheiro metalúrgico e inventor Britânico, descobre em 1855 como diminuir o teor de carbono e impurezas existentes no ferro. Através da fundição de ferro numa fornalha com formato de ovóide passa a ser exequível a produção de aço com maior resistência e qualidade⁵. Graças a este processo, o aço, que até ao momento era fabricado em poucas quantidades, para ser aplicado em facas e lâminas de espadas, passa a ser produzido industrialmente.

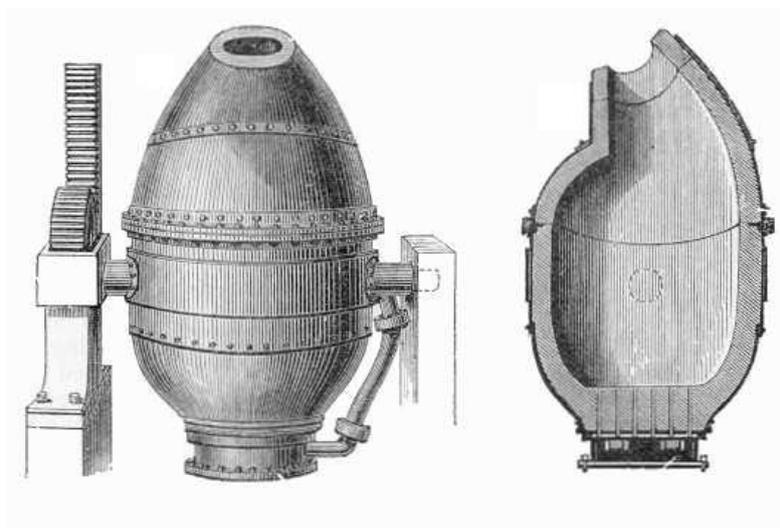


Figura 2 - Conversor de Bessemer

³ Dados retirados do site <https://www.history.com/amp/topics/pre-history/iron-age>.

⁴ Informação proveniente da obra "50 ideias arquitetura que precisa mesmo de saber". De Philip Wilkinson em 2011.

⁵ Este processo de purificação do ferro-gusa foi viável através do estudo das técnicas que se desenvolveram na China.

2.2 Contextualização e seus Precedentes

Associado a Revolução Industrial advêm progressos na construção, não só associado ao melhoramento das técnicas tradicionais, mas também na inclusão do ferro, ferro-gusa⁶, aço e betão armado como material ou mesmo elemento estrutural. Paralelamente, e em virtude da elevada densidade populacional que se instalava nos principais centros urbanos, manifesta-se a necessidade em resolver os problemas provenientes da falta de alojamento. Estas questões, associadas a insuficiência de terrenos onde construir, encaminhou na criação de novas tipologias, resultando no aparecimento das primeiras construções e projetos de grande escala em ferro. Um aspeto que se considerava improvável na arquitetura visto que a aquisição de ferro simbolizava um problema estético, sendo maioritariamente empregue por Engenheiros⁷. Apesar disso, este elemento acabou por ser considerado um dos impulsionadores da civilização, indo de encontro com o que Samuel Smiles – escritor e reformador – tinha escrito em 1863⁸.

Entre o século XVIII e o início do século XIX, ocorre uma acentuada melhoria e prosperidade na construção de estradas, advindo numa carência por pontes e na oportunidade em projetá-las com novos materiais. São efetuadas as primeiras tentativas de projetos com o uso deste novo material, surgindo deste modo a denominada “Iron Bridge”. Erguida entre 1777 e 1779, em Inglaterra junto a cidade de Coalbrookdale e que passava sobre o rio Severn.



Figura 3 - Pintura a Óleo da Ponte de Ferro finalizada em 1779

⁶ Um tipo de ferro que apresenta diversas impurezas e elevada quantidade de carbono na sua constituição. Informação proveniente da obra “Reabilitação utilizando Sistema Estrutural em Aço”, (2017).

⁷ Weston, Richard. 100 Ideas That Changed Architecture. 1a. Laurence King Publishing, 2008.

⁸ “not only the soul of every other manufacture, but the mainspring, perhaps, of civilized society”. Afirmação retirada do livro “100 Ideas That Changed Architecture” de Richard Weston.

A sua concessão fundamenta-se na conexão de dois semi-arcos, tendo o propósito de alcançar uma extensão de cem pés, o equivalente a aproximadamente 30 metros. Ponte traçada pelo arquiteto Thomas Farnolls Pritchard, no entanto, presume-se que seja da autoria de John Wilkinson⁹.

Um outro projeto bastante notório desta época é o Crystal Palace, edificado em 1851 por Joseph Paxton no qual se realizou a primeira exposição mundial em Londres. Posteriormente esta é alvo de um incêndio alguns anos depois, acabando completamente destruída. Conforme indica Davide Frutuoso, este projeto se destacava pela sua estrutura metálica feita com elementos pré-fabricados e vidro, dispendo de 2220 vigas de ferro fundido, 3300 pilares, cerca de 5471,7 metros de tubos de caleiras, assim como 402336 metros de barras de madeira¹⁰. Um objeto bastante icônico da sua época devido a sua transparência, leveza, capacidade de suportar cargas e até rapidez de montagem, sendo considerado uma das mais significativas construções em ferro na história da Arquitetura, este facto pode ser constatado através da afirmação que se segue.

“A sua construção assinalou ainda a tendência que viria a ser adotada na futura construção de estações de caminhos-de-ferro, fabricas e outros edifícios utilitários.” (Philip Wilkinson, 2010)

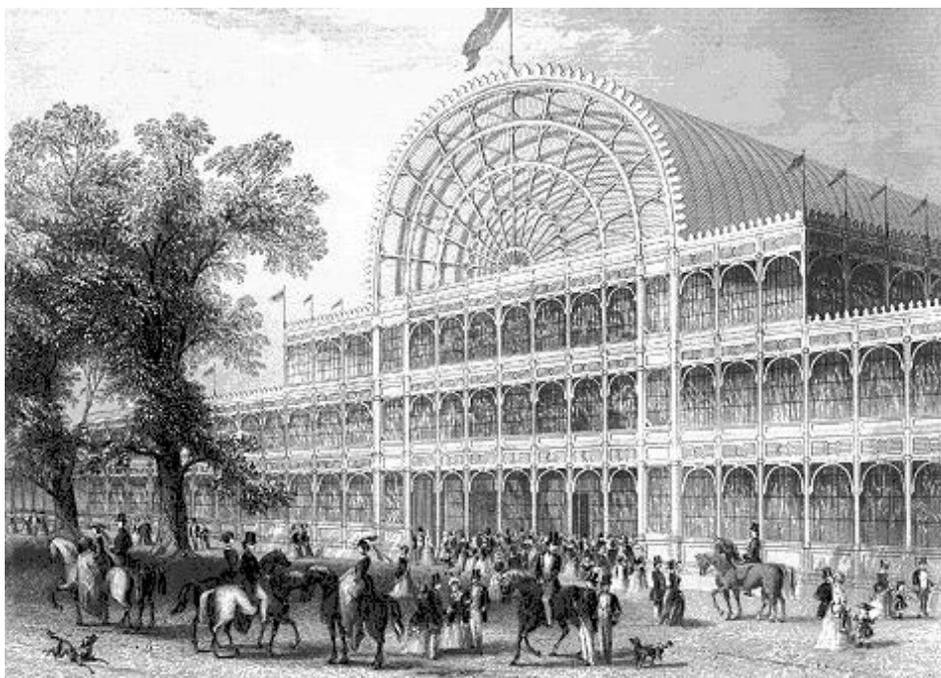


Figura 4 - Desenho do Crystal Palace projetado por Joseph Paxton

⁹ Frutuoso, Davide Joel Dias. «Reabilitação utilizando Sistema Estrutural em Aço». UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR, 2017.

¹⁰ Frutuoso, Davide Joel Dias. «Reabilitação utilizando Sistema Estrutural em Aço». UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR, 2017.

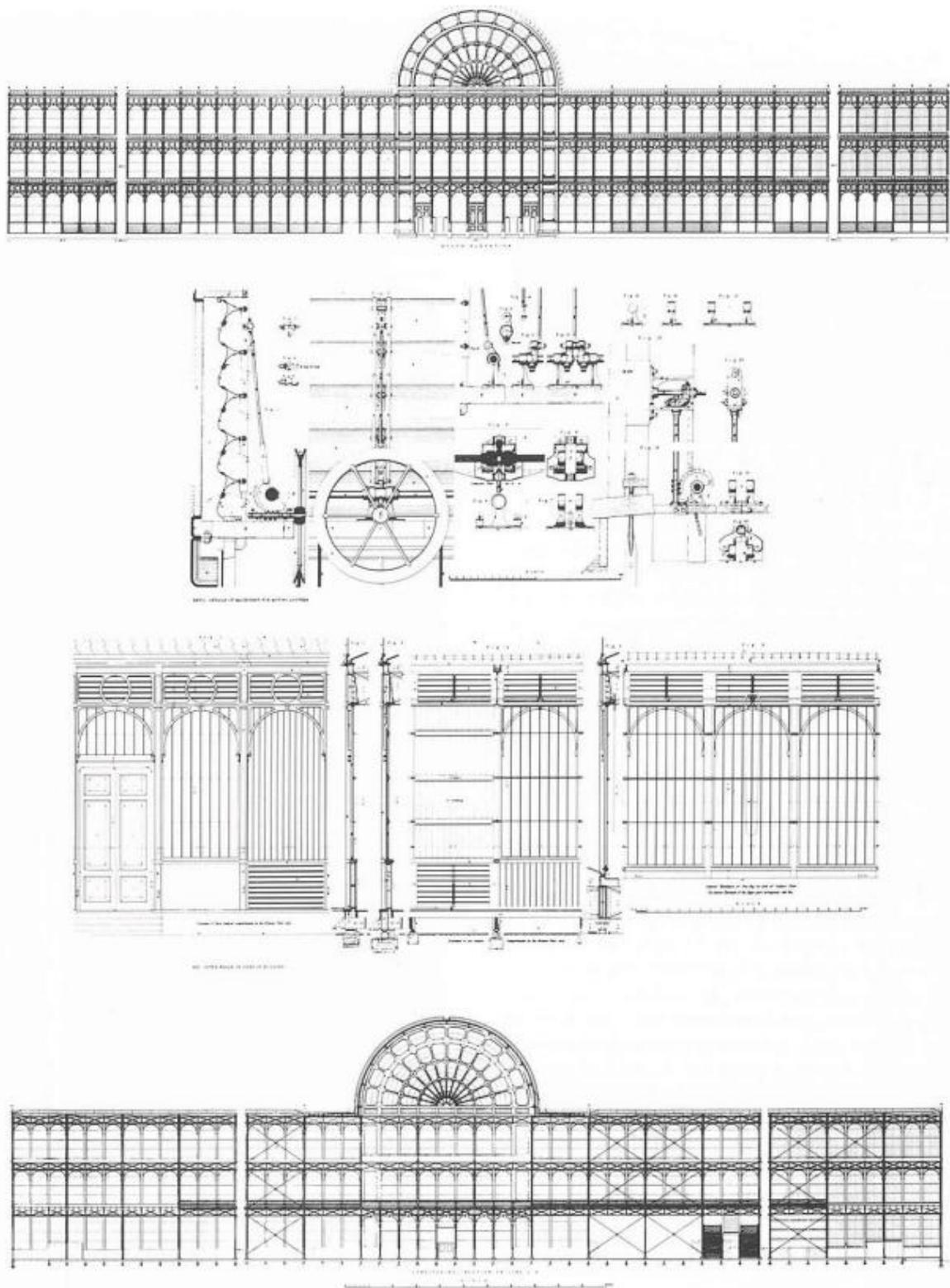


Figura 5 - Crystal Palace - Cortes, Alçados e Pormenores Construtivos

Ainda se podem observar exemplos de outros projetos realizados fora de Inglaterra, neste caso, na Alemanha, a Fábrica de turbinas da AEG. Este projeto de Peter Behrens, finalizado em 1909, demonstrava ser todo estruturado com aço, vidro e tijolo rústico e com o propósito de criar uma fábrica industrial de produção em massa. Na sua edificação adota um princípio de standardização da construção, assim como da sua forma final, manuseando livremente estas novas técnicas, conferindo realce entre os diferentes materiais. Insere caixilharias de aço e vidro nas fachadas o que possibilita um aumento da iluminação e ventilação. Procede a fazer uma estrutura continua com arcos triarticulados, permitindo não só tornar este num espaço amplo, mas também promover a fábrica a monumento, indo de encontro a afirmação de Kenneth Frampton em 1997¹¹.



Figura 6 - Fábrica de Turbinas da AEG

É essencial realçar o seu projetista, Peter Behrens, arquiteto, designer e um dos principais influenciadores do movimento moderno alemão¹². Através da arquitetura, este trabalhou em projetos relacionados a sistemas elétricos e na área da comunicação visual e gráfica, onde introduziu os seus ideais de monumentalidade na arquitetura na Europa, como sucedeu com a Fábrica de Turbinas AEG.

¹¹ “[...] obra de arte consciente, um templo ao poder da indústria [...], o qual refere na obra – *“História Crítica da Arquitetura Moderna”*.”

¹² Esta corrente arquitetónica designada por Deutscher Werkbund surge na Alemanha liderada por diversos arquitetos e industriais, salientando-se Mies van der Rohe e Walter Gropius entre estes. Emerge no início do século XX e propunha tendências empíricas entre a arte e as técnicas ligadas à indústria.

Entre os materiais usados na construção, empregou-se o aço e o vidro que é extremamente significativo, reforçando desta maneira a introdução da utilização da tecnologia e conseqüentemente das inovações construtivas.

Durante este período, Behrens colabora com Le Corbusier, Walter Gropius e Mies Van der Rohe, gerando uma influência na formação destes arquitetos¹³.

Uma outra região marcada pelas inovações construtivas provenientes do aço é a França. A Galerie des Machines e a Torre Eiffel foram duas obras de arquitetura em ferro que surgiram na Exposição Universal de Paris, em 1889. Duas estruturas que acabaram por ser marcantes para a época. Dentro destes ainda se pode destacar o Grand Palais, no entanto projetado e construído a posteriori.

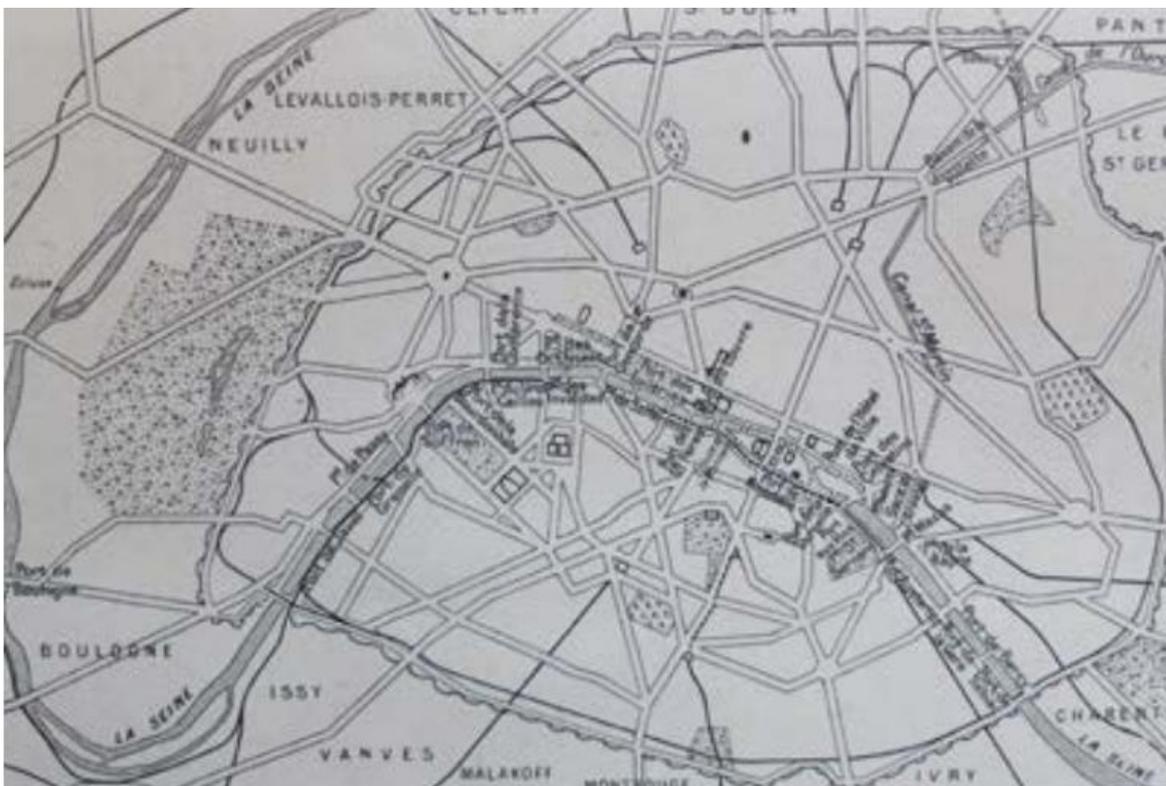


Figura 7 - Mapa de Paris em 1912

No que diz respeito à Galerie des Machines, foi uma obra idealizada por Charles Dutert e Victor Contamin, sendo um edifício de grande escala tendo por suporte arcadas de ferro de três charneiras e sem recurso a reforços intermédios. A rodeá-lo estava uma ampla

¹³ Alguns dos grandes impulsionadores da corrente arquitetônica modernista e de novos princípios construtivos.

galeria cujas paredes e cobertura constituíam um só elemento, uma vez que estavam ligadas entre si. Este pormenor permitia a entrada em todo o edifício da iluminação natural. Para além da sua funcionalidade, denotava-se o uso da ciência ao serviço da sua construção. Tal permitiu o surgimento de um edifício, para além de funcional, muito harmonioso arquitetonicamente. A Galerie des Machines no total possuía 140 metros por 115 metros, porém acabou por ser destruída em 1910¹⁴.

“Este monumento não só anuncia de longe sua destinação, mas também revela a intenção de seu construtor, faz com que um só olhar abranja, em suas infinitas variedades, as aplicações da ciência moderna a serviço do construtor. A finalidade parece ter sido plenamente atingida. Estudem-se as maneiras de atingi-la, a leveza da estrutura, o lance arrojado da curva graciosa dos arcos que fendem o espaço como as asas abertas de um pássaro no vôo.” (Louis Hautecoeur 1957).



Figura 8 - Galerie des Machines de Charles Dutert e Victor Contamin

¹⁴ GIEDION, S. Spazio Tempo e Architettura, 1954. Citado em: BENEVOLO, L. História da Arquitetura Moderna. 2ª ed., Editora Perspectiva, 1989.

Já a Torre Eiffel, surge pelas mãos de Gustave Eiffel, uma obra que o seu mentor já vinha pensando e projetando há vários anos. Eiffel tinha em mente que, para além da vertente estética da torre, havia de se ter igualmente em conta o destino que se lhe ia dar. Para tal, teriam de ser estudadas e implementadas características na torre que a tornassem não só bela, como funcional. Um dos fatores que o projetista teve em linha de conta foi a resistência da estrutura à força do vento. Para tal, foram feitos estudos e cálculos que determinaram que as curvas das quatro costelas, para além de esteticamente agradáveis à vista, constituem um conjunto estrutural que não impede a passagem dos ventos. Facto que contribui para a estabilidade da torre de 300 metros¹⁵. Esta tornou-se um símbolo da era industrial da segunda metade do século XIX.



Figura 9 - Torre Eiffel de Gustave Eiffel, em 1899

Todavia, surge a carência por um emblemático edifício que acolhe-se a exposição Universal de 1900 em Paris. Um espaço que acarreta-se exposições industriais, demonstrações de cavalos, feiras de artes, entre outros, devendo ser o mais multifuncional possível. Um local que com a função de acomodar até 12.000 visitantes. O Período de construção é albergado de 1897 a 1900, um pequeno período comparativamente ao tamanho que possui, 77000 metros quadrados de área e uma fachada principal com 1 Quilometro de

¹⁵ Informação presente na obra “Reabilitação utilizando Sistema Estrutural em Aço”, escrito por Davide Joel Frutuoso em 2017.

comprimento. A projeção acaba por ser confiada a três arquitetos, adquirindo cada um deles a responsabilidade de trabalhar sobre uma determinada secção daquele grande monumento. Henri Deglane pela nave grande, Albert Louvet para a parte central e Albert Thomas para a Avenue d'Antin. Como arquiteto coordenador é selecionado Charles Girault, arquiteto do Petit Palais. A sua zona de implantação é posicionada entre o Sena e Champs-Élysées, além de possuir as fachadas principais alinhadas entre si. Para oeste, relaciona-se com a atual avenida Franklin-Roosevelt, enquanto para leste concebe-se uma nova avenida, hoje conhecida por Winston-Churchill. Avenida disposta a assinalar uma *“majestueuse perspective”*¹⁶ perante a futura ponte Alexandre-III.



Figura 10 - Foto do Grand Palais

Durante a sua edificação as peças metálicas necessárias eram fabricadas em oficinas próprias, com o objetivo de produzir em massa e serem montadas por rebitagem. Para a sua construção foram necessários milhares de rebites, no qual esta peça é inicialmente aquecida para depois ser posicionada na estrutura metálica. Deste modo, a rebite era martelada de ambos os lados com o propósito de unir, apoiar, fortalecer e decorar o ambiente. Deste processo surge uma repetição das formas e dos padrões decorativos, um alinhamento total das rebites e estrutura. Estes elementos são consolidados com a presença da cor da moda verde-pálido.

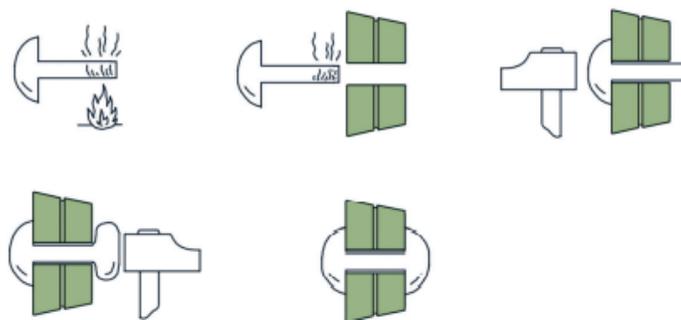


Figura 11 - Processo de Rebitação a quente no Grand Palais

¹⁶ Afirmação retirada do documento «LE CHANTIER DU GRAND PALAIS DOSSIER PÉDAGOGIQUE DU GRAND PALAIS N°2»



Figura 12 - Foto do Grand Palais em construção, em 1898

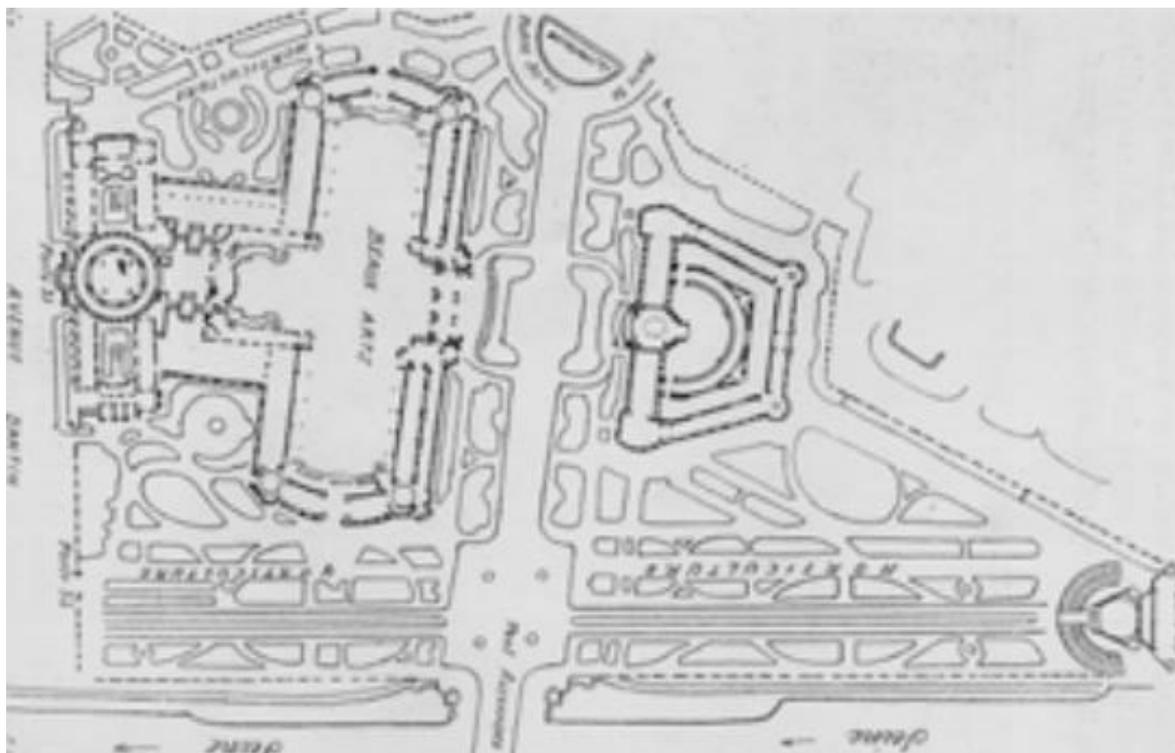


Figura 13 - Planta do Grand Palais em 1916

Em contrapartida, na América o período compreendido entre as décadas de 1850 e 1860 destaca-se sobretudo pela cidade de Chicago e a sua vigorosa implementação de caminhos-de-ferro, explorações florestais e fábricas de tratamento de carnes¹⁷.

No decorrer desta prosperidade surge o grande Incêndio de Chicago de 1871. Destruindo grande parte do centro urbano desta cidade e suscitando duvidas perante os sistemas construtivos em madeira que eram empregues¹⁸. Após a devastadora tragédia dá-se início aos processos de reconstrução da cidade, todavia reestruturando a sua organização urbana e alvejando por uma tipologia arquitetónica em altura.

“Embora os construtores das catedrais medievais soubessem como construir altas torres e flechas, foi em finais do século XIX que se iniciou a procura de técnicas para a construção vertical de edifícios funcionais” (Philip Wilkinson, 2010)



Figura 14 - Ilustração do Grande Incêndio de Chicago em 1871 da autoria de John Chapin

¹⁷ "100 Ideas That Changed Architecture". Richard Weston em 2008.

¹⁸ Informação proferida por Philip Wilkinson na obra "50 ideias arquitetura que precisa mesmo de saber". Publicada em 2011.

Dentro deste enquadramento manifesta-se o movimento artístico designado por Escola de Chicago¹⁹, tendo o arquiteto William Le Baron Jenney como um dos seus pioneiros. Graças a este, surge a implementação dos primeiros arranha-céus, sendo o Ludington Building, construído entre 1890 e 1891, a primeira obra a ser consolidada numa armadura em aço. De acordo com Richard Weston, com a implementação dos primeiros arranha-céus consolidados por sistemas estruturais metálicos, nasce uma tipologia que reflete o crescente poder económico da metrópole. Método que possibilitava construções mais rápidas e versáteis²⁰.



Figura 15 - Ludington Building

Na região de Portugal, mais concretamente no Porto, pode-se salientar durante este período a construção do Palácio de Cristal ou mesmo da Ponte D. Maria Pia. A projeção do Palácio de Cristal teve início em 1861, pelo arquiteto Thomas Dillen Jones, contudo apenas foi inaugurado em 1865. A gerência da obra fica a cargo do engenheiro Francis Webb

¹⁹ Movimento artístico que na vertente da arquitetura correspondeu num dos primeiros indícios da corrente arquitetónica modernista. Esta informação foi obtida através do website [https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/\\$escola-de-chicago](https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/$escola-de-chicago). Dentro deste é realizada uma descrição aos acontecimentos interligados a Escola de Chicago.

²⁰ Weston, Richard. 100 Ideas That Changed Architecture. 1a. Laurence King Publishing, 2008.

Wentworth-Sheilds, enquanto o desenho dos jardins a cargo do paisagista Emilio David. Situado em Massarelos no antigo campo da Torre da Marca este apresentava semelhanças ao Crystal Palace, em Londres. Idealizado com o objetivo de acomodar a grande Exposição Internacional do Porto, a sua construção apresentava diversos problemas económicos, todavia, graças ao Dr. António Ferreira Braga, possibilita que este alcançasse a sua finalização. Apresentando uma materialidade de ferro, vidro e granito, este era dividido em três, possuía uma área de 7900 metros quadrados e uma largura total superior a 40 metros. A nave central distinguia-se por ser uma enorme abóboda de cristal de 18,9 metros de altura por 107 metros de comprimento. As naves laterais tinham 8,3 metros de largura por 84 metros de comprimento²¹.



Figura 16 - Fotografia do Palácio de Cristal no Porto

O edifício demonstrou ser bastante relevante no papel cultural que desempenhava para os Portugueses, acolhendo muitas exposições e concertos, como foi o caso da exposição das rosas, em 1879, ou mesmo a atuação do conceituado compositor Viana da Mota, no entanto em 1951 o edifício é demolido e substituído pelo que se considerava como o Pavilhão dos Desportos e atualmente pelo Pavilhão Rosa Mota.

²¹ Cruz, P. J. S. "A Arte do Ferro—Artistic Ironwork". ASA, 1997.

2.3 – Caracterização e Análise do Material

2.3.1 – Conceito e Definição

“O ferro é um dos elementos mais abundantes na Terra, correspondendo a cerca de 30% da composição química do planeta. Porém, apenas cerca de 4% da crosta superior é composta por ferro” (Taylor & McLennan 1985).

Pretende-se abordar essencialmente os aspetos relacionados ao aço, todavia é impossível fazê-lo sem mencionar o ferro, o principal elemento do qual provem o aço. A sua obtenção não é possível de forma pura, uma vez que este existe principalmente sobre a forma de minerais de óxido de ferro - magnetita, goethita, limonita e hematita - no entanto para a sua fabricação, geralmente, são empregues os minérios de hematita e magnetita. Este se destaca pelo facto de ser macio e fácil de moldar²².

Designado por ser uma liga metálica, o aço é estabelecido pela junção de ferro e carbono, variando a sua composição entre 98,5% de ferro e 0,5% e 1,7% de carbono. Em casos específicos incorporando enxofre e fósforo. É um material muito resistente, uma vez que o carbono aumenta a resistência, porém reduzindo a sua capacidade de ductibilidade e soldagem²³. Todavia, é vital obter uma perceção de todos os pros e contras da utilização do aço como sistema estrutural relativamente a outros sistemas tradicionais, como é o caso do betão armado, sendo estas:

Vantagens: Redução do tempo de construção em obra – Uma estrutura em aço proporciona uma grande redução nos custos e tempo que dura a obra, no qual a sua execução e montagem são rápidas, poupando assim 40% no tempo de construção em comparação a métodos tradicionais;

Diminuição da dimensão estrutural – Possibilita o aumento da área útil, assim como uma melhor estruturação espacial num edifício. Concebível graças a dimensão dos perfis metálicos, visto que são mais delgados.

²² Dados obtidos do site <https://www.ga.gov.au/education/classroom-resources/minerals-energy/australian-mineral-facts/iron>. No qual são indicadas as propriedades do ferro, bem como a sua história, formação, recursos, mineração e processamento do ferro como minério.

²³ Caracterização feita na obra *“Arquitetura: Referências + Boas Práticas & Especificações”*, da autoria de Julia McMorrough e publicado em 2013.

Pouca mão de obra – Outra vantagem se prende com a necessidade de pouca mão de obra para exercer os trabalhos de montagem, uma vez que recorre a sistemas industrializados;

Capacidade de adaptação – Graças à sua adaptabilidade os sistemas construtivos em aço conseguem coexistir com praticamente todo o tipo de materiais, desde o betão armado, tijolo, madeira, entre diversos outros;

Redução do custo e das cargas – Um material que apresenta uma extrema resistência, para além de ser mais leve em comparação ao betão, resultando numa diminuição do custo em até 30%, comparativamente a outros métodos tradicionais;

Fácil Implementação dos sistemas técnicos – Oferece ao arquiteto uma maior liberdade na criação artística e posicionamento das infraestruturas (água, eletricidade, equipamentos elétricos, telecomunicações esgotos), sendo útil mesmo em projetos de reabilitações;

Maior precisão na construção – Nas estruturas metálicas é utilizado o milímetro como unidade, fornecendo um nivelamento mais exato da estrutura. Algo que não ocorre nas estruturas de betão armado, uma vez que recorre ao centímetro;

Construção mais limpa e menos desperdício – Proporciona uma obra mais limpa, não recorrendo ao armazenamento de material e elementos como a madeira, cimento, areia, brita, água, etc. Advindo num menor desperdício de material. Possibilita uma organização mais cuidada do estaleiro e um ambiente mais seguro, resultando numa menor eventualidade de ocorrerem acidentes de trabalho;

Material 100% reciclável – O aço pode ser reciclado quantas vezes se quiser, sendo parte da sua obtenção, atualmente, a partir de sucatas. Se desejado as estruturas em aço podem até mesmo ser desmontadas e reutilizadas;

- Desvantagens:**
- De produção bastante poluidora** – Material bastante poluidor, uma vez que durante a sua produção emite bastante dióxido de carbono e outras substâncias para a atmosfera;
 - Utilização de diversos materiais** - Devido as contrações e dilatações dos diferentes e variados materiais é necessário ter em atenção as suas movimentações e contacto entre estes;
 - Necessidade de elementos protetores** - Se usado, o aço, como elemento estrutural é necessário algum outro material que o proteja na eventualidade de se formar um incêndio e mesmo da corrosão proveniente do contacto com o ambiente que o envolve;
 - Fragilidade perante o fogo** - Devido a sua composição, quando colocado em contacto com elevadas temperaturas este perde a sua resistência podendo ser um risco se usado estruturalmente;

De modo a desenvolver um pouco mais sobre a importância do aço é necessário mencionar o grande papel desempenhado pelos metais em praticamente quase todos os setores industriais, não sendo uma exceção na execução de projetos de arquitetura. Estes vão sendo aplicados de inúmeras formas, desde o aço como elemento estrutural às chapas metálicas, das estruturas para gesso cartonado, canalizações e até mesmo aos óxidos utilizados como pigmentos de tintas.

Os metais podem-se classificar em duas grandes categorias, consistindo em: **ferrosos** (grupo a que pertence o aço e outros elementos que contenham ferro) e os **não ferrosos**²⁴. Os metais ferrosos e ligas metálicas do tipo ferroso caracterizam-se por ser mais resistentes, abundantes e fáceis de refinar, no entanto em consequência do carbono aplicado na sua produção, são mais propícios a enferrujar quando expostos ao meio ambiente. Grande parte dos metais ferrosos apresentam propriedades magnéticas, tornando-se muito úteis não só na projeção de edifícios, mas também na criação de componentes para indústria automóvel e outros grandes setores industriais. Dentro destes metais inserem-se o ferro forjado, ferro fundido, ferro maleável, aço inoxidável, aço macio e aço. Relativamente aos metais não-

²⁴ Caracterização e distinção feita na obra “*Arquitetura: Referências + Boas Práticas & Especificações*”, da autoria de Julia McMorrough e publicado em 2013.

ferrosos, existe a tendência de serem mais fáceis de trabalhar, tendo grande parte destes a capacidade de criar as suas próprias camadas de óxido finas, preservando-se da corrosão.

Com o intuito de compreender melhor estes aspetos mencionados, é utilizada uma sistematização, realizada por Julia McMorrough²⁵, a alguns dos metais considerados como ferrosos e o tipo de aplicações a que são geralmente empregues no desenvolver de um projeto arquitetónico.

Ferro Forjado: Apresenta características como a alta resistência a corrosão, para além de ser macio e de fácil trabalhabilidade, sendo ideal se aplicado abaixo do terreno. Este tende a ser moldado para tubos, barras, ou folhas, conforme o objetivo ornamental desejado. Atualmente, este foi sucedido pelo aço e outros metais.

Ferro Fundido: Altamente instável para obter um uso estrutural, no entanto com elevada resistência à compressão e capacidade na absorção de vibrações, sendo um material ideal para componentes de escadas e grades.

Ferro Maleável: Um tipo de ferro que é forjado através de fundição, reaquecido, e depois lentamente arrefecido, melhorando a trabalhabilidade. A sua utilização é muito semelhante à do ferro fundido.

Aço Inoxidável: Gerado pela junção de liga com outros metais como o cromo e o níquel, obtendo resistência à corrosão. Quando necessário resistência e proteção perante a água do mar é lhe acrescentado molibbdénio. Apesar de causar um maior esforço em se moldar e se utilizar estes podem ser aplicados em capeamentos, ferramentas, escoras, rufos de cobertura, grampos e até mesmo acabamentos, podendo estes variar entre mate até o polimento espelhado.

Aço Macio: Aço estrutural comum, no entanto produzido com um baixo teor de carbono.

Aço: Material utilizado como elemento estrutural, pregos, elementos de fixação, vigas e trabalhos de decoração. Este é produzido por meio da combinação entre ferro e pequenas quantidades de carbono.

Ligas de Aço

Segundo a autora posteriormente referenciada, na produção de ligas os elementos metálicos são misturados entre si, criando um metal mais forte que os seus integrantes no seu estado puro. Um exemplo deste processo é a combinação entre ferro e pequenas quantias

²⁵ Arquiteta e investigadora licenciada pela Universidade do Kansas e com Mestrado pela Universidade de Columbia.

de carbono, gerando o aço. Outros aspectos positivos das ligas é a de fornecerem camadas de óxido, sendo um meio de autoproteção. Adicionalmente, providência uma maior resistência e trabalhabilidade. Dentro deste tema ainda se podem mencionar outros elementos químicos cuja função é aprimorar as ligas de aço, dependendo das circunstâncias em causa.

Alumínio – Torna as superfícies mais robustas e rijas.

Cromo e Cádmio – Fornece resistência contra a corrosão.

Cobre – Maior resistência contra a corrosão atmosférica.

Manganês – Maior resistência ao desgaste, conseqüente do aumento da sua dureza.

Molibdênio – Elemento geralmente combinado com outras ligas, proferindo numa maior resistência à corrosão e tração.

Níquel – Resistente à oxidação, para além de ampliar a sua resistência.

Silício – Resistente à oxidação, para além de ampliar a sua resistência.

Enxofre – Possibilita processos de maquinagem livre em aços com baixo teor de carbono.

Titânio – Impossibilita a corrosão inter-granular no aço inoxidável.

Tungstênio – Consistindo por cobalto e vanádio, e é capaz de aumentar a dureza e resistência contra as abrasões.

Metais tratados termicamente

Na sua generalidade os metais carecem de resistência na sua forma quimicamente pura e natural. De modo a ser viável o seu uso na construção é necessário modificar os seus atributos, existindo diversas formas de o fazer, dependendo do propósito almejado para o metal. Alguns desses tratamentos são realizados termicamente, no entanto dentro deste mesmo podem efetuados por têmpera ou recozimento.

Têmpera - O aço é aquecido moderadamente e depois lentamente arrefecido, resultando num metal mais duro e resistente.

Recozimento - O aço, bem como algumas ligas de alumínio, são aquecidos a elevadas temperaturas e lentamente arrefecidos. Este processo resulta num amolecimento do metal, melhorando a trabalhabilidade deste.

2.3.2 – Evolução das Formas de Produção

Estruturas tubulares eram aplicadas a várias décadas atrás, ainda assim, só por volta do século XIX são executadas na Britannia Railway Bridge, edificada entre 1846 e 1850, as primeiras secções retangulares ocas. Com o nascimento da Saltash Railway Bridge, erguida entre 1853 e 1859, surge o uso de secções elípticas. Na execução da Firth of Forth Railway Bridge, construída entre 1882 e 1890, são empregues as primeiras estruturas tubulares circulares ocas²⁶.



Figura 17 - Britannia Railway Bridge



Figura 18 - Saltash Railway Bridge



Figura 19 - Firth of Forth Railway

²⁶ Informação presente na obra “Reabilitação utilizando Sistema Estrutural em Aço”, escrito por Davide Joel Frutuoso em 2017.

Somente entre os anos de 1890 e 1920 é que os rebites e parafusos se tornam um elemento comum na união de secções metálicas. Com a produção das primeiras treliças com ligações soldadas ocorre o aperfeiçoamento de novos métodos de soldadura e brasagem nas construções metálicas. Estas proporcionavam ligações francas entre os tubos, causando uma transmissão direta das forças e atenuando o peso estrutural, algo que era bastante limitado pelas uniões aparafusadas. As treliças planas passam a ser empregues em diversos edifícios industriais, pontes ferroviárias, bem como construções que exigiam cumprir grandes vãos²⁷.

Na década de 60, com o surgimento de construções como o Centro de Exposições George Pompidou²⁸, projetado pela colaboração entre Renzo Piano e Richard Rogers, verifica-se nas estruturas tubulares metálicas um aprimoramento da sua estética, assim como, um maior controlo sobre a geometria das ligações entre os perfis²⁹.



Figura 20 – Fotografia da Maquete do Centro de Exposições George Pompidou

De forma a haver uma adaptação à configuração estrutural e arquitetónica, podemos constatar a existência de diferentes tipos de treliças. As tubulares podem surgir de perfis com secções circulares e retangulares. Como método de referência são empregues letras do alfabeto para distinguir e organizar as barras.

²⁷ Informação presente na obra “Reabilitação utilizando Sistema Estrutural em Aço”, escrito por Davide Joel Frutuoso em 2017.

²⁸ Um dos primeiros edifícios High-tech (alta tecnologia) a serem desenvolvidos, exibindo pelo exterior a sua estrutura, infraestruturas e serviços (canalizações, tubagens e escadas rolantes). Informação presente na obra “100 Ideas That Changed Architecture”, de Richard Weston em 2008.

²⁹ Informação presente na obra “Reabilitação utilizando Sistema Estrutural em Aço”, escrito por Davide Joel Frutuoso em 2017.

Arne Jacobsen³⁰, arquiteto e engenheiro industrial, é detentor da autoria de três obras que são exemplos de sistemas estruturais de escadas suspensas. Falamos das escadas da Câmara Municipal de Rødovre, do Banco Nacional da Dinamarca e do Hotel Royal SAS. Escadas essas que assumem um papel preponderante nas entradas destes edifícios.

Apesar de serem do mesmo autor, estas três escadas refletem a diversidade de desenho, estrutura e composição. Focando-nos na escada da Câmara Municipal de Rødovre, podemos observar uma estrutura linear. É travada nas lajes de betão armado e, no lado contrário, é suspensa por três barras de aço com 24 milímetros de diâmetro, que estão alinhadas perpendicularmente no final de cada tramo. Duas estão nas extremidades do patamar e outra no centro. A escada faz a ligação de três níveis com 3,20 metros de altura. No que respeita à composição dos degraus, estes têm perfis metálicos chanfrados, chapas metálicas de 5 milímetros de espessura e acabamentos de borracha antiderrapante de 1 milímetro de espessura. Nos patamares foram utilizados perfis metálicos em forma de C posteriormente cobertos pelos acabamentos. Para além do detalhe da suspensão destas escadas que lhe atribui uma sensação de leveza, Arne Jacobsen conseguiu igualmente realçar cada elemento que a constitui. Para tal, valeu-se das diferentes tonalidades utilizando o laranja nas barras. Os perfis dos degraus ficaram em cinzento. O branco foi escolhido para os restantes elementos da escada³¹.

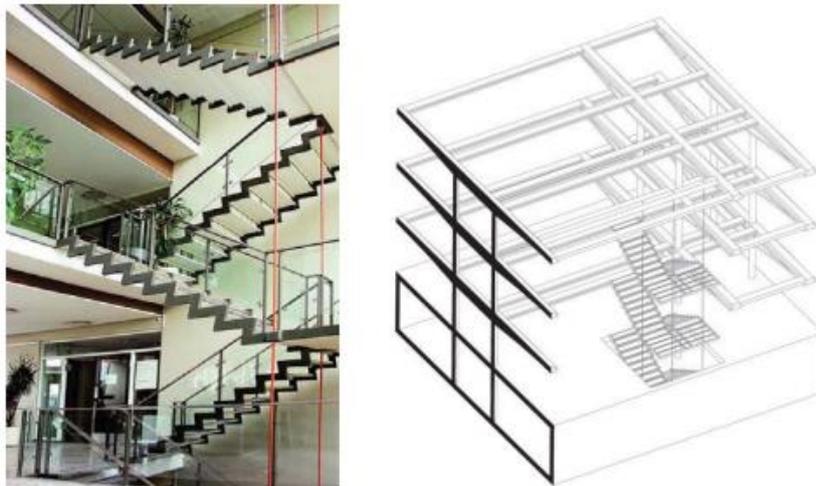


Figura 21 – Elementos Visuais da Escada da Câmara Municipal de Rødovre

³⁰ Um dos arquitetos modernos mais notórios do século XX. Este ainda se destacava pelos seus trabalhos em projetar moveis.

³¹ Dados retirados do documento “Reabilitação utilizando Sistema Estrutural em Aço”, escrito por Davide Joel Frutuoso em 2017.

Já a escada do Banco Nacional da Dinamarca adquiriu o mesmo estilo de desenho, estrutura e composição da anteriormente aqui referida. É suspensa na totalidade por oito barras de aço de 30 milímetros de diâmetro que estão distribuídas de forma simétrica e alinhadas perpendicularmente no final de cada tramo. Metade das barras estão nas extremidades e as restantes no centro dando possibilidade a que os patamares estejam em consola. A escada faz a ligação entre cinco níveis de 3 metros de altura, sendo que o piso térreo só tem 2,80 metros. Os degraus são constituídos de perfis metálicos biselados, chapas metálicas de 5 milímetros de espessura e acabamento de borracha antiderrapante de 1 milímetro de espessura. O suporte das zonas inclinadas é feito de forma horizontal pelos degraus. Nos patamares foram usados perfis metálicos em Z que se cruzam entre si conferindo, assim, mais rigidez à estrutura. Foram ainda aplicados pontos de luz artificial nos patamares, cujos cabos elétricos surgiam de uma das barras de aço do centro da escada que, para este efeito, ficou oca. Também neste trabalho arquitetónico Jacobsen utilizou a suspensão como forma de conferir à escada a sensação de leveza. Recorre as cores como destaque de cada elemento: o vermelho para as barras, o cinzento para os perfis e o branco para a restante composição³².

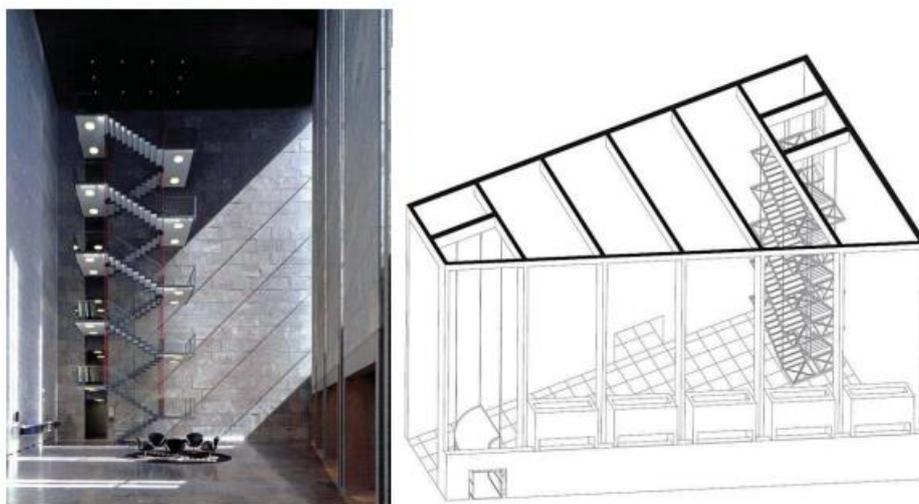


Figura 22 – Elementos Visuais da Escada do Banco Nacional da Dinamarca

Produção do Aço verde através de energias renováveis – hidrogénio verde

Para se desenvolver sobre este tema é necessário que se compreenda o que é, e o porquê, de se estar a recorrer ao aço verde. Atualmente, o mundo encontra-se a combater as

³² Informação presente na obra “Reabilitação utilizando Sistema Estrutural em Aço”, escrito por Davide Joel Frutuoso em 2017.

mudanças climáticas, sendo uma das principais intenções a de descarbonizar um elevado número de setores industriais, promovendo a um abandono quase total do consumo de energias não sustentáveis.

O aço destaca-se por ser um dos elementos metálicos mais usados no mundo, estimando-se uma fabricação anual que ronda os dois milhões de toneladas. Por outro lado, salienta-se as seis milhões de pessoas diretamente posicionadas na produção desta liga de ferro, exibindo a sua importância perante a economia e a sociedade.

No entanto, devido ao seu método de produção altamente poluente é necessário recorrer a novos métodos de produção mais ecológicos. A indústria responsável pela sua fabricação é responsável por cerca de 7% das emissões de CO₂ provocadas pelo homem a nível mundial, uma vez que recorre a combustíveis fósseis, neste caso ao petróleo, carvão e gás natural.

Graças a capacidade de este ser reciclado um indeterminável número de vezes, para além de permanecer com as suas características inerentes, torna-se numa das soluções complementares na redução do impacto ambiental. Respondendo neste momento a cerca de 26% dessas necessidades e com o desígnio de aumentar essa percentagem.

É neste contexto que surge o aço verde, um aço gerado através de carvão vegetal e recorrendo a energias limpas e renováveis, como o hidrogénio verde, evitando o uso de combustíveis fósseis e reduzindo as emissões. Parte deste procedimento está baseado na produção do hidrogénio verde, dado que a sua obtenção é por meio de um processo químico denominado por eletrólise, consistindo na separação do hidrogénio do oxigénio existente nas moléculas de água. Adquirindo energia e evitando 830 milhões de toneladas anuais de Dióxido de Carbono produzidos através de combustíveis fósseis, todavia a sua acessibilidade é questionável em virtude do seu elevado custo de confeção³³.

Técnicas de Fabricação

Abrasão – O material em bruto é derretido e moído com o intuito de criar uma superfície mais plana e aprumada.

³³ Toda esta informação referida foi obtida através do site <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/aco-verde>. Neste website é abordada a temática do “Aço Verde” conforme o seu título indica, descrevendo todos os progressos relacionados a descarbonização e utilização de energias limpas.

Desenho – Processo no qual são produzidos fios através do esticar do metal por orifícios cada vez menores.

Extrusão – É realizado um processo de aquecimento do metal, no qual este não é fundido, mas sim comprimido por meio de uma matriz, fabricando um elemento metálico com o perfil projetado.

Forjado – Com o intuito de tornar o metal mais maleável, este é aquecido e depois dobrado até obter o formato objetivado. Este método confere uma maior eficiência estrutural, uma vez que concede uma orientação as fibras do metal.

Fundição - A partir de um molde com o formato pretendido é derramado o metal que previamente é derretido. O material gerado não possui grande resistência, porém pode ser aplicado em ferramentas ou torneiras.

Laminação – Através de rolos o aço é comprimido. Quando este é trabalhado a quente obtém uma maior resistência, algo impossível se moldado a frio.

Maquinagem – Para obter a forma desejada é realizado um processo de corte, no qual pode passar por perfuração, serragem, torneamento (para formas cilíndricas), fresagem (implicando no uso de uma roda giratória), corte e picotado. A folha é então cortada por uma tesoura e dobrada numa prensadora.

Quinagem - Com o metal e a utilização de cunhas é definida a sua forma e textura final³⁴.

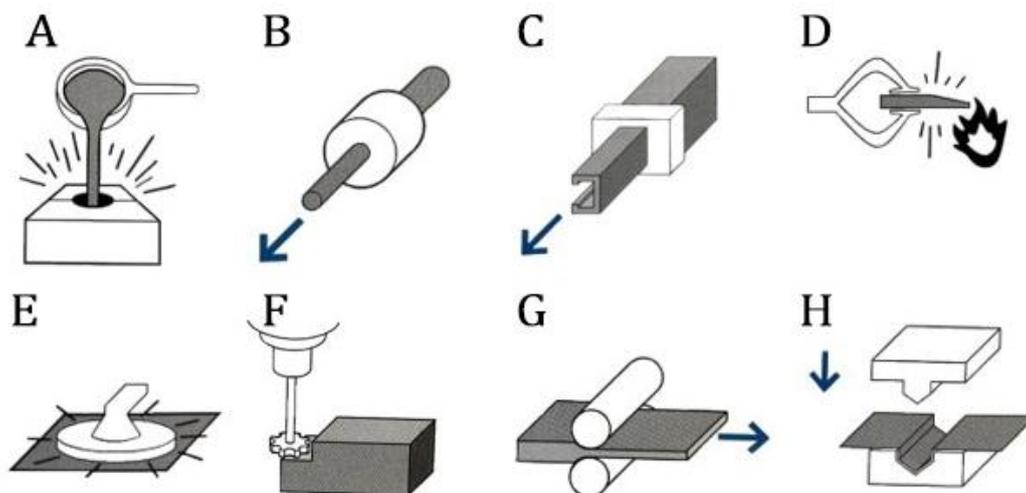


Figura 23 - Diferentes técnicas de fabricação (A – Abrasão; B – Desenho; C – Extrusão; D – Forjado; E – Fundição; F – Laminação; G – Maquinagem; H – Quinagem;)

³⁴ Toda esta distinção sobre as técnicas de fabricação esta presente na obra “Arquitetura: Referências + Boas Práticas & Especificações”, da autoria de Julia McMorrough e publicado em 2013.

2.3.3 - Processos de Proteção

Tal como na estruturação e utilização da madeira, a proteção contra incêndios também é um tema importante no projetar com aço. Embora este apresente uma grande resistência, os efeitos do calor contribuem na alteração da sua robustez, e, conseqüentemente, na modificação da sua capacidade em suportar elevadas pressões. Na eventualidade de surgir um incêndio é necessário que esta estrutura resista, obrigando que estas tenham um revestimento adequado. Uma questão que deve estar bem delimitada na estruturação de aço, comparativamente a outros materiais como é o caso do betão.

Numa melhor perceção desta condicionante é necessário entender os tipos de proteção que existem, sendo estas distinguidas por **Proteção Ativa** e **Proteção Passiva** contra Incêndios. Pelo que indica Andrea Deplazes, na Proteção Ativa são empregues medidas que atuam diretamente na extinção do incêndio, recorrendo a sistemas de sprinklers, espumas, extintores e alarmes de incêndio. Já a Proteção Passiva caracteriza-se por ser o recorrer a medidas preventivas que permitam reduzir os efeitos destrutivos do incêndio, estando este relacionado aos tipos de materiais construtivos que se usa. Materiais que para além de evitarem a propagação do incêndio, apoiam na não formação de vapores e fumaças extras, um dos principais motivos de morte em incêndios. Todos estes aspetos se prendem com a proteção do edifício e o seu conteúdo, mas mais importante que isso, com o salvar vidas³⁵.

O tipo de proteção que se deve exercer também se associa ao tipo de edifício que se esta a projetar, podendo este ser de um único piso, ou com vários pisos, mas também com o tipo de utilização que tem. Caso seja um edifício industrial com apenas um piso são poucos os requisitos necessários, uma vez que este tem acessos de emergência diretos para o exterior e os trabalhadores têm conhecimento destes percursos, devido a possíveis simulacros de incêndio. No caso de ser uma edificação de utilização pública dever-se há ter muitos mais cuidados, visto que grande parte dos usuários destes locais não têm total conhecimento do espaço. O mais correto ao projetar remonta em inserir técnicas tanto de proteção ativa e passiva. No entanto, na eventualidade de ser impossível devido aos elevados custos dever-se-á calcular a estrutura de modo que esta permaneça intacta por um tempo de 30, 60, 90 ou 120 minutos, caso um grande incêndio ocorra³⁶.

³⁵ Dados obtido através da obra *“Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel”*.

³⁶ Cruzamento de dados entre os documentos *“Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel”* e *“Revestimentos para a estabilidade e resistência frente ao fogo”*.

Uma das soluções a que se recorre mais é na utilização de tinta intumescente resistente ao fogo, processo no qual se aplica esta proteção nos elementos estruturais em aço, neste caso, nos pilares e vigas. Na existência ou contacto com chamas este componente cria uma espuma com propriedades extintoras. Ocorre um aumento de volume e forma, selando o aço sobre um isolamento térmico, e, permitindo assim a estrutura manter a sua estabilidade quando sujeita a elevadas temperaturas. O seu método de aplicação se baseia por inicialmente se aplicar um primário sobre a estrutura metálica, após isso, coloca-se o revestimento intumescente e finalmente um acabamento, se assim se desejar. Este método de proteção é agradável e o mais aplicado, no sentido em que permite a estrutura manter praticamente as suas proporções e aspeto (Figura 24).

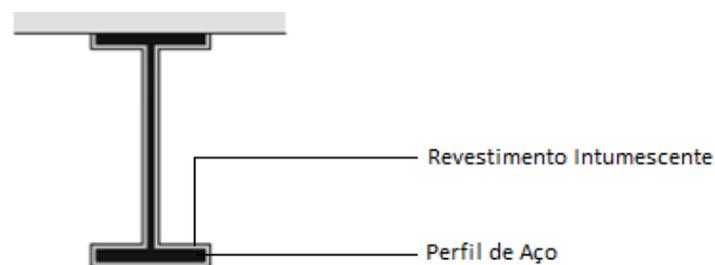


Figura 24 - Tinta Intumescente resistente a fogo aplicada em pilar de aço

Outro método se baseia num revestimento total em betão, diretamente aplicado sobre a estrutura metálica. Através deste processo, a estrutura adquire um aumento na sua capacidade em suportar cargas, para além de isolar totalmente os elementos de aço no seu interior. Alguns aspetos negativos desta solução é os perfis metálicos deixarem de ser visíveis diretamente, além do aumento em dimensões que surge nas secções da estrutura (Figura 25).

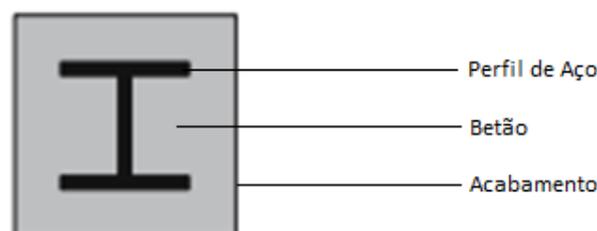


Figura 25 - Pilar de Aço revestido por Betão

Uma terceira possibilidade se prende com a criação de uma estrutura em aço oco, no entanto preenchido com betão. Esta solução não protege o pilar metálico de entrar em contacto direto com chamas e altas temperaturas, no então, em caso de incêndio ocorre uma passagem das forças gravíticas, tendo o betão que assumir isoladamente a função de suporte (Figura 26) Por outro lado, existem métodos que se baseiam num preencher parcial da estrutura. Isto permite a estrutura suportar maiores cargas, porém não protege de forma eficiente o pilar de aço (Figura 27).

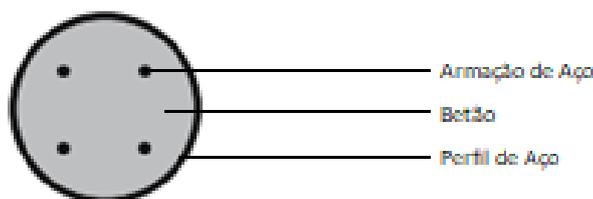


Figura 26 - Pilar de Aço oco preenchido com Betão

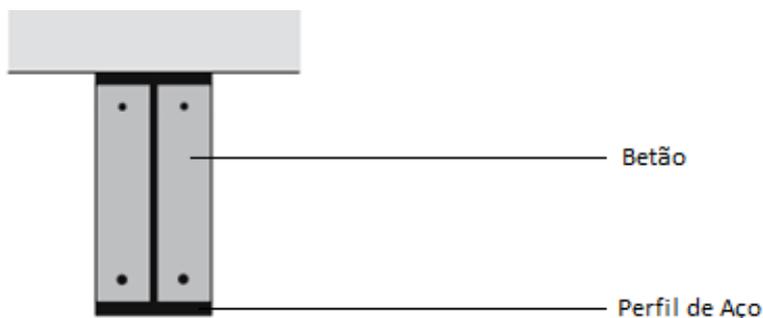


Figura 27- Pilar de aço parcialmente preenchido com Betão

Dois últimos sistemas utilizados para realizar o isolamento perante o fogo remete a conceção de um perímetro de placas de gesso cartonado corta-fogo. Esta forma permite a proteção do perfil perante elevadas temperaturas e ainda possibilita a passagem de elementos de serviço e/ou tubagens graças ao vazio que fica. Na última constituição sugere-se a elaboração de uma parede com o mesmo material, todavia com o perfil no seu interior e afastado desta.

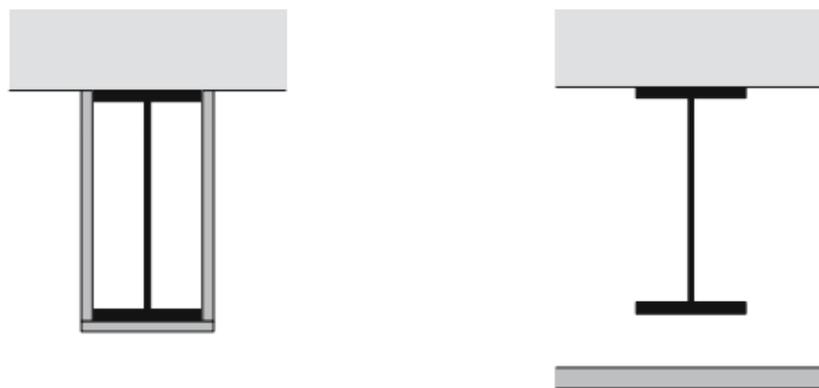


Figura 28 - Pilar de Aço revestimento por Placas de Gesso Cartonado corta-fogo (imagem da esquerda) e Pilar de Aço afastado da parede de gesso cartonado corta-fogo (imagem da direita)

Mesmo sendo um material com múltiplos benefícios e vantagens, é necessário ter-se em atenção a forma como o aço se comporta perante a transferência de frio ou calor para o edifício. Para tal, é preciso entender-se a constituição deste elemento estrutural, uma vez que ele é muito propício na absorção das temperaturas atmosféricas do ambiente que se localize.

Um aspeto que se deve ter em conta é o que se entende por ponte térmica, sendo este associado ao fenómeno de transferência de calor, o qual é substancialmente modificado pelas imposições físicas dos materiais. As características intrínsecas das envolventes dos edifícios, nomeadamente a utilização de vários materiais e forma como estes são utilizados e posicionados, determina a resistência térmica de uma determinada zona.

Na eventualidade deste elemento estrutural se localizar na separação entre espaço interior e exterior, dever-se-á tomar alguns cuidados, de forma a prevenir possíveis pontes térmicas e evitar condensações e perdas de calor desnecessárias. Existindo vários materiais e sistemas capazes de resolver estas questões.

Uma das soluções que demonstra ser das mais viáveis é na criação de um sistema de fachada ventilada, caracterizada por possuir uma câmara de ar, que realiza uma constante renovação do ar. Este espaço é situado entre o isolamento e o acabamento, resultantes da colocação de uma subestrutura de metal afixada nos perfis e vigas de aço. Este sistema conta com a aplicação de painéis de lã mineral e uma película impermeável para resolver tanto as questões de elevada pluviosidade, escoamento das águas e as questões térmicas e acústicas, porém impossibilitando a demonstração da estrutura metálica do edifício pelo exterior.



Figura 29 - Constituição de uma fachada ventilada

Na eventualidade do edifício ser todo envidraçado e tiver a caixilharia no mesmo plano que o pilar de aço, pode-se resolver a ponte térmica através da colocação de la mineral ou outro elemento que realize uma proteção térmica. Se esta proteção for colocada pelo exterior, na separação entre o aço e o espaço exterior, é possível manter a leitura da estrutura de aço pelo seu interior. O oposto também é uma solução viável, no entanto poderá implicar na ocultação quase total destas peças devido a espessura da parede. Um dos grandes problemas deste método é o fraco controlo que ocorre devido as aberturas de vidros, sucedendo grandes perdas térmicas e incidências solares, implicando a inserção de sistemas mecânicos de aquecimento e arrefecimento³⁷. Outra opção era a implementação de laminas quebra-sol, todavia o problema só era resolvido parcialmente e alusivo aos raios solares. Outra adversidade é a falta de visibilidade que surge desta.

³⁷ Sistemas de ventilação como AVAC e Chillers.



Figura 30 - Laminas metálicas Quebra-sol

Na área da cobertura o problema pode ser facilmente resolvido através da aplicação de placas de poliestireno extrudido³⁸, a semelhança do mencionada posteriormente, todavia requerendo de um elemento que a fixe e um outro que a proteja de ser danificada.

Um outro fator dos quais é necessário realizar medidas preventivas, é causado em função do contacto entre o aço e os variados tipos de ambientes que o envolvem, corroendo o aço, e, ocorrendo um fenómeno destrutivo e bastante comum nos metais. No aço, surge uma perda de espessura de forma uniforme, criando uma película que pode atuar como elemento protetor, caso seja continua esta capa apresenta empolamentos. Esta camada de óxido pode resguardá-lo mais destas reações, porém não totalmente³⁹.



Figura 31 - Processo de corrosão nos metais

³⁸ Elemento utilizado na construção civil como isolante térmico sintético. “Possui baixa condutibilidade térmica, contribuindo assim para o conforto e eficiência energética das habitações”. Informação obtida através do site <http://www.fibrosom.com/Produtos.aspx?id=3>

³⁹ Informação presente em “Tratamentos de Prevenção e Proteção Anticorrosivas para Estruturas Metálicas”. De António Pestana em 2018.

Ou seja, a corrosão atmosférica contribui de forma elevada nos processos de destruição do aço, uma vez que elementos como a precipitação, humidade, oxigénio, vento, temperatura e poluição aceleram esse processo. Estes efeitos tendem a ser mais sentidos em ambientes exteriores, no entanto em ambientes interiores estes impactos existem em parâmetros muito reduzidos. Um exemplo mais concreto destas repercussões é visível em aços junto à costa, uma vez que a sua corrosão se supõe que seja 400 a 500 vezes mais elevada que em áreas no deserto. Semelhante a esta estima-se que a cerca de 30 metros da costa, a corrosão seja 12 vezes mais acelerada que a 300 metros do litoral⁴⁰.

Devido a estas questões de corrosão nas estruturas de aço na arquitetura, surge a problemática de proteger esta, de modo a prolongar a sua vida. Existem vários métodos para preservá-las, contudo estas caracterizam-se por criar um completo isolamento, e, ou até, ocultação dos perfis de aço. Um dos processos é o seu envolvimento aplicado diretamente com betão, contudo este procedimento também se pode realizar através da utilização de tintas anticorrosivas, permitindo que o aço se torne mais rígido e durável. A sua aplicação é efetuada através de um primário de zinco e como acabamento uma camada protetora. A especificidade e durabilidade da tinta vai sempre depender de umas para outras, no entanto estas podem ser classificadas conforme demonstra a tabela abaixo (Figura 32). Ainda é possível utilizar-se películas resistentes a água, que, agrupadas a painéis de la mineral fazem a proteção do aço tanto das águas pluviais, mas também cria uma barreira térmica⁴¹.

Baixa (B)	2 A 5 anos
Média (M)	5 a 15 anos
Elevada (E)	>15 anos

Figura 32 - Durabilidade na generalidade nas tintas Anticorrosivo

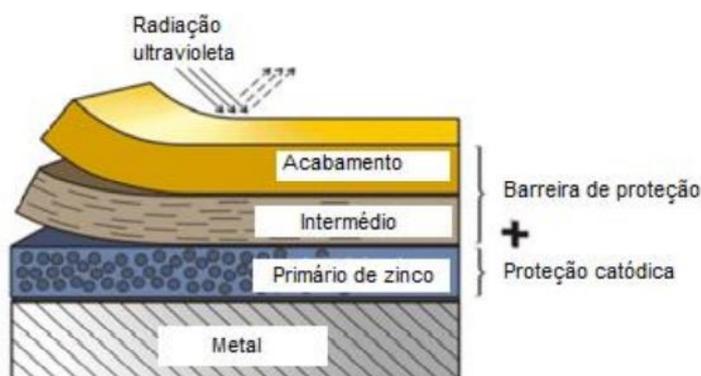


Figura 33 – Esquema dos constituintes da aplicação de tintas Anticorrosivas

⁴⁰ Informação presente em “Tratamentos de Prevenção e Proteção Anticorrosivas para Estruturas Metálicas”. De António Pestana em 2018.

⁴¹ Informação presente em “Tratamentos de Prevenção e Proteção Anticorrosivas para Estruturas Metálicas”. De António Pestana em 2018.

2.3.4 – Formas de Aplicação

São inúmeros os tipos de perfis existentes, podendo estes variar em formato e dimensões, dependendo sempre das especificidades do projeto arquitetônico. Através do Anexo 1, é possível ver uma pequena lista de alguns dos perfis mais utilizados, tanto para pilares, como vigas ou até mesmo elementos decorativos e de fixação. Em função destes aspectos é relevante demonstrar todas as utilidades que estes podem obter, assim como a sua constituição. Segundo a autora Julia McMorrough, dentro da construção os mais aplicados estruturalmente são os laminados, apresentando abas paralelas ou mesmo inclinadas. Perfis fabricados por soldadura, eletrossoldadura, confeccionados a frio mesmo tubulares. Dentro deste grupo ainda se podem inserir os cabos de aço, compostos por arames treilados e manifestando alta resistência e um excelente comportamento perante elevadas tensões⁴².

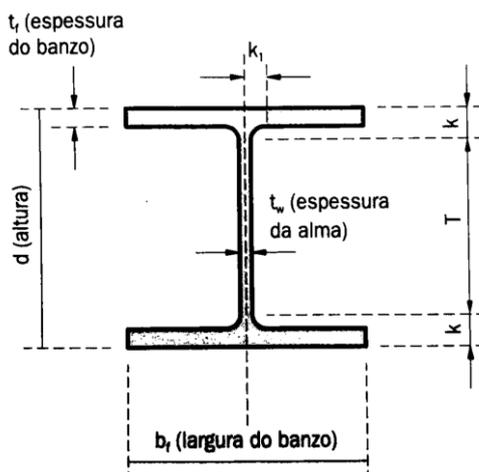


Figura 34 – Esquema dos constituintes de perfis metálicos

Perfis do tipo HEA, HEB e HEM são geralmente empregues para suportar grandes tensões, obtendo a função de pilares e vigas. Devido aos seus flanges largos estas secções também se adequam para cargas inclinadas. Nestes tipos de perfis, a largura e profundidade tendem a ser muito semelhantes entre si, obtendo uma secção muito quadrangular.



Figura 35 - Perfis Largos com flanges do tipo HEA, HEB, HEM

⁴² Esta distinção esta presente na obra “Arquitetura: Referências + Boas Práticas & Especificações”, da autoria de Julia McMorrough e publicado em 2013.

Perfis Estandarizadas do tipo INP e UNP apresentam-se como uma alternativa mais barata para secções com flanges paralelas. Devido a apresentar flanges internos muito estreitos, estes são utilizados em trabalhos de soldagem, sendo muito raro o seu uso em processos que impliquem parafusação⁴³. Estas categorias de perfis distinguem-se pelas suas abas mais curvas.



Figura 36 - Perfis Estandarizados do tipo INP e UNP

Perfis do tipo UPE e UAP são frequentemente compostas por uma forma assimétrica permitindo suportar apenas pressões baixas. Secções IPET, caracterizam-se por ser perfis do tipo IPE, porém cortados a meio. Estes, são especialmente usadas para vigas, treliças, mas também como barras de fixação dos caixilhos de vidros e até da cobertura.

Perfis da categoria IPE exibem uma aparência mais delgadas, conseqüentemente, sendo mais aplicadas como vigas (devido ao flange estreito, são menos adequados como membros de compressão). Geralmente esta categoria identifica-se pela sua forma retangular.



Figura 37 - Perfis com flanges paralelos do tipo IPE, UAP e IPET

Perfis do tipo RRW, RRK e ROR são usados principalmente para a criação de colunas, treliças e vigas, uma vez que são ótimas para tensões homocêntricas. Em comparação aos perfis HEA, perfis estruturais ocos exibem uma menor perimetria, requerendo menos pintura. O diâmetro externo permanece o mesmo para diferentes espessuras de parede. Ainda é possível fazer uma distinção entre laminados a frio - RRK, leve e barato - e laminados a quente - RRW, com boa curvatura e resistência, graças aos cantos virados.

⁴³ Caracterização proferida por Julia McMorrough na obra “Arquitetura: Referências + Boas Práticas & Especificações”, em 2013.



Figura 38 – Perfis Estruturais Tubulares Ocos com formatos quadrangulares (RRW / RRK), retangulares (RRW / RRK) e circulares (ROR)

Perfis do tipo RND e VKT são usados, principalmente, como elementos de suporte e de fixação. Secções transversais maiores também adequadas como membros de compressão, um exemplo deste processo surge em pilares revestidos por betão (para proteção contra incêndio).



Figura 39 - Perfis sólidos com formato circular (RND) e quadrangular (VKT)

Tipos de Conexão entre Metais e Pilares

Quando se trabalha com metais a sua união pode ser efetuada de variadas formas, estando estas organizadas entre soldadura, brasagem, métodos mecânicos e grafagem e dobragem⁴⁴. No que diz respeito a conexão entre perfis, quando manuseados como elementos estruturais, podem variar de inúmeras formas – Conexões Simples, Conexões Semirrígidas e Conexões Rígidas.

Soldadura - Com a utilização de um arco elétrico ou uma chama de gás são fundidos dois metais a elevada temperatura. Este método permite que o ponto de ligação seja efetuado a partir de um metal fundido adicional, a partir de um fio de solda, junto dos metais que se pretende unir. Em consequência da sua resistência as ligações soldadas permitem, se desejado, a sua aplicação estruturalmente.

⁴⁴ Esta distinção entre os tipos de união esta presente na obra “Arquitetura: Referências + Boas Práticas & Especificações”, da autoria de Julia McMorrough e publicado em 2013.

Brasagem - Por meio deste procedimento, onde a temperatura é mais baixa, os próprios metais não são fundidos, mas apenas o metal utilizado para a solda. Para isto, são utilizados metais como latão, bronze, ou mesmo uma liga de chumbo-estanho, uma vez que têm um ponto de fusão mais baixo. Este método de união entre metais não se adequa a ligações estruturais, sendo comumente usada para coberturas e tubagens de encanamento.

Métodos Mecânicos - Graças a possibilidade deste material ser picotado ou perfurado é lhe aplicado pregos, parafusos ou rebites, sendo uma eficiente união mesmo em elementos com função estrutural.

Grafagem e Dobragem - Com o uso de presilhas ou dobras e encaixes é realizada a conexão e união de alguns elementos metálicos.

Uma destas conexões designa-se por conexões fixas, no qual se fixa através de parafusação, ou soldagem, um grampo ao pilar. Após isso, o grampo é fixo a viga através de parafusação. Outro nome que este tipo de ligações possui é de conexões simples, sendo estas desenhadas para transferir, apenas, pequenas pressões das vigas para as colunas, não desenvolvendo tensões consideráveis.

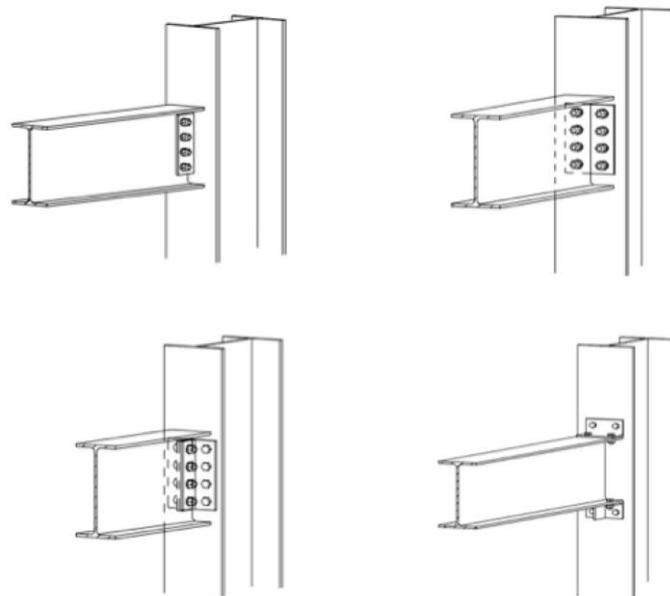


Figura 40 - Diferentes tipos de Conexões Simples

Outro tipo de conexão denomina-se por conexões rígidas. Uma das uniões que podem surgir desta ocorre através de parafusação, no qual a placa final da viga se encontra soldada e é aparafusada diretamente ao pilar (Figura 41, demonstrado do lado esquerdo). Idêntico a

este é o sistema que se rege por soldar, na viga contínua, tanto por baixo e cima a continuação dos pilares, e entre os flanges da viga são acrescentados uns reforços (Figura 41, demonstrado do lado direito). Parte deste processo também pode ser efetuado através de parafusação.

Uma das grandes vantagens das Conexões Rígidas se deve a sua característica de não se deformarem significativamente sobre momentos de grandes tensões, obtendo desta forma uma limitação rotacional superior a 90%⁴⁵. Estabelecendo uma continuidade total na conexão.

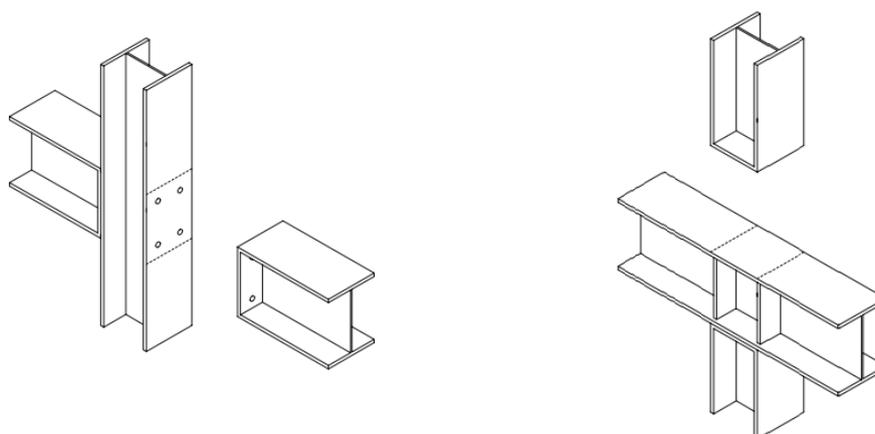


Figura 41 - Exemplos de algumas Conexões Rígidas

Similar a estes métodos mencionados anteriormente é o recurso a nós pré-fabricados. Neste, o processo, conforme o nome indica, rege-se por efetuar em fábrica perfis pré-definidos onde são soldados nós, nos quais têm a função de se unir as vigas através de parafusação.

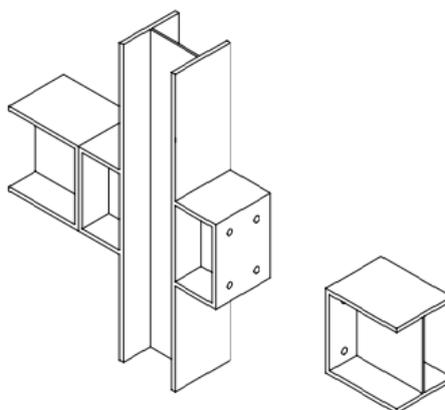


Figura 42 - Conexão com Nós Pré-Fabricados

⁴⁵ Informação proveniente do site <https://sites.google.com/site/beamcolumnconn/types-of-joints>. Onde são referidos os tipos de conexões existentes entre perfis metálicos e os atributos de cada um deles. Parte destes dados são cruzados com informações da obra “*Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel*”.

Caso seja necessário que a estrutura metálica apresente uma maior robustez, pode-se recorrer a um método mais elaborado, conforme é visível na Figura 43. Onde ocorre uma saliência das placas terminais e nos pilares são soldados reforços nos alinhamentos das flanges das vigas, comparativamente a imagem anterior.

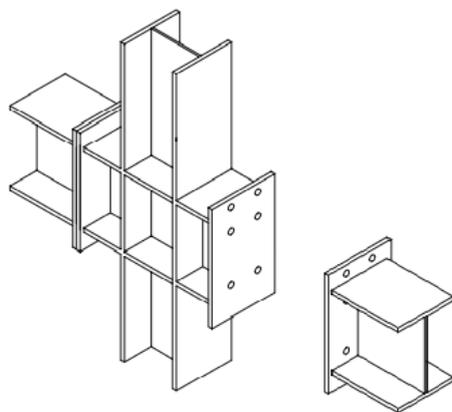


Figura 43 - Conexão mais robusta com Nós Pré-Fabricados

Conexões entre Pilares e solo

Alusivo a este parâmetro é vital referir as formas possíveis que os pilares de aço podem adquirir quando em contacto e fixação ao solo. Definindo como toda a sua estrutura se irá comportar perante as tensões, estando este maioritariamente sempre associado ao uso do betão, para melhor se estabilizarem os alicerces.

As suas conexões podem ser divididas em dois tipos, neste caso, as que não apresentam muita resistência a tensões, conforme se pode visualizar nas imagens abaixo (Figuras 44), não ocorrendo uma grande reentrância destas no interior do solo⁴⁶.

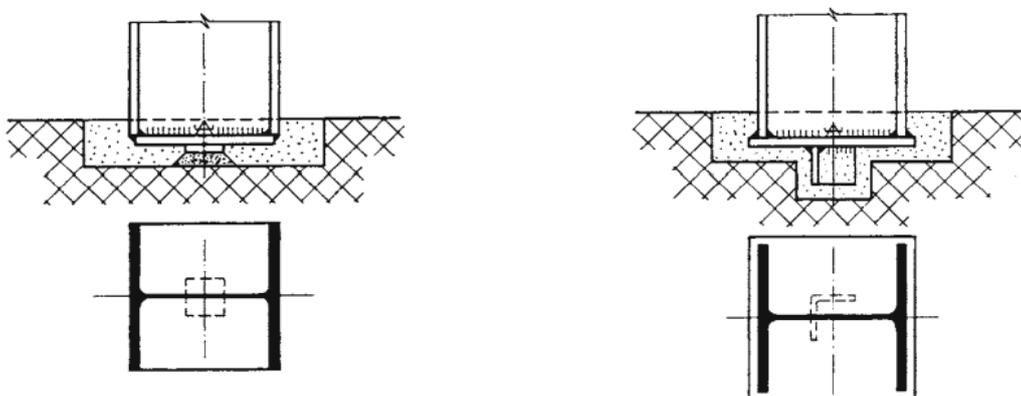


Figura 44 - Detalhes de base para colunas de base fixa sem tensão

⁴⁶ Dados demonstrados na obra "Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel".

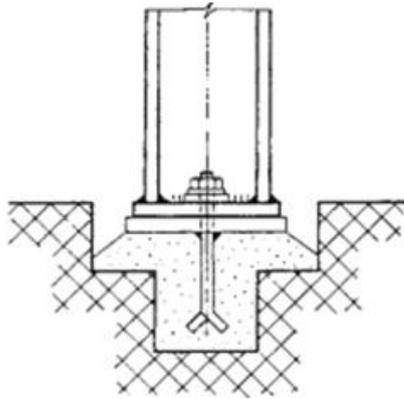


Figura 45 - Detalhe de base para colunas com base fixa ou de baixa tensão com placa de base inferior instalada antecipadamente

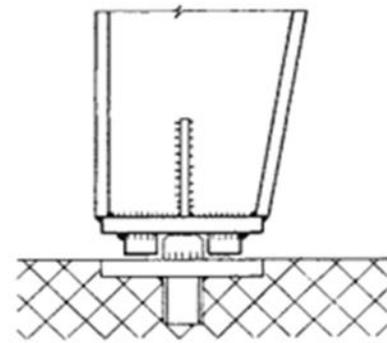


Figura 46 - Detalhe de base para colunas de base fixada sem tensão e com dobradiça

Relativamente ao último tipo, representado nas fotos descritas abaixo (Figuras 47 e 48), estão dois tipos de bases que suportam elevadas tensões, sendo estas mais eficientes até mesmo na absorção de oscilações. Nas Figuras 47 e 48 são apresentas duas imagens com situações muito semelhantes, uma vez que ambas suportam grandes momentos de flexão, mas distintas, uma vez que a da direita utiliza perfis laminados a frio que são soldados ao pilar⁴⁷.

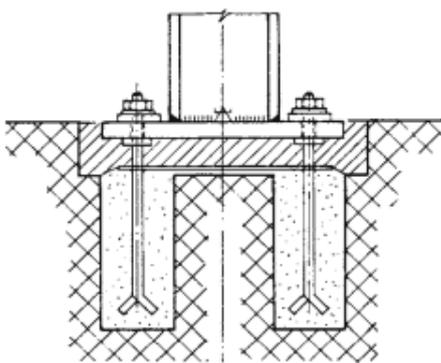


Figura 47 - Detalhes de base para colunas de base fixa com barras roscadas e fundidas em antemão

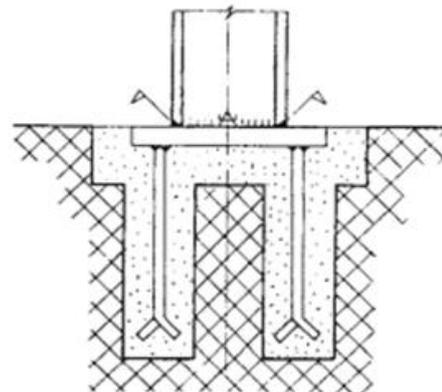


Figura 48 - Detalhes de base para colunas de base fixa com placa de base instalada em antemão, coluna soldada à placa de base no local

⁴⁷ Dados demonstrados na obra "Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel", realizada por Andrea Deplazes em 2005.

2.3.5 - Limitações de altura e vãos

“The strength of steel made possible the development of the early high-rise builds of Chicago” (Richard Weston, 2011)

A delimitação da altura num edifício está bastante interligada a vários fatores, não existindo parâmetros exatamente precisos para estes, implicando que cada projeto deve de ser analisado conforme as suas especificidades. Alguns dos aspetos que principalmente influenciam na altura do mesmo são características como o sistema estrutural que se utiliza, altura pretendida, proporções, as condições da carga, estabilidade, aspeto do edifício, restrições territoriais e do local, assim como, a função desejada para o espaço⁴⁸.

Edifícios em altura com estrutura de aço podem possuir diversos sistemas estruturais, porém, estes podem ser divididos em duas extensas categorias: Estruturas Interiores e Estruturas Exteriores⁴⁹. Uma distribuição relacionada ao posicionamento da estrutura e sistema que suporta as cargas laterais do edifício, dependendo de onde esta se localize na sua maioria, ou seja, no interior ou perímetro do seu edificado.

Uma vez que seria bastante extenso abordar sobre os diversos sistemas existentes é facultado algumas tabelas e esquemas ilustrando estes aspetos (ver anexos 4, 5, 6 e 7). Através dessas ilustrações é possível observar-se alguns dos sistemas existentes para estruturas internas e externas, assim como, uma representação do número de pisos que estas podem aglomerar em média, exemplos de edificações e as suas vantagens e desvantagens.

Um aspeto bastante notório quando usado o aço neste tipo de edificações é a capacidade de facilmente moldar os seus sistemas de modo a atingir dimensões que outros materiais, sozinhos, não possibilitariam. Este aspeto realça a liberdade de criação projetual em altura que este viabilizou.

⁴⁸ Dados retirados da obra *“Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects”*, escrita por Ali, Mir M. Ali e Kyoung Sun Moon em 2007.

⁴⁹ Este estudo e distinção foi inicialmente realizada por Fazlur Khan em 1969 com a obra *“Heights for Structural Systems”*. Informação retirada da obra *“Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects”*.

Relativamente aos vãos, a sua limitação é definida pelo sistema da laje, peso da laje e dimensão da estrutura vertical. Conforme Andrea Deplazes indica, a execução deste tipo de pavimentos tende a ser muito rápida, no entanto, muitas das limitações estruturais dos vãos ocorrem principalmente devido ao tamanho das peças que formam as lajes, uma vez que só estão disponíveis em medidas muito reduzidas e standartizadas. Um exemplo deste aspeto é a chapa de ferro com perfil trapezoidal, que possui larguras de 0,3 metros até 0,9 metros. Na formação de lajes numa estrutura metálica estas podem ser executadas de diferentes formas, sendo uma delas a criação de uma laje colaborante. Chapas de ferro com perfil trapezoidal que são aparafusadas as vigas e depois cobertas com uma pequena camada de betão, criando assim uma laje bastante eficiente (Figura 49 – D3). Semelhante a este mencionado há um tipo de lajes que aplica a chapa, e por cima desta, posiciona-se um painel que serve de acabamento (Figura 49 –D2)⁵⁰.

Outro método também possível recorre ao posicionamento de uma construção secundária de pequenas vigas, neste caso, vigas que são colocadas por cima das vigas principais. Uma das vantagens deste método é a de fornecer uma disposição que permite aos serviços uma fácil acessibilidade transversalmente ao interior da laje. Consoante os requisitos, o próprio piso pode ser efetuado apenas com tábuas de madeira (Figura 49 – D1).

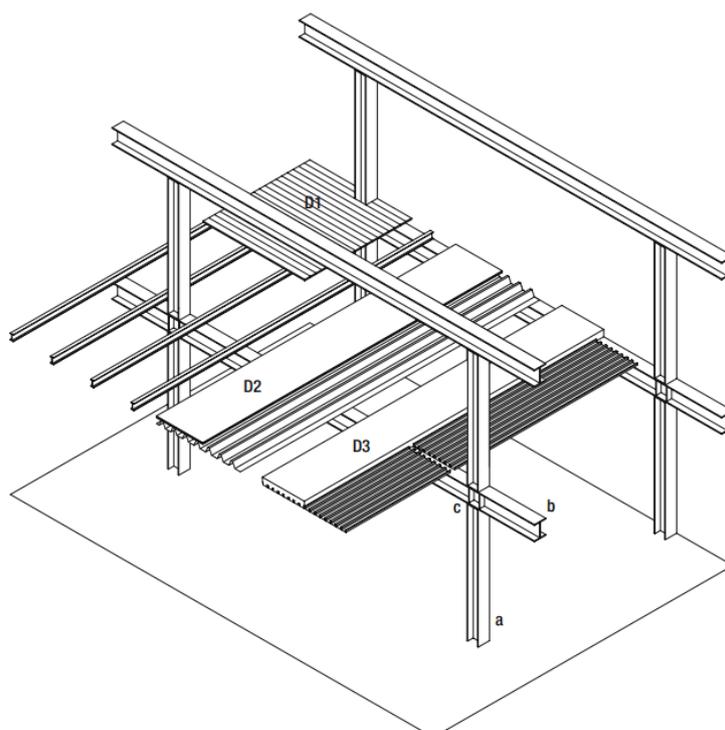


Figura 49 - Composição de uma laje com estrutura metálica

⁵⁰ Estes factos podem ser constatados na obra “*Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel*”

CAPÍTULO III – ANÁLISE DE INFLUÊNCIAS PROJETUAIS

Centro Cultural Daoíz e Velarde

Local: Madrid, Espanha na rua C/ del Alberche

Utilização Inicial: Património Industrial e Militar

Utilização Atual: Centro Cultural

Data: 2013

Arquiteto(s): Rafael de La-Hoz Castanys

Estruturas: Tijolo, Betão e Aço

Área: 6850 m²

Projeto que apresenta como intenção uma quase total preservação da linguagem arquitetónica do edifício existente, visto que este simboliza parte do património industrial e militar de Madrid. Assim sendo, o arquiteto obedece a forma e volumetria do edifício, conservando a sua estrutura de treliças metálicas, as fachadas de tijolo, bem como as suas aberturas e entradas de luz.

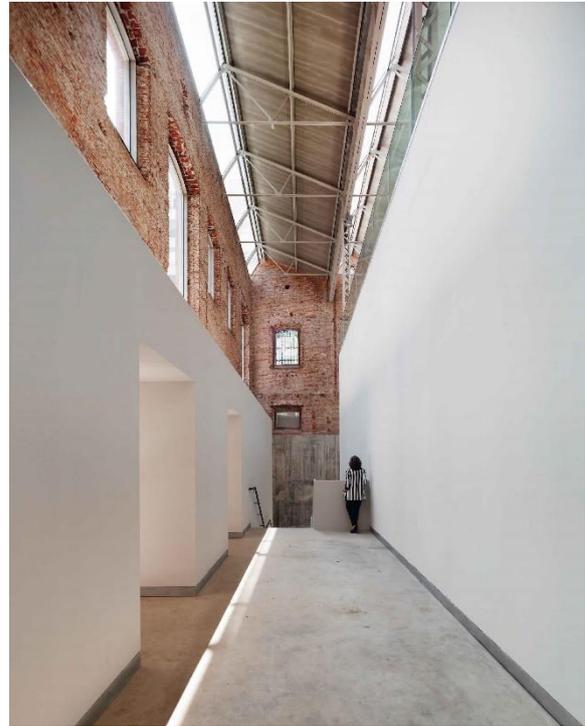


Figura 50 – Centro Cultural Daoíz e Velarde, Ponto de Vista Exterior e Interior

Já o seu interior é totalmente destruído, gerando um vazio que alberga o novo centro cultural. O seu espaço interno, com planta trapezoidal, é dividido em duas zonas principais com entradas e passagens autónomas, onde retrata uma vigorosa correlação espacial e visual, integrando-se assim as várias circunstâncias de utilização que possam ocorrer.



Figura 51 – Fase de construção do Centro Cultural Daoíz e Velarde

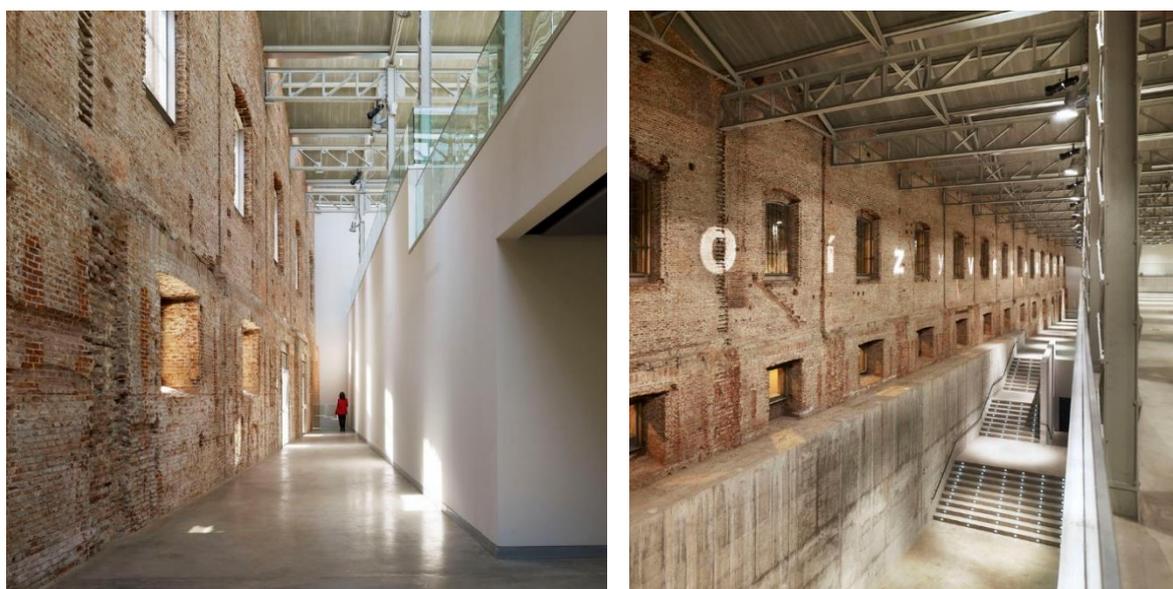


Figura 52 – Passagens principais do Centro Cultural Daoíz e Velarde



Figura 53 - Fotografias Interiores do Centro Cultural Daoiz e Velarde

Na área da entrada é produzido um espaço que funciona como ágora coberta, transmitindo uma ideia de continuação perante a praça exterior e o edificado. Um aspeto peculiar desta reabilitação se prende com as diferenças de cota do edifício com os arruamentos envolventes. Através da Rua Alberche acede-se ao edifício pelo andar inferior, todavia na Rua de Pedestres entra-se para o Piso 1, possibilitando uma fluidez na acessibilidade deste.

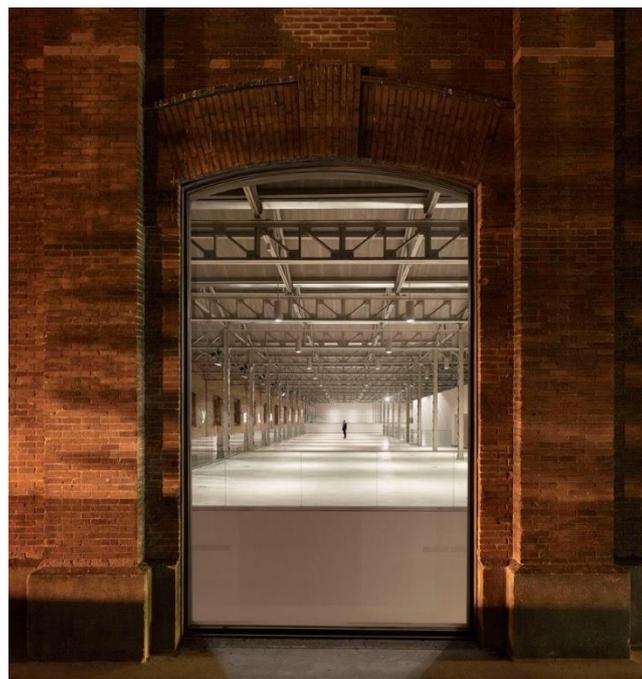


Figura 54 – Entrada para o Centro Cultural Daoiz e Velarde no Piso 1

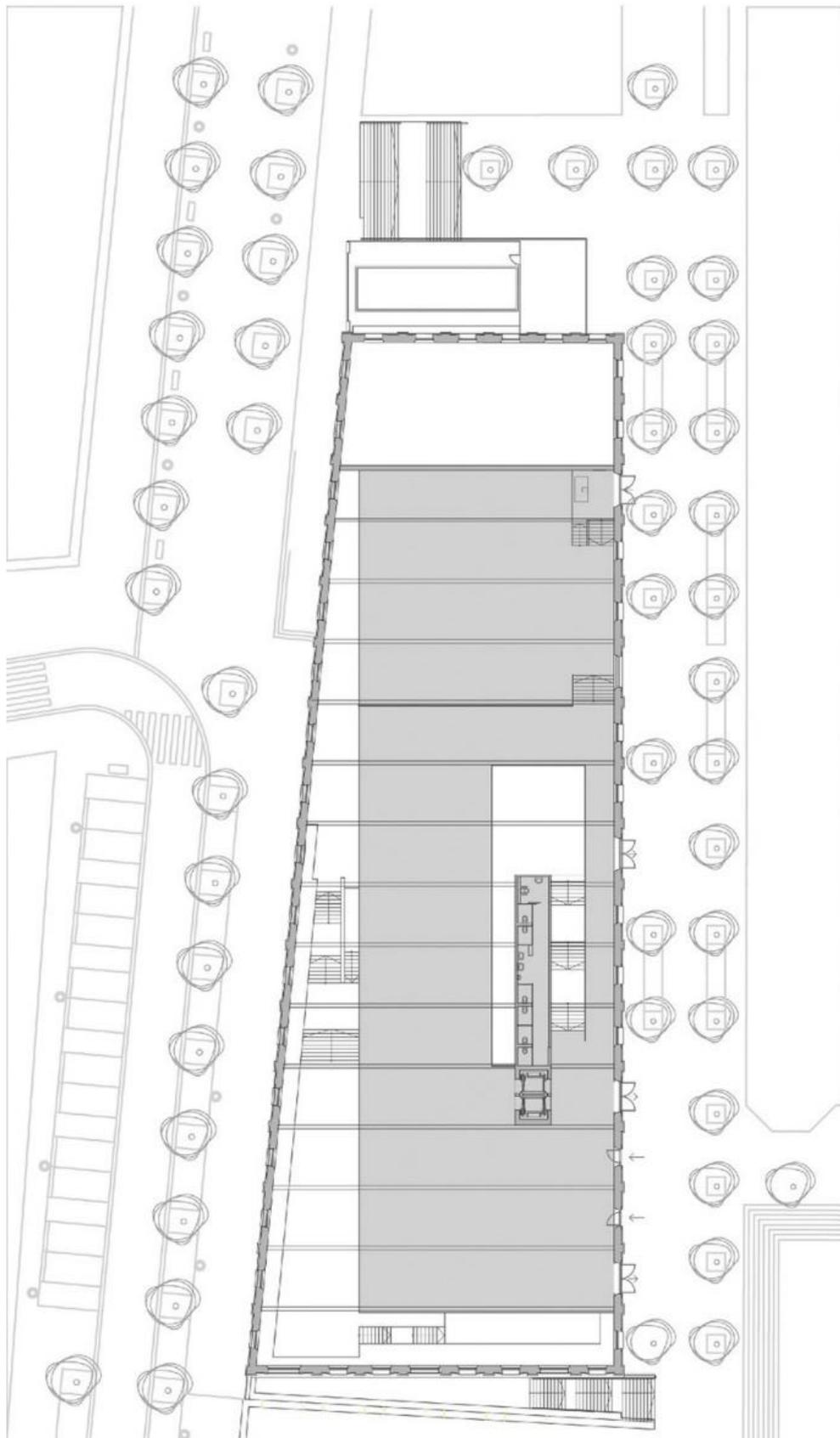


Figura 55 - Planta do Piso 1 do Centro Cultural Daoíz e Velarde

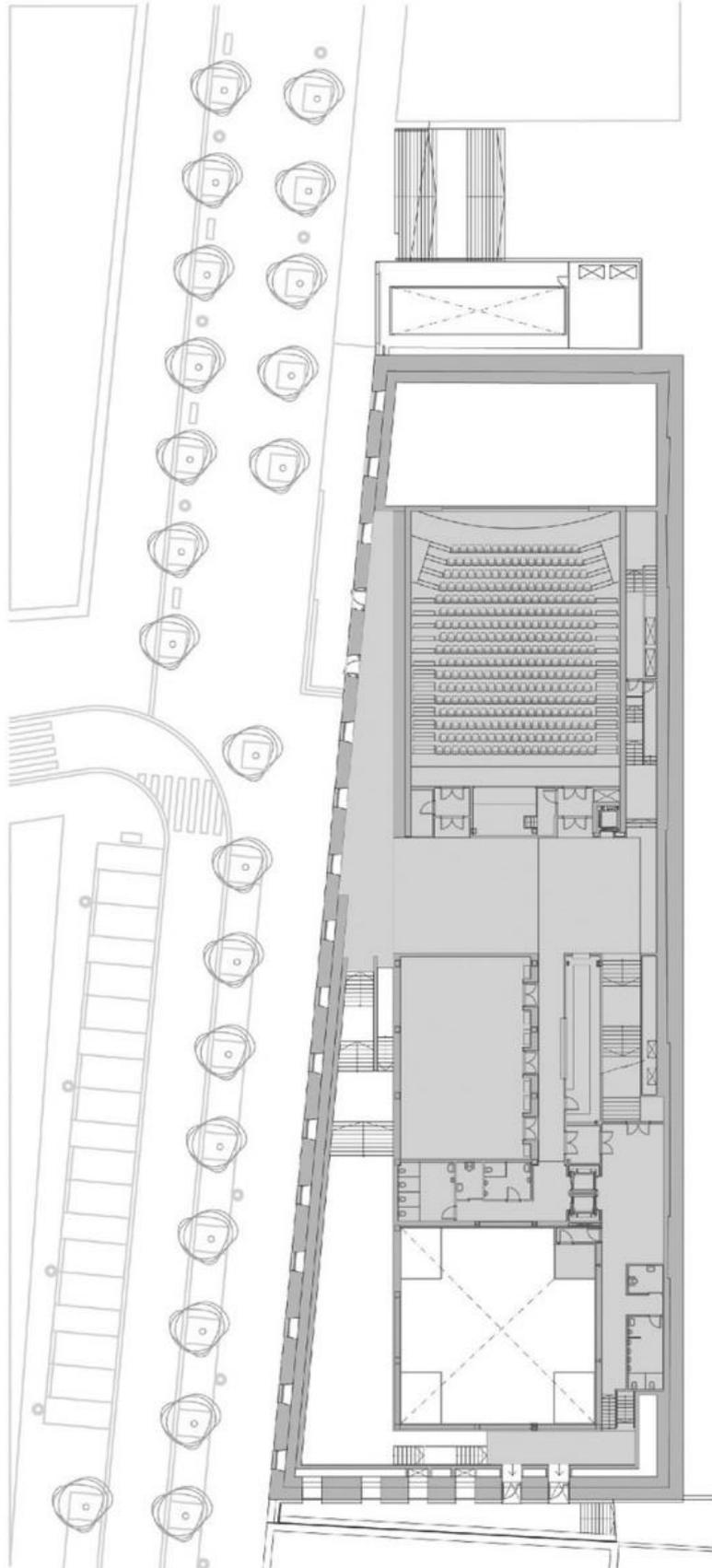


Figura 56 - Planta do Piso R/Chão do Centro Cultural Daoíz e Velarde

A cobertura é remodelada de modo a usufruir da ventilação e luz natural, promovendo numa maior eficiência energética que é complementado pelas lajes que funcionam como elementos Termo-ativas tanto para o arrefecimento como o aquecimento.



Figura 57 – Vista exterior das aberturas na cobertura do Centro Cultural Daoíz e Velarde

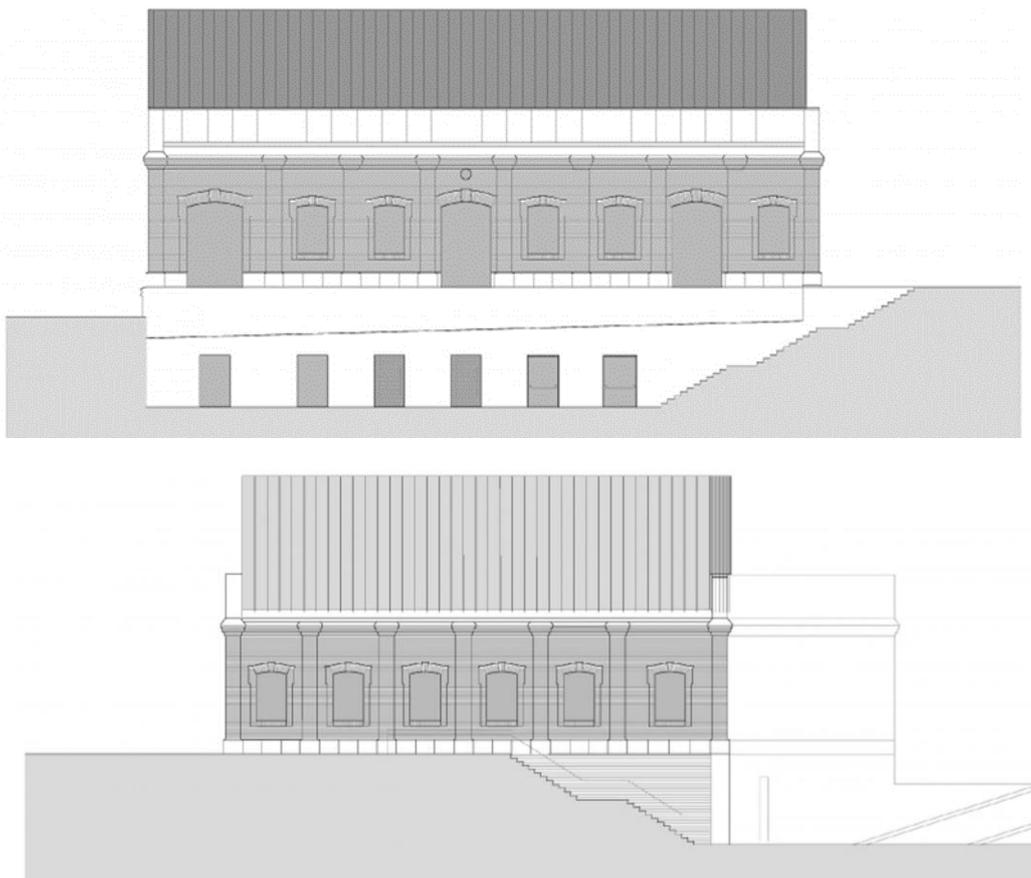


Figura 58 – Alçados do Centro Cultural Daoiz e Velarde

Através de 33 poços geotérmicos de 157 metros é acumulada energia de baixa potência para ser utilizada pelo edifício. Ainda dispõe um sistema composto por tubos enterrados a 1 metro de profundidade na laje da fundação, com a função de arrefecer o ar antes de alcançar as unidades de tratamento do ar. Por meio destes sistemas o consumo energético é reduzido em um terço, relativamente a outros métodos convencionais⁵¹.

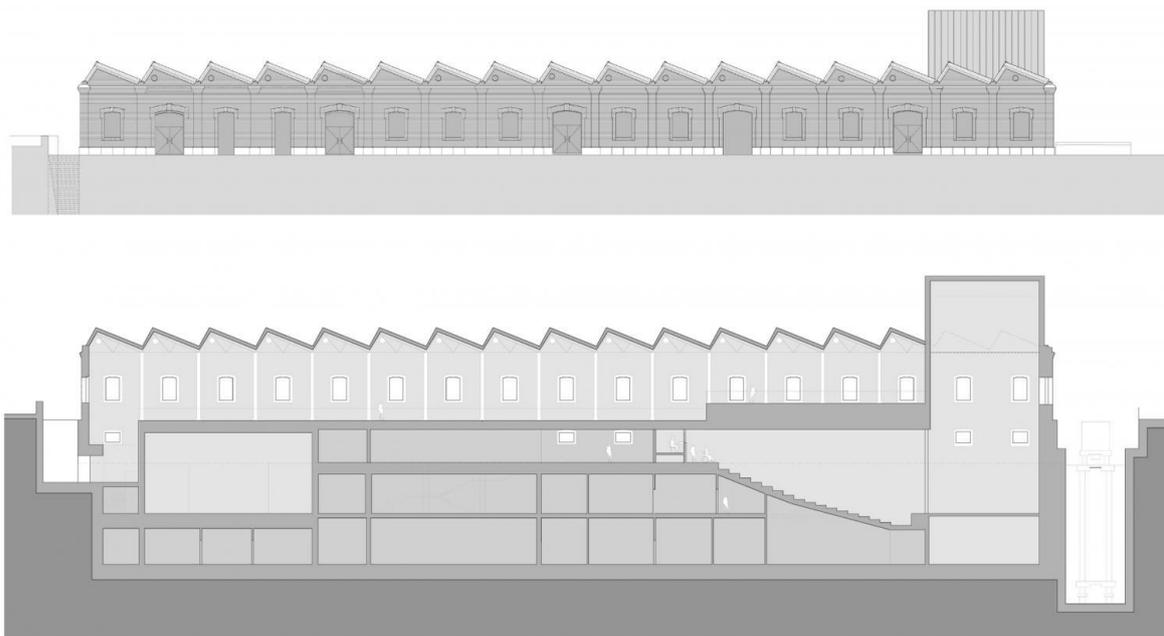


Figura 59 - Cortes do Centro Cultural Daoiz e Velarde

Conceitos relevantes para a proposta - A antiga Fábrica obtém uma evidente separação com a nova intervenção, no qual se cria uma relação de harmonia com os elementos preexistentes. Sistemas estruturais que realçam uma sensação de leveza e que transmitem a ilusão de que a estrutura metálica esta suspensa no ar, contrastando com o processo de construção dos volumes de betão (visível na figura 51). Um excelente projeto, onde a estrutura é visível e não ocultada, realçando o seu verdadeiro impacto perante o espaço, algo que não ocorre em muitos projetos que possuem elementos metálicos. Outro aspeto, remete para o aspeto de sustentabilidade energética da obra, possuindo aberturas de luz na cobertura que fornecem uma iluminação do seu interior.

⁵¹ Dados derivados do website <https://www.archdaily.com.br/br/01-183784/centro-cultural-daoiz-y-velarde-rafael-de-la-hoz>. Neste site é proferida uma análise ao projeto do Centro Cultural Daoiz e Velarde.

Molopolska Garden of Arts

Local: Cracóvia, Polónia, na rua Karmelicka

Utilização Inicial: Biblioteca e Teatro

Utilização Atual: Biblioteca, Teatro, Espaço Multifuncional e inserção de um jardim de usufruto público

Data: 2005

Arquiteto(s): parceria entre os arquitetos Jack Ewý e Krzysztof Ingarden

Estruturas: Tijolo, Betão e elementos metálicos

Área: 1579 m²

A construção parte dos contornos entre uma edificação do século XIX, incorporando uma área multifuncional. O seu principal conceito surge com o intuito de reinserir a Biblioteca Małopolska Voivodship e o Teatro Juliusz Stowacki no contexto urbano da cidade. Para criar uma ligação entre as construções existentes projeta um novo volume, influenciando-se pelos edifícios vizinhos, suas respetivas formas geométricas e coberturas, cuja sua introdução perante o envolvente se evidencia. Recorre intensamente ao aço e vidro durante a construção, o que origina uma vigorosa conexão entre os espaços interiores e exteriores, para além de gerar leveza e transparência a estes, salientando-se essencialmente na zona dos jardins. Características que melhoram a relação entre os edifícios e os arruamentos, acrescentando um sentimento de harmonia em todo o seu conjunto⁵².



Figura 60 – Vista Exterior do Molopolska Garden of Arts

⁵² Informação obtida através do site https://www.archdaily.com.br/br/760432/jardim-das-artes-malopolska-ingarden-and-ewy-architects?ad_medium=gallery. Neste é proferida uma caracterização e análise ao Molopolska Garden of Arts.



Figura 61 – Jardim do Mołopolska Garden of Arts

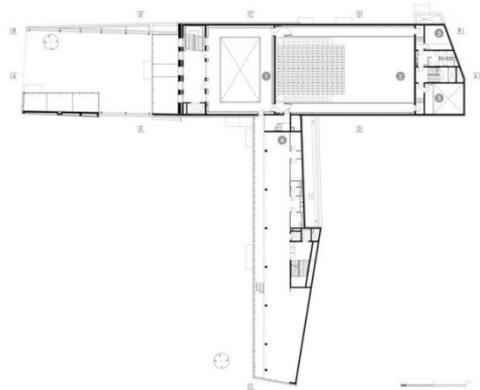


Figura 62 – Auditório do Mołopolska Garden of Arts

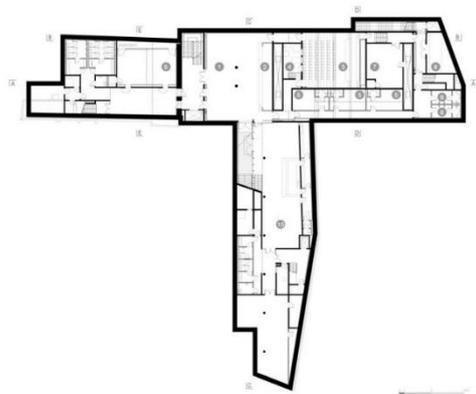


Figura 63 - Vista Interior da Cobertura do Mołopolska Garden of Arts

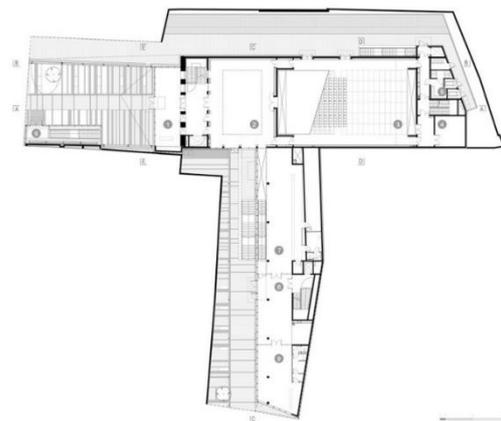


Figura 64 – Plantas do Mołopolska Garden of Arts



Figura 65 – Vista Exterior do Mołopolska Garden of Arts

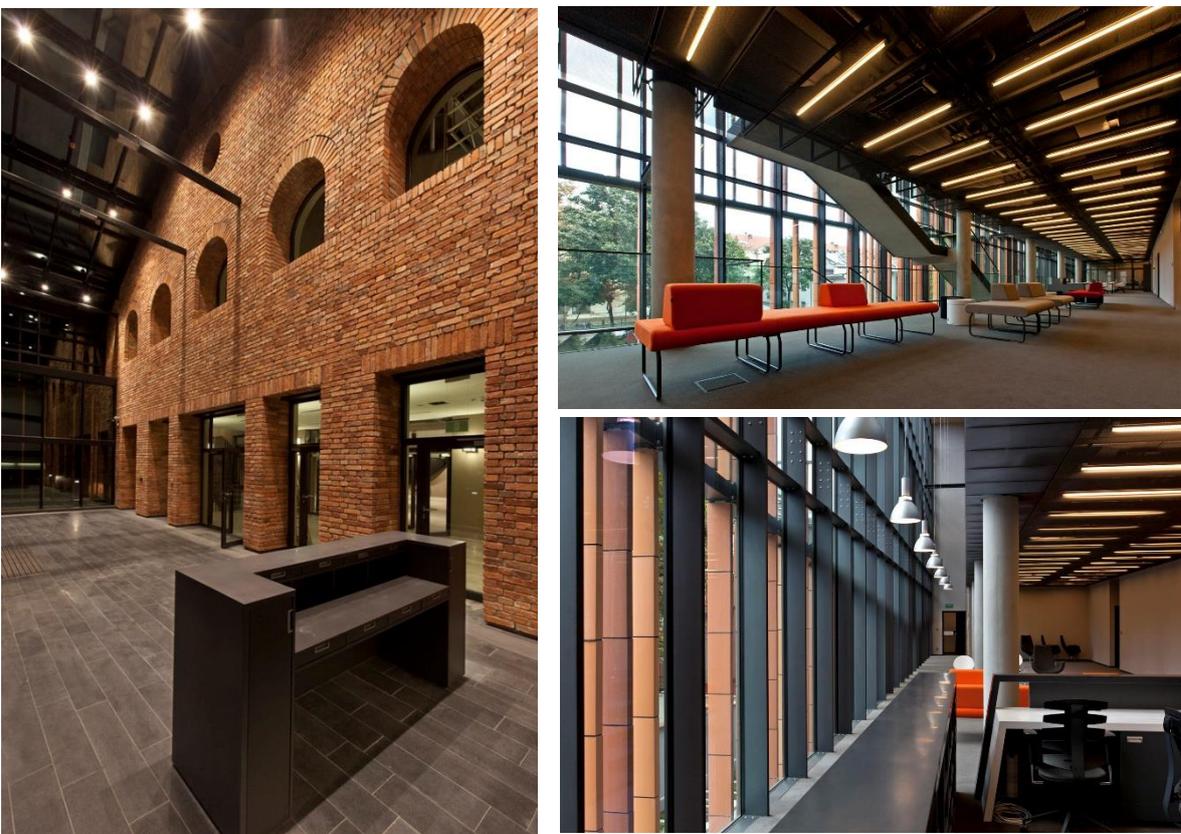


Figura 66 – Vista Interior do Mołopolska Garden of Arts

Conceitos relevantes para a proposta - Através do Mołopolska Garden of Arts obtém-se o desejo em criar um contraste entre interior e exterior, exercendo um efeito de transparência e conexão entre ambos os espaços. Este conceito é aplicado na Central do Ouro sobretudo no cais e na ruína (juntamente com os edifícios que possui nas laterais). Sob outra perspetiva adquire-se conhecimento relativo à projeção de praças e zonas exteriores, impactando na proposta que se pretende executar. Adicionalmente, tenciona-se gerar uma relação franca e direta entre os elementos metálicos e as pré-existências.

Alfândega do Porto

Local: Miragaia, Rua Nova da Alfândega

Utilização Inicial: Política e administrativa - Alfândega

Utilização Atual: Cultural e Recreativa - Museu

Data: Século XIX (Início de construção em 1859 e Fim da construção em 1869)

Arquiteto(s): Eduardo Souto Moura

Estruturas: Estrutura mista (alvenaria de granito, cobertura em estrutura de madeira e/ou ferro)

Por último será abordada a Alfandega do Porto, realizando assim um enquadramento entre o edifício e o trabalho desenvolvido na Cadeira de Projeto 5. Primeiramente, para descrever esta construção é necessário obter contexto histórico da sua origem, relacionando-se com os primeiros registos escritos de caráter aduaneiro no Porto, datados de 1123 ao foral do Bispo D. Hugo. Constata-se divergências entre burgueses e o senhorio episcopal, associado ao crescimento do comércio para norte, o que gera a criação da Alfandega entre 1254 e 1255 como centro do poder comercial.

No ano de 1859 dá-se início a construção do novo edifício aduaneiro, localizando-se na zona ribeirinha no areal de Miragaia seguindo os projetos de Colson. Os desenvolvimentos da obra ficam a cargo do engenheiro Francisco de Carvalho Mourão Pinheiro e a área do Cais do engenheiro Faustino José da Vitória. A Alfândega somente é inaugurada em 1869 e demonstrando uma arquitetura distinta dos edifícios característicos da Ribeira do século XV. Apresentava um conjunto de edifícios onde aplicava principalmente o ferro, agrupando com outros materiais como pequenos tijolos, madeira e a pedra.

São efetuadas inúmeras modificações ao projeto original, introduzindo neste: pilares de cantaria e abobadas de pedra nos pisos subterrâneos, colunas de ferro e abobadilhas nos pisos intermédios a estruturas metálicas e madeira. No corpo central, o último piso é rematado por uma cobertura única em carvalho de Riga. Uma planta que apresenta uma forma retangular composta, longa e a possuir dois pátios.

É composto por três corpos principais com três pisos articulados de quatro corpos com o mesmo número de pisos mais baixos. No que diz respeito às coberturas, estas são diferenciadas em telhados de quatro águas. Já a fachada é virada a sul, sendo que o centro do corpo mais elevado é coroado com uma cornija interrompida ao eixo por um frontão triangular. Lateralmente, os dois corpos são mais baixos e ligam-se com o principal através de dois corpos de dois pisos. Têm janelas retangulares alongadas de verga curva abatida. Ainda no corpo principal denota-se no último piso aberturas em verga em arco perfeito. Nas esquinas da frente voltada para o rio, nos dois cunhais de mais um piso, surgem torreões de planta quadrangular. Todo este complexo faz denotar uma simetria em todo o conjunto.

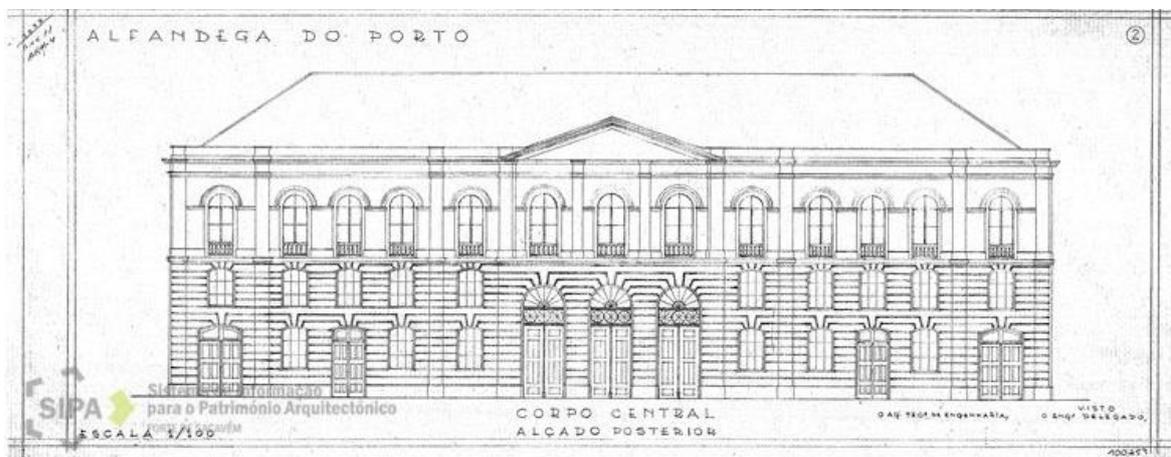


Figura 67 – Alçado da Alfândega do Porto

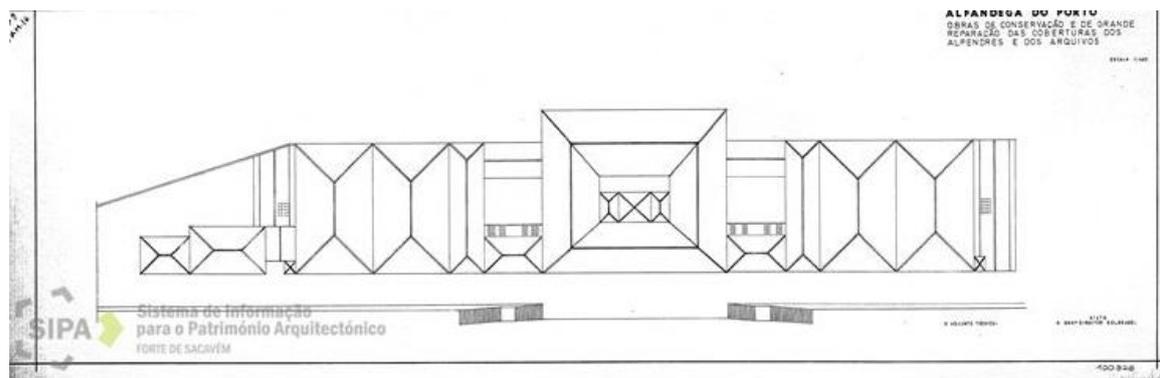


Figura 68 – Planta da Cobertura da Alfândega

Na sua utilização primária, o corpo principal ao centro era usado pela parte administrativa. Os corpos laterais simétricos serviam de armazéns, tal como os espaços entre eles. Por baixo dos armazéns estava outro piso enterrado cuja iluminação era assegurada por

um fosso que rodeava o edifício. Outro elemento de destaque é o carril para transporte das mercadorias. Este entra dentro do edifício e passa pelos vários armazéns dos diferentes pisos. Para tal conta com uma série de rótulas que definem as mudanças de direção.

Com a nova Alfândega surge também uma rua, em 1871, que se destaca pela relação direta que cria com o exterior urbano. A estruturação deste novo arruamento nota-se bastante positivo, uma vez que se torna numa das principais artérias do Porto na zona ribeirinha, realizando a passagem e escoamento de muito do trânsito. No ano de 1881 esta começa a incorporar conexão com o sistema ferroviário que se ia instalando pela cidade.

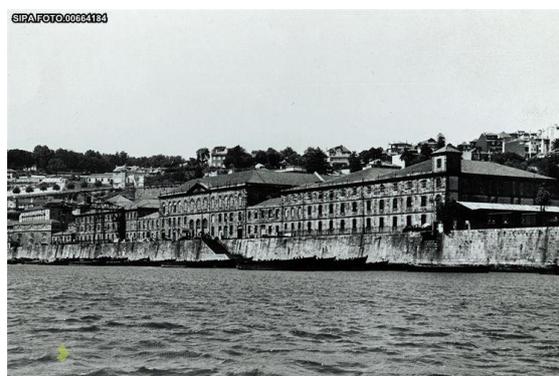


Figura 69 – Fotografias da Alfândega do Porto em 1939

Por volta de 1987, dá-se uma evolução dos meios de comunicação e serviços, ocorrendo uma deslocação destes, que se localizavam no centro da cidade do Porto, para as periferias. Exemplo deste processo é o Aeroporto e o Porto de Leixões. Gradualmente acontece o mesmo com os serviços da Alfândega, acompanhando o Porto de Leixões, o Terminal TIR e o Aeroporto. Durante este período, em sequência das movimentações dos meios culturais do Porto, o edifício adquire uma nova função, passando a ser o Museu dos Transportes. Em 1992 nasce a Associação para o Museu dos Transportes e Comunicação. Nesta fase ocorre a reabilitação do edifício à responsabilidade do arquiteto Eduardo Souto de Moura, com o intuito de transformar a antiga Alfândega num centro de exposições permanentes e de eventos.

O antigo espaço aduaneiro do Porto passa a exibir extensas salas, bastante multifuncionais, luminosas e flexíveis a organização de grandes eventos, para além de conceder ao mesmo, salas de segurança, salas de equipamento e com melhores condições de

acústica e comunicação. Por efeito da sua singularidade arquitetónica e características, no ano de 1998, é eleito a receber a VIII Cimeira Ibero-Americana⁵³.

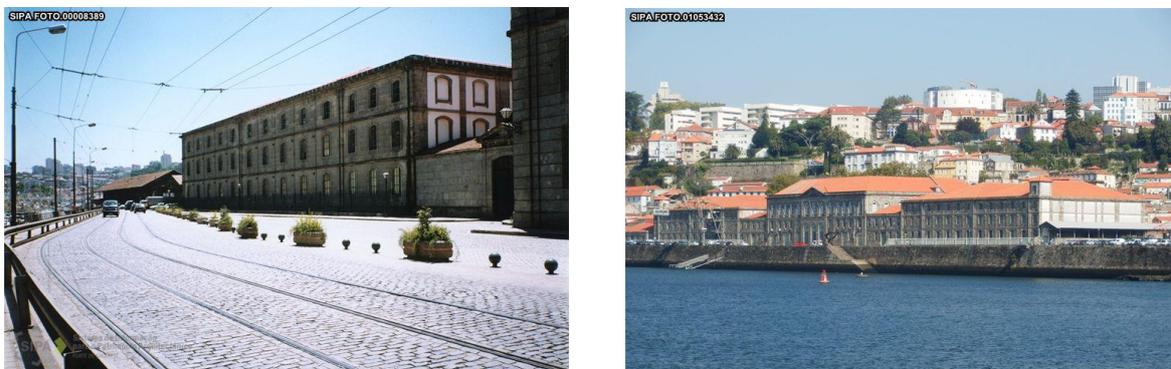


Figura 70 – Fotografias da Alfândega do Porto, respetivamente em 1996 e 2014

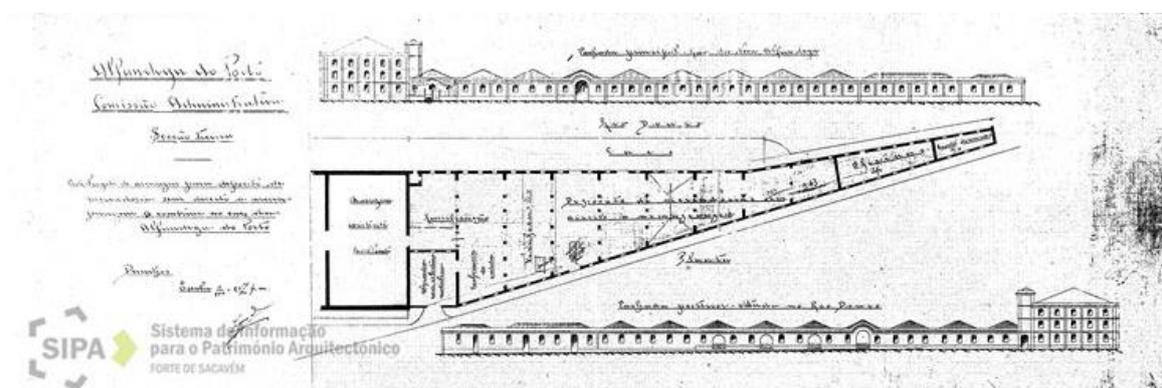


Figura 71 - Planta; Fachada principal, Rua da Nova Alfândega; Fachada posterior, voltada ao Rio Douro da Alfândega

Conceitos relevantes para a proposta - Pela Alfândega do Porto nasce à vontade em manter a linguagem que as fachadas exteriores transmitem, pretendendo à semelhança desta obra, manter a sua imagem e historicidade.

Por outro lado, idealiza-se a projeção de espaços multifuncionais, gerando recintos que podem assumir diversas funções se necessário em algum momento.

⁵³ Dados provenientes do site <https://www.ccalfandegaporto.com/pt/sobre-nos/5#sectioncron>. A partir deste website é possível obter um contexto histórico detalhado do edifício da alfândega do Porto.

Micro-cervejeira e restaurante Browsers Beato

Local: Lisboa, entre a Avenida Infante Dom Henrique e a Rua do Grilo

Utilização Inicial: Central Eléctrica da Manutenção Militar do Beato

Utilização Atual: Restaurante/Bar e Cervejaria

Data: Projeto iniciado em 2017

Arquiteto(s): Eduardo Souto Moura e Nuno Graças Moura

Estruturas: Alvenaria de pedra e elementos metálicos

Área: 705m²

Projeto que se baseia na reabilitação da antiga Central Eléctrica da Manutenção Militar do Beato. Este é idealizado para obter uma clara noção de leitura do espaço como um todo, assim como outrora era utilizado. Um outro aspeto, é a forma como são trabalhados os pormenores construtivos desta fábrica industrial, tentando respeitar ao máximo a sua leitura. Existindo assim uma conjugação entre o existente, que é reabilitado, e os novos integrantes⁵⁴.



Figura 72 – Maquete e Planta da Transformação da Antiga Central Eléctrica em Micro-Cervejaria e Restaurante Browsers Beato

⁵⁴ Dados provenientes do site <http://nunogracamoura.com/pt/099-2/>. Este website destaca-se por ser o site oficial de um dos arquitetos encarregues desta projeção, contendo a informação técnica necessária para abordar a obra.

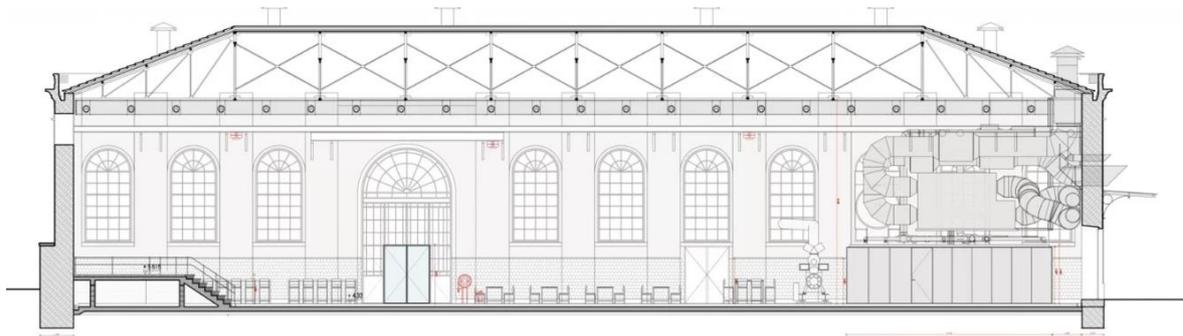


Figura 73 – Longitudinal da Micro-ervejeira e restaurante Browsers Beato



Figura 74 – 3D da Micro-ervejeira e restaurante Browsers Beato

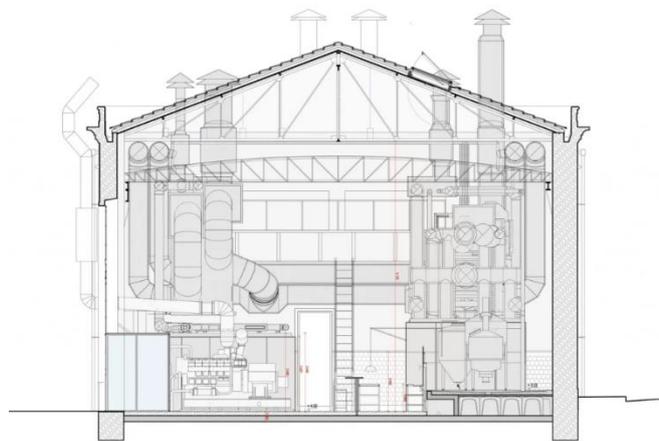


Figura 75 – Corte Transversal da Micro-ervejeira e restaurante Browsers Beato

Conceitos relevantes para a proposta - Graças à reabilitação da Micro-ervejeira e restaurante Browsers Beato depende-se a importância espacial que provém do reaproveitamento de uma fábrica, tencionando fazer usufruto da historicidade que este transmite. Com esta obra compreende-se como incorporar novos blocos e funções no seu interior sem retirar o seu carácter industrial.

Por outro lado, este é utilizado também como método comparativo na recreação e melhoria dos pormenores construtivos da Central do Ouro. Dentro deste aspeto ainda se destaca o valor inserido numa maquete, sendo um fator crucial no desenvolvimento e entendimento de um projeto.

Carandá Market em Braga

Local: Bairro do Carandá, Braga

Utilização Inicial: Mercado

Utilização Atual: Mercado Cultural, Escritórios, Escola de Dança e uma Escola de Música

Data: 1980 - 2001

Arquiteto(s): Eduardo Souto Moura

Estruturas: Betão

Área: Escola de música com um total de 1448m²

Este edifício, intitulado de Carandá Market, localiza-se na cidade de Braga e foi construído entre os anos de 1980-2001, abarcando duas intervenções, ambas a cargo do arquiteto Eduardo Souto Moura. Este reaproveitou a ruína da primeira intervenção, mantendo a sua memória e projetando uma praça central, para além disto acrescenta nas laterais os edifícios que albergam o mercado.

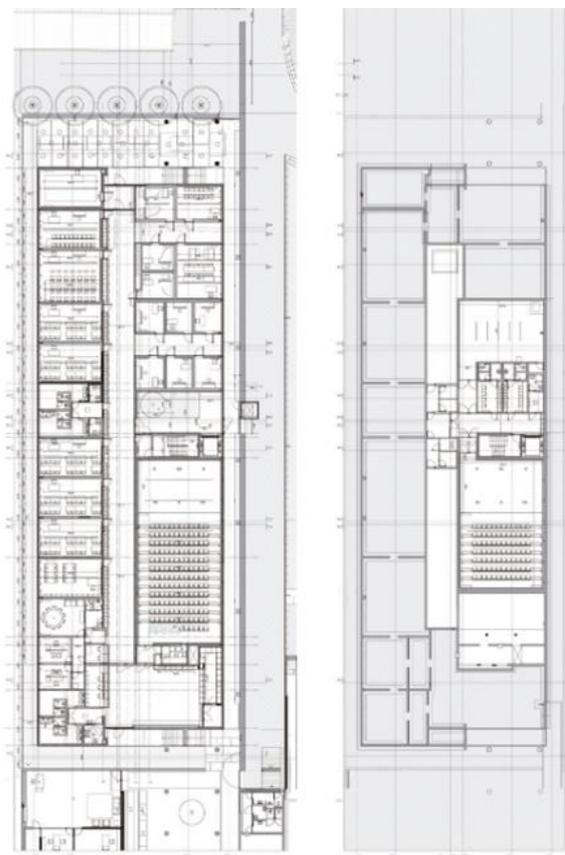


Figura 76 – Elementos Visuais do Carandá Market em Braga



Figura 77 – Estado do edifício da primeira intervenção ser demolido



Figura 78 – Vista Exterior do Carandá Market



Figura 79 – Vistas Interiores do Carandá Market

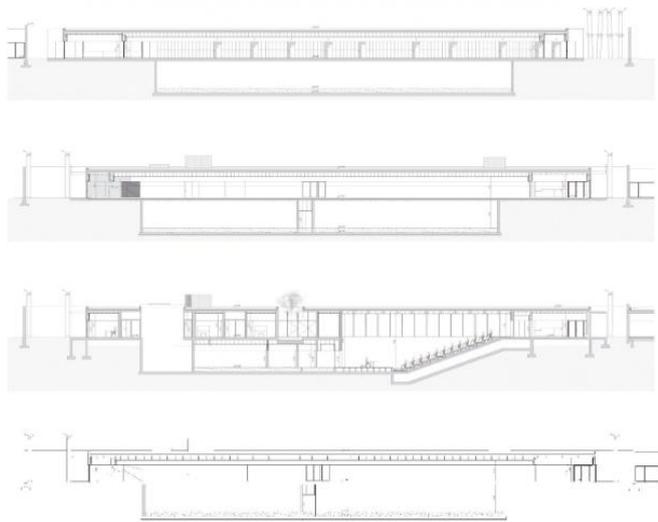


Figura 80 – Cortes Longitudinais do Carandá Market

Conceitos relevantes para a proposta - O Carandá Market surge como resposta ao reaproveitar de um edifício em devoluto, mantendo a sua aparência de ruína. Como resultado a esta problemática são criados edifícios nas suas laterais, no qual a ruína adquire um carácter de elemento decorativo, praça e de zona de passagem para as novas edificações. Pretendendo aplicar este tipo de abordagem na proposta pessoal, mais especificamente no elemento da ruína.

Clube de Remo e Mergulho Profundo em Xangai

Local: Century Park, Pudong, Xangai, China

Utilização: Clube de remo

Data: 2017

Arquiteto(s): Xiaofeng Zhu

Estruturas: Madeira e Aço

Área: 300 m²

Construído com o intuito de prestar uma área com atividades de remo para os mais jovens, tendo a função de realizar treinos diários, aulas de remo e sessões abertas. Albergando com cerca de 200 estagiários todos os anos⁵⁵.

Neste projeto está presente duas áreas de cais, espaços de treino e atividades, vestuários, instalações sanitárias e áreas de arrumação das embarcações. São ainda criados percursos que interligam o edificado, a floresta e a sua envolvente, facilitando o deslocamento dos utilizadores e das respetivas embarcações até ao cais.

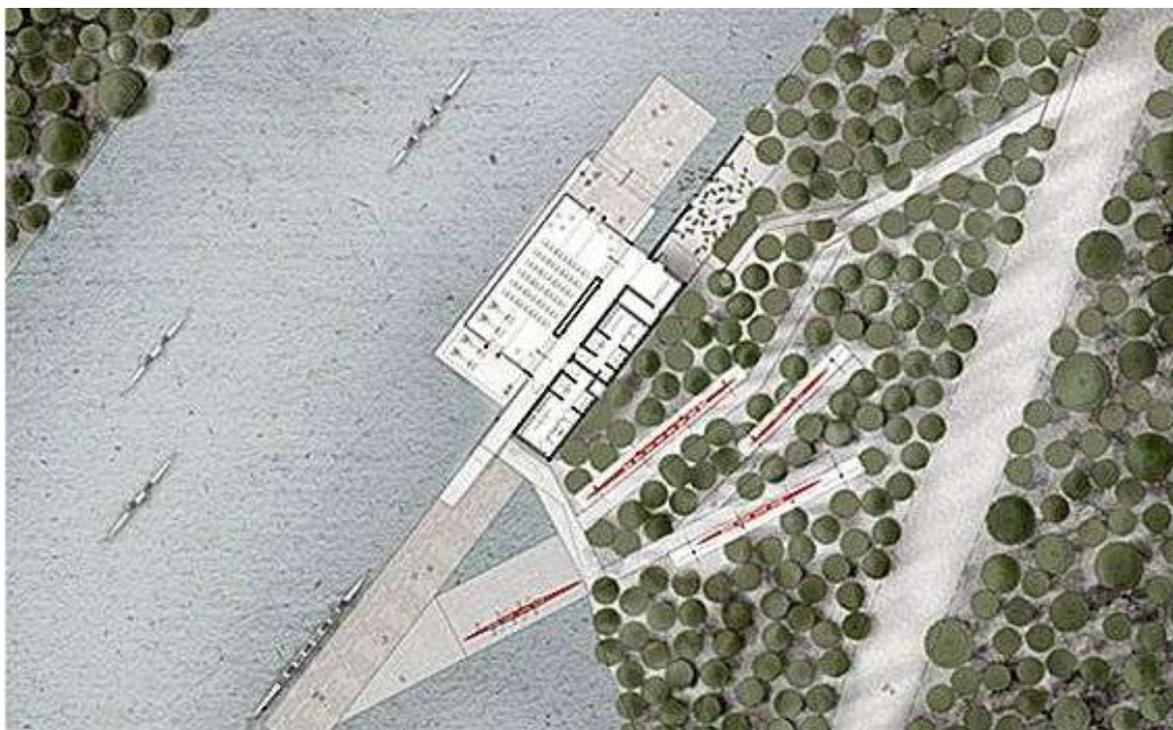


Figura 81 – Planta do Clube de Remo e Mergulho Profundo em Xangai

⁵⁵ Dados retirados do site <https://www.archdaily.com/898043/deep-dive-rowing-club-scenic-architecture-office>, no qual é retratado as características e conceitos do clube de remo e mergulho profundo em Xangai.



Figura 82 – Vista Aérea do Clube de Remo e Mergulho Profundo em Xangai

Relativamente a sua envolvente, um dos objetivos deste remedia na inserção do objeto com a densa floresta existente no local, tendo como fundamento uma inserção deste sem destruir o existente, neste caso a floresta. Deste modo o edifício principal é implantado numa zona estratégica, no início da curva do rio e uma das poucas áreas sem vegetação.



Figura 83 - Corte pelo Centro de remo em Xangai

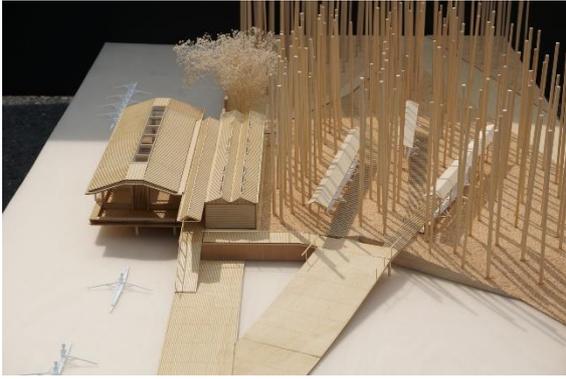


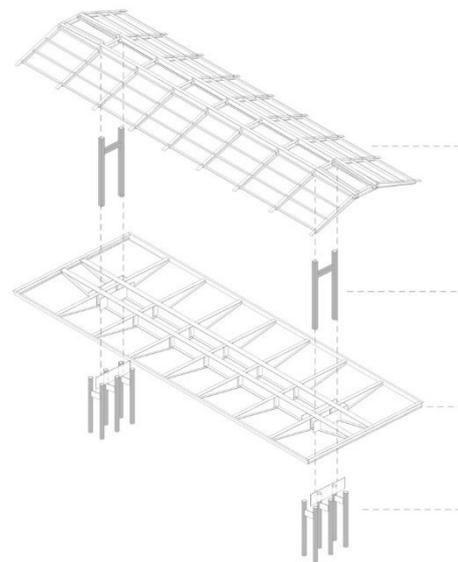
Figura 84 – Maquete do Centro de remo em Xangai



Figura 85 – Vista Exterior através do Cais do Centro de remo em Xangai



Figura 86 - Áreas de Armazenamento do Centro de remo em Xangai



Conceitos relevantes para a proposta - Pelo Centro de remo em Xangai foi possível compreender essencialmente o método organizacional num clube de remo de menor dimensão, assim como o método de estruturação do cais que será projetado para o Rio Douro. Um outro aspeto remete aos percursos idealizados. Que facilitam no deslocamento das embarcações até ao rio, sendo um conceito fundamental para a idealização da proposta da Central do Ouro. Por outro lado, é focalizado o conceito de projeto ecológico, preservando ao máximo a sua envolvente e a sua pegada ecológica.

**CAPÍTULO IV – PROJETO DE REABILITAÇÃO DAS ANTIGAS
INSTALAÇÕES DA CENTRAL DO OURO**

A presente dissertação advém do objetivo de desenvolver uma proposta projetual de um clube de remo, fundamentando-se na reflexão realizada até ao momento. É importante destacar que as influências arquitetónicas aludidas não representam na sua plenitude exemplos diretos para o projeto, no entanto proporcionam uma lógica conceptual, para além de darem resposta as várias questões que se foram colocando.

Com o intuito de desenvolver este tópico é necessário esclarecer a importância desses mesmos elementos. A partir da Alfândega do Porto retira-se a noção de manter a aparência original do edifício, para além de criar um espaço multifuncional que responderá as exigências futuras. Do Mołopolska Garden of Arts adquire-se à vontade em exercer uma ligação entre os espaços exteriores e interiores. Da micro-cervejeira e restaurante Browsers Beato obteve-se uma melhor compreensão referente a função espacial e propriedades construtivas desempenhadas por edifícios industriais, pretendendo manter toda a sua amplitude e leitura. Através do Clube de Remo e Mergulho Profundo em Xangai foi possível compreender o método organizacional num clube de remo de maiores dimensões, assim como, uma hipótese na estruturação do cais que será incorporado no rio. Um outro aspeto remete para o sistema de ventilação natural que possui, sendo vantajoso a nível energético e económico. Pelo Carandá Market em Braga surge a intenção de posicionar alguns dos novos blocos nas laterais do edifício que se encontra mais em devoluto. Com o Centro Cultural Daoiz e Velarde é exibida uma estrutura em ferro que é reaproveitada na organização da nova proposta de carácter público, demonstrando leveza e robustez na construção.

Inicialmente, tentar-se-á neste capítulo compreender o território e a posição geográfica da Central do Ouro, assim como a historicidade que este acarreta. Em virtude destas bases alcançar-se-á uma perceção da evolução da cidade do Porto e o contributo gerado por este elemento de carácter industrial.

Logo de seguida, entender o valor arquitetónico da pré-existência, dado que este será alvo de uma reabilitação, influenciando numa melhor adequação das características da antiga fábrica com o projeto a desenvolver. Neste enquadramento, expor aquilo em que consiste a proposta, para logo de seguida apontar as motivações e ponderações, que se consideram mais pertinentes, por detrás da conceção projetual e conceptual.

4.1 – História e Descrição do Local

Localizado na cidade do Porto, o espaço urbano portuense, junto à foz do rio Douro, demonstrava uma estrutura e atributos naturais favoráveis a um vigoroso desenvolvimento desta região. Durante o século XIX, a cidade é focalizada pela Indústria e modernização, impulsionando num acentuado crescimento populacional e urbano, originando bastantes desigualdades sociais e económicas. As alterações, em virtude da Industrialização, intensamente alteraram o quotidiano da cidade do Porto, visto que promovia ao abandono das zonas rurais e consequentemente ao surgimento das “Ilhas”, modificando completamente a sua identidade e ambiente. A cidade, que no século XVIII se concentrava num espaço intramuros, é forçada a expandir-se para além desta⁵⁶.



Figura 87 - Planta topográfica do Porto de 1830

A busca pela expansão, encaminhou na implementação de novas construções e espaços urbanos. Erguendo edifícios com diferentes escalas e arruamentos, ocupando os espaços mais rurais que existiam. Em consequência disto, a procura pelo centro histórico aumenta ficando superlotado, promovendo uma amplificação da periferia.

⁵⁶ Informação proveniente do documento “Centro Contemporâneo de Arquitectura - reabilitação da antiga Fábrica do Ouro”, escrito por Fernando Miranda em 2016.

Lordelo destaca-se em 1830 por ser o primeiro ponto importante para o comércio, mais tarde a localização da Central, levando a pensar que seria por ser um local com fáceis acessos. Porém, esta acaba por perder o seu valor devido ao desenvolvimento da Foz, construindo uma imagem campestre. Em contrapartida, na década de 70 Lordelo passou a ser uma área de expansão imobiliária, a planta de 1978 é a que se aproxima mais com a realidade atual⁵⁷.

As zonas referidas são de grande negligência, no entanto a antiga Central tem impacto pela sua posição estratégica, como também, pelo potencial que oferece à cidade, uma vez que fica situada entre o centro do porto e da cidade de Matosinhos, duas metrópoles com fortes ligações ao mar. Esta localização é de vital importância para a cidade do Porto, que serviu para a construção da Faculdade de Arquitetura do Porto e de edifícios dos quais se destacam os gabinetes de dois dos maiores arquitetos a nível mundial, Álvaro Siza Vieira⁵⁸ e Eduardo Souto Moura⁵⁹.



Figura 88 – Planta topográfica do Porto de 1978

⁵⁷ Informação proveniente do documento “*Centro Contemporâneo de Arquitectura - reabilitação da antiga Fábrica do Ouro*”, escrito por Fernando Miranda em 2016.

⁵⁸ Nasceu em Matosinhos a 25 de junho de 1933, destacando-se pela sua posição como arquiteto tanto a nível nacional quanto internacional. Vencedor de inúmeros prémios, sendo um deles o Prémio Pritzker em 1992.

⁵⁹ Nasceu no Porto a 25 de julho de 1952, destacando-se pela sua posição como arquiteto tanto a nível nacional quanto internacional. Vencedor de inúmeros prémios sendo um deles o Prémio Pritzker em 2011.

4.2 – Reflexão projetual da proposta

“Nos edifícios, nas cidades ou no território sempre humanizado, a arquitectura dos próximos anos será marcada pela prática da recuperação. Recuperação e criação serão complemento e não especialidades passíveis de tratamentos autónomos. Reconhecer-se-á que não se inventa uma linguagem. Reconhecer-se-á que a linguagem se adapta à realidade e para lhe dar forma. Tudo será reconhecido como património colectivo e, nessa condição, objecto de mudança e de continuidade. Os instrumentos de reconhecimento do real chamam-se História, a arte de construir a transformação chama-se Arquitectura. Uma sem a outra chama-se fracasso da arquitectura contemporânea, dizemos Nós”. (Álvaro Siza Vieira 2009)

O âmbito do Projeto prende-se na criação de um Clube de Remo, nas margens do rio Douro, no Porto. Os principais objetivos e propósitos na execução desta, baseiam-se em respeitar ao máximo todo o programa, assim como criar uma boa relação entre toda a sua envolvente urbana - edifícios pré-existentes, novos arruamentos, novos percursos pedonais e áreas verdes que se irão criar - e o próprio rio. Com o intuito de explicar o mais detalhadamente a conceção projetual é feita uma divisão pelos parâmetros que se consideram ser os mais pertinentes. Em seguida, expõe-se uma imagem da área de intervenção e o respetivo programa a cumprir.

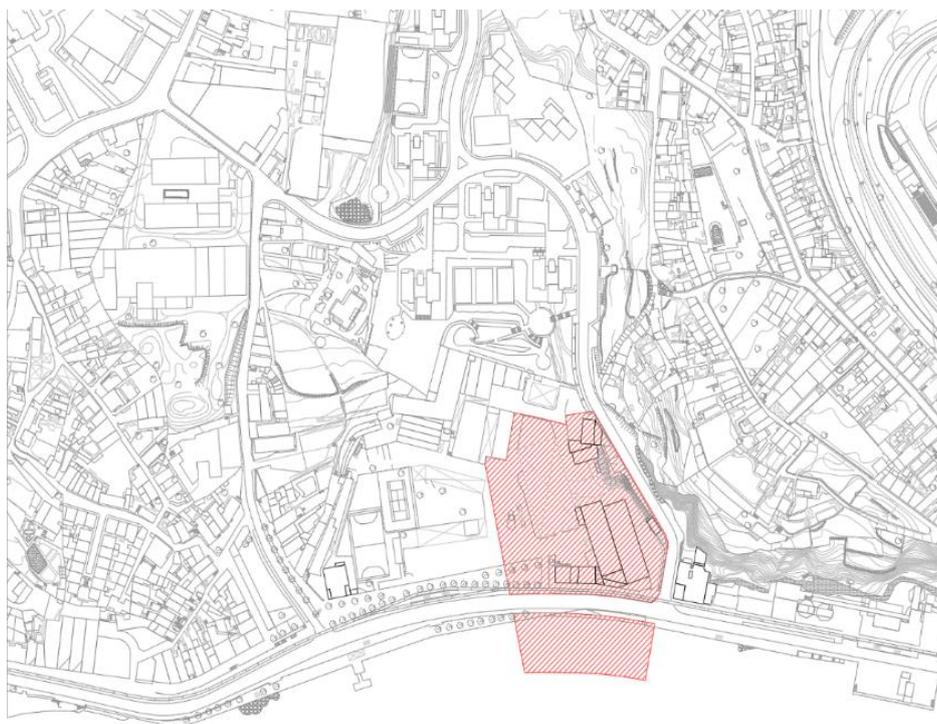


Figura 89 - Zona de implantação do projeto da central do ouro

Programa

ÁREA SOCIAL

A.1 Átrio	200
A.2 Receção Portaria	40
A.3 Instalações Sanitárias Públicas	60
A.4 Sala de Estar	80
A.5 Sala de Refeições	100
A.6 Cozinha de Apoio	50
A.7 Bar	30
A.8 Copa de Apoio ao Bar	30

ÁREA TÉCNICA

E.1 Chiller	50
E.2 UTAS	80
E.3 Central Térmica	30
E.4 Cisterna e Bombagem de Água	40
E.5 Servidores	6
E.6 Quadros de Energia Elétrica	
E.7 Grupo Gerador de Emergência	30
E.8 Posto de Transformação	30

ADMINISTRAÇÃO E ÁREA ADMINISTRATIVA

B.1 Gabinete da Administração	20
B.2 Gabinete Administrativo	40
B.3 Arquivo	25
B.4 Instalações Sanitárias do Pessoal	30

ÁREA ÚTIL TOTAL

3 411

ÁREA BRUTA DE CONSTRUÇÃO (+25%) 4 264m²

ESPAÇOS PRINCIPAIS

C.1 Auditório	180
C.2 Sala Polivalente	250
C.3 Sala de Apoio	80
C.4 Tanques de Treinos	500
C.5 Ginásio	150
C.6 Salas de Aula	2x50=100

ESPAÇO EXTERIOR

- Parque de Estacionamento para 15 automóveis;
- Plataforma Flutuante para Embarque/Desembarque, na Margem frente à Marina;
- Acesso automóvel condicionado ao interior do terreno, controlado por barreira;
- Área não Impermeabilizada Organizada com Percursos de Peão, Estadias (Zonas de Estar no Exterior) e Plantação de Arborização;
- Espaço de Manobra Dimensionado para Furgões com Atrilados na Frente do Armazém destinado às Embarcações e junto à Água.

ESPAÇOS COMPLEMENTARES

D.1 Armazém	800
D.2 Balneário/Vestiário	2x80=160
D.3 Oficina Geral	100
D.4 Gabinete Médico	40
D.5 Arrumos e Serviço	30
D.6 Cargas e Descargas	50

Terreno

A Área de Intervenção ressalta-se por ser um amplo espaço, localizado no Porto, mais especificamente entre a atual Rua do Ouro e a Rua da Mocidade da Arrábida. Uma área compreendida por possuir, aproximadamente, 9755 m² e por estar inserida, neste espaço, as antigas instalações da fábrica de gás e eletricidade do Porto. Uma das grandes condicionantes deste local é a existência de alguns edifícios pré-existentes, ocorrendo a possibilidade de os reabilitar, ou apenas alguns dos mesmos, ou até mesmo demoli-los. Relativamente à Rua da Mocidade da Arrábida, é caracterizada por apresentar bastante declive, sendo pouco viável utilizar esta rua para se aceder ao edifício ou ao interior deste terreno. Outra restrição, remete para a existência de uma rua que separa o terreno principal da zona do rio - Rua do Ouro -, sendo difícil criar ligações entre eles.



Figura 90 - Vista aérea da área de implantação

Edifícios pré-existent

Numa primeira abordagem a arquitetura da antiga Central, é visível um desenquadramento de um projeto de autor, uma vez que não possui traços distintos de uma corrente arquitetónica consolidada. Por outro lado, esta pode ser classificada como uma arquitetura corrente, no qual a sua construção exibe problemas e uma linguagem simples, refletindo-se numa afinidade com outros edifícios desta era.

Relativamente a organização dos edifícios perante o terreno, estes se dispõem a sul deste, existindo uma acentuada área que outrora era ocupada por construções e se encontra atualmente livre. Esta descrição é perceptível através das imagens expostas (Figura 91).

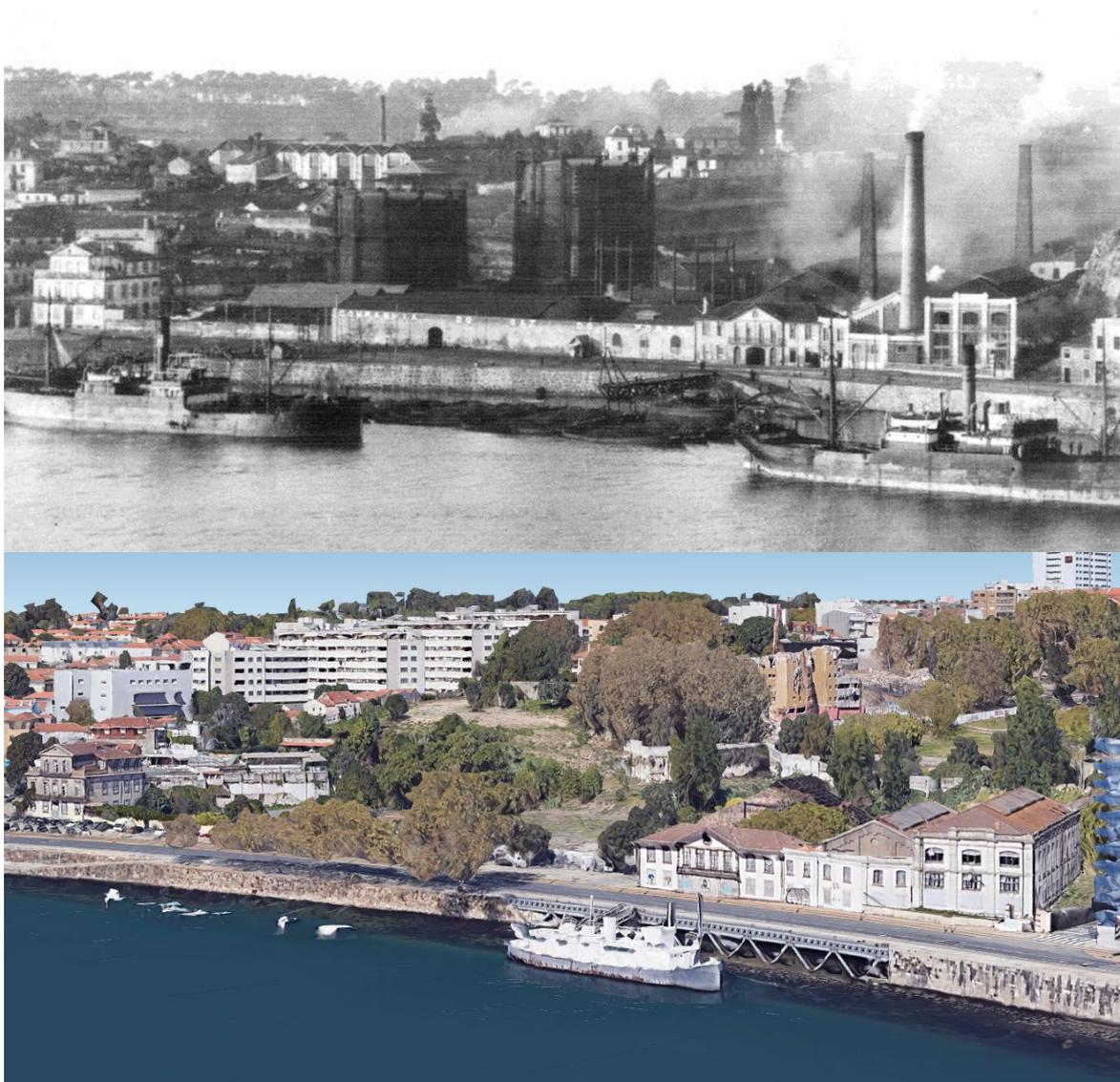


Figura 91 – Comparação entre as pré-existências que existiam antes e atualmente



Figura 92 - Fotografias do Terreno da Antiga Central do Ouro

Enquadramento Geral

A concretização deste projeto partiu do reaproveitar de todos os edifícios pré-existentes, mantendo a sua forma e requalificando as suas funções internas. Para efetuar esta ação, exerce-se uma análise detalhada destes edifícios, procurando entender a sua constituição e organização interna, bem como, estrutural. Com as primeiras propostas surgem dúvidas relativas ao método como estes edifícios estavam a ser abordados, sendo vital parar e observar verdadeiramente o tipo de projetar que se almejava.

De modo a compreender melhor o tipo de reabilitação que se pretende assumir, é executado uma análise aos aspetos construtivos destas construções. Contudo, como a sua apreciação estava a ser complexa, opta-se por usar o Sketchup, um programa de desenho digital em 3D.

“Uma invenção que revolucionou o modo de pensar, projetar, representar uma obra. Hoje a Realidade Virtual pode ter o impacto de uma nova máquina perspética. Uma inovação que, simulando à escala real as nossas ideias, nos transporta a um novo espaço através da projeção esférica estereoscópica, permitindo-nos uma perceção sensorial inédita.”⁶⁰ (Luca Martinucci, 2015)

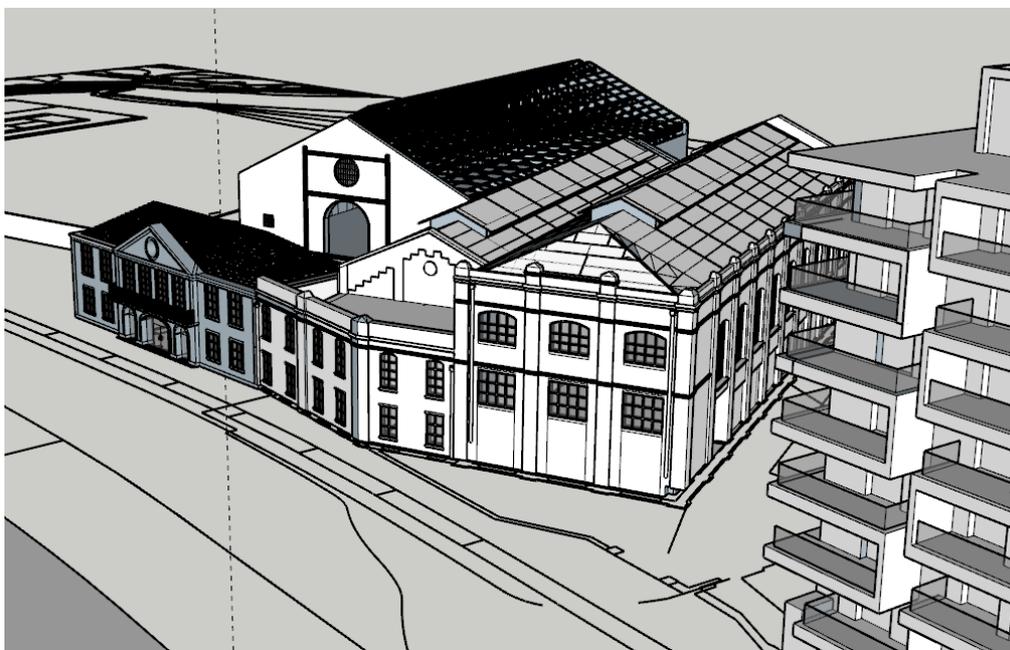


Figura 93 - Perspetiva do 3D realizado através do Sketchup

⁶⁰ Retirado da obra “O que é inovação em Arquitetura?” de Filipa Roseta em 2016.

A partir deste software é agilizada a busca por uma solução, assim como uma nova perspectiva sobre o interior e exterior do mesmo. Como apoio, para aprofundar os detalhes da cobertura e estruturas, é adquirido por esta altura fotos alusivas à fase de construção dos mesmos. No entanto, mantém-se uma falta de informação referente ao seu interior, realizando-se uma aproximação as técnicas e métodos de construção da época. Através do aconselhamento dos professores de projeto, efetua-se uma reprodução dos pormenores da Fábrica de cervejaria da autoria do Eduardo Souto Mouro e Nuno Graça Moura, projetando assim as caldeiras.

“A inovação não se procura por si, encontra-se na vontade de resolver melhor um problema de arquitectura que a sociedade coloca, num dado momento e num dado lugar.” (Filipa Roseta, 2016)

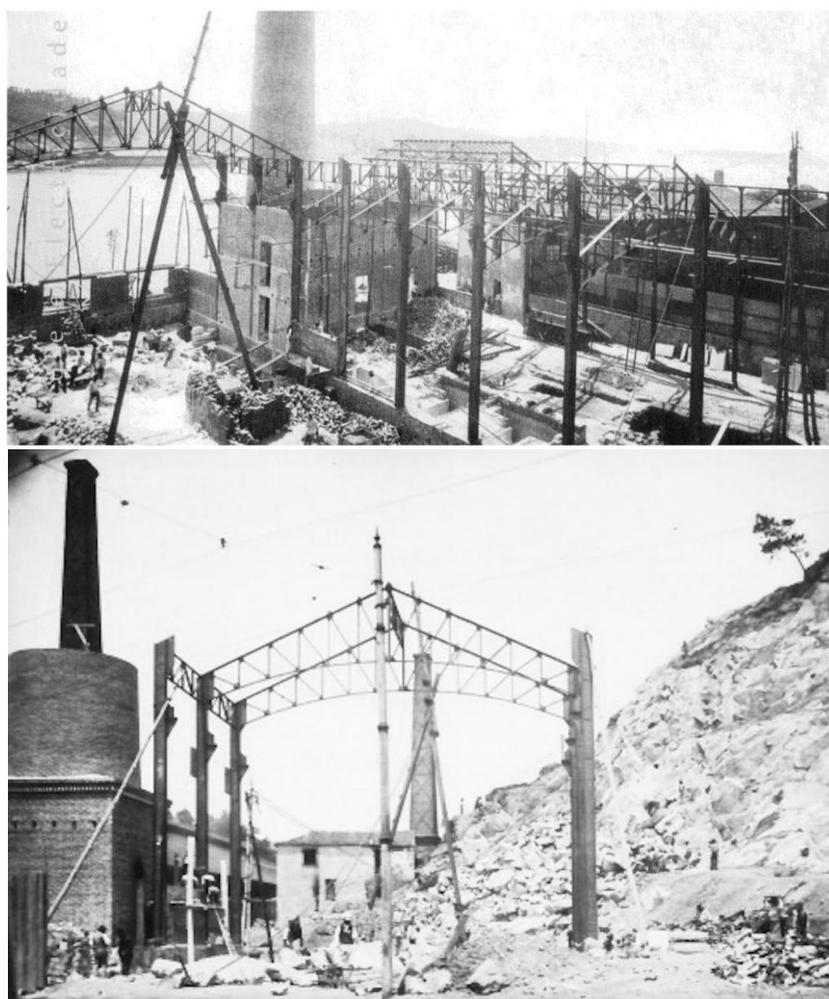


Figura 94 - Fotografias da Fábrica do Ouro em construção

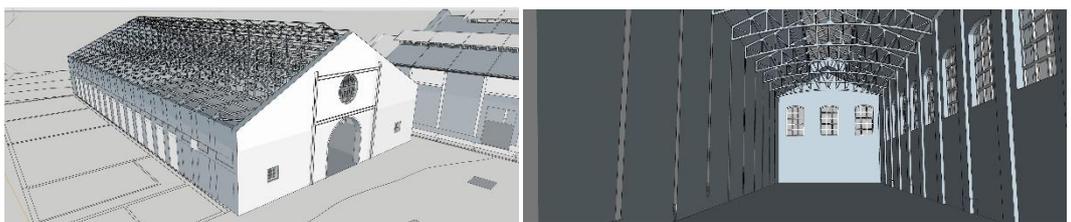
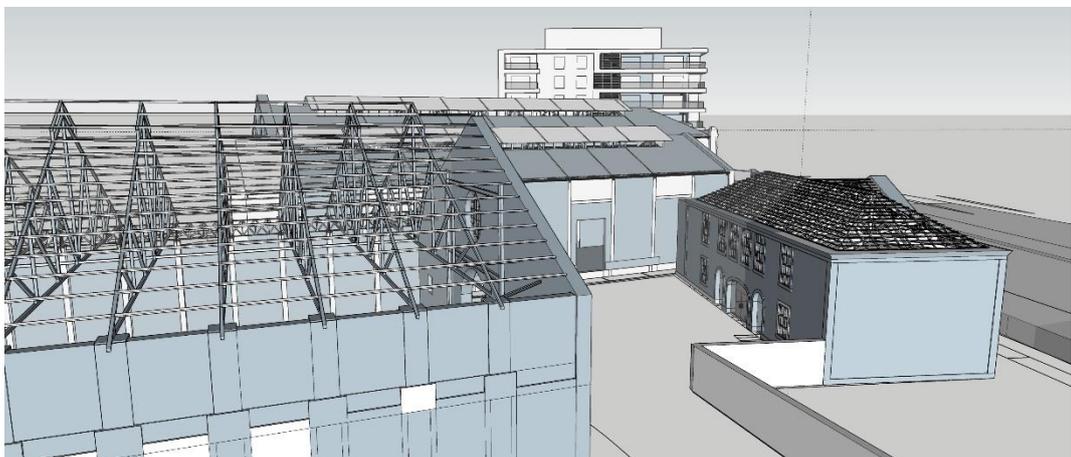


Figura 95 – 3D das diversas edificações analisadas na Central da Antiga Central do Ouro

Área de Recepção e Administração

O objetivo pretendido para este elemento foi algo desde o princípio do projeto tomado como certo, ou seja, arcar com o átrio de entrada principal e zonas administrativas no piso superior. Esta ideia nasceu do caráter exterior que este emanava, querendo respeitá-lo ao máximo.

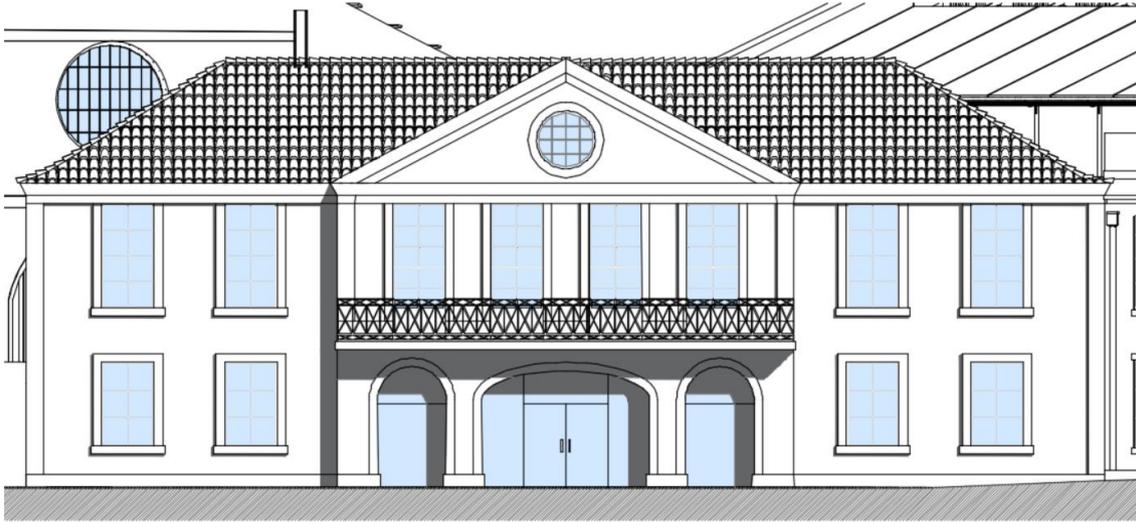


Figura 96 - Alçado do edifício com caráter administrativo

Ao longo do processo criativo testou-se variados posicionamentos dos espaços requeridos, mudando até a função deste edifício, com o intuito de encontrar uma localização mais vantajosa para o Hall. Contudo, denotou-se que a entrada para este complexo devia de ser digna do mesmo, obtendo-se a certeza que este é o espaço correto para o átrio e entrada do clube.

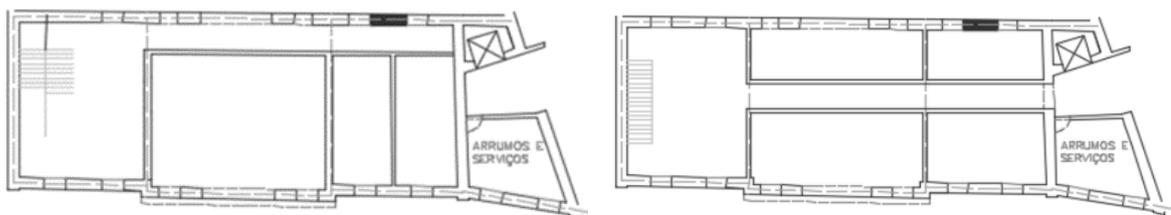


Figura 97 – Desenhos rigorosos de ideias para plantas do Piso 1 do edifício administrativo

Para a organização deste elemento foi fundamental compreender que pelo seu exterior evidencia ser tripartido, justificando que a sua organização interna vá de encontro a esta divisão. Durante esta etapa a receção e átrio de entrada são posicionados na parte central do edifício, dando acesso à Praça central e a outros espaços de destaque, como a Área de administração (acessível através de uma escadaria), sala de estar e aos edifícios anexados junto do mesmo.

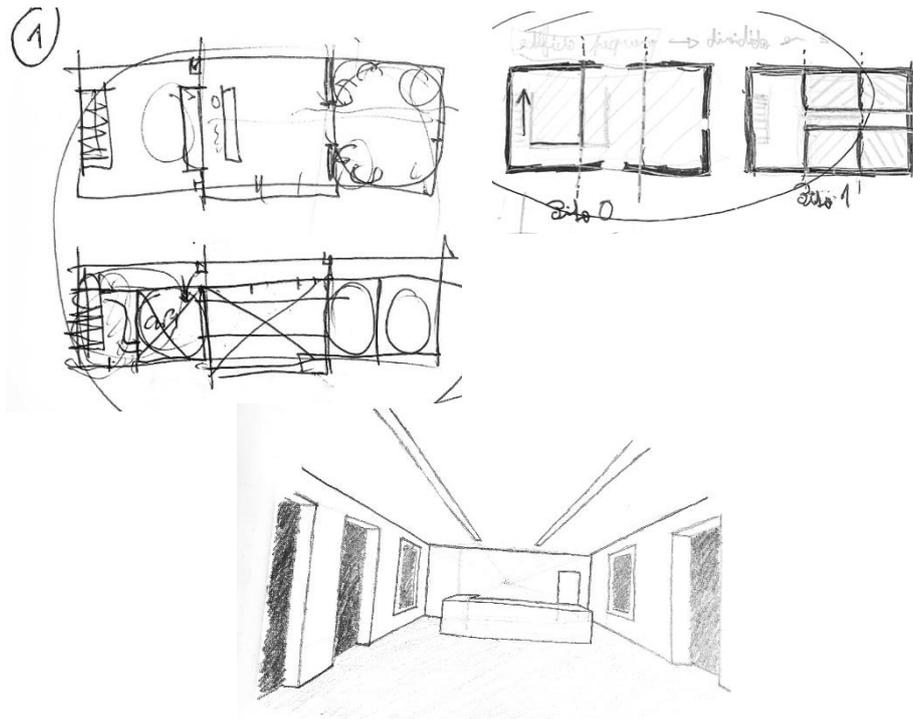


Figura 98 - Esquissos do edifício administrativo

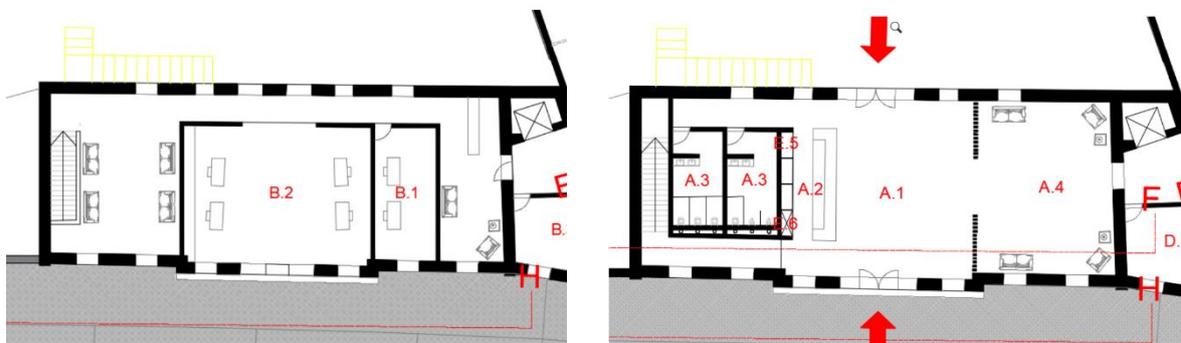


Figura 99 - Plantas finais da área de administração (Piso 1 e piso R/Chão)

Fábricas

Na reabilitação destes objetos são inicialmente implementadas propostas em que o seu espaço é todo repartido, conseguindo acomodar com todo o programa exigido, contudo ao efetuar este tipo de procedimento os interiores destes elementos de caráter industrial perdiam a sua leitura espacial. Deste modo, é evitada a fragmentação interna destas fábricas, procedendo a uma seleção cuidadosa dos espaços requeridos com maior área. Em suma, são posicionados estrategicamente nestes edifícios o Ginásio, Armazém, Tanques de treino, balneários, sala dos funcionários e gabinete médico, tendo as suas funções todas interligadas.



Figura 100 - Primeiras ideias de organização para as fábricas

Edifício em estado de Ruína

No elemento que se encontra mais em devoluto são realizados inicialmente propostas que remetem numa reabilitação total deste, porém esta ideologia é abandonada, pretendendo manter o aspeto natural destes elementos atualmente. Nas laterais do mesmo são projetados dois novos blocos, sendo um deles para a zona de restauração e outro de caráter mais cultural.

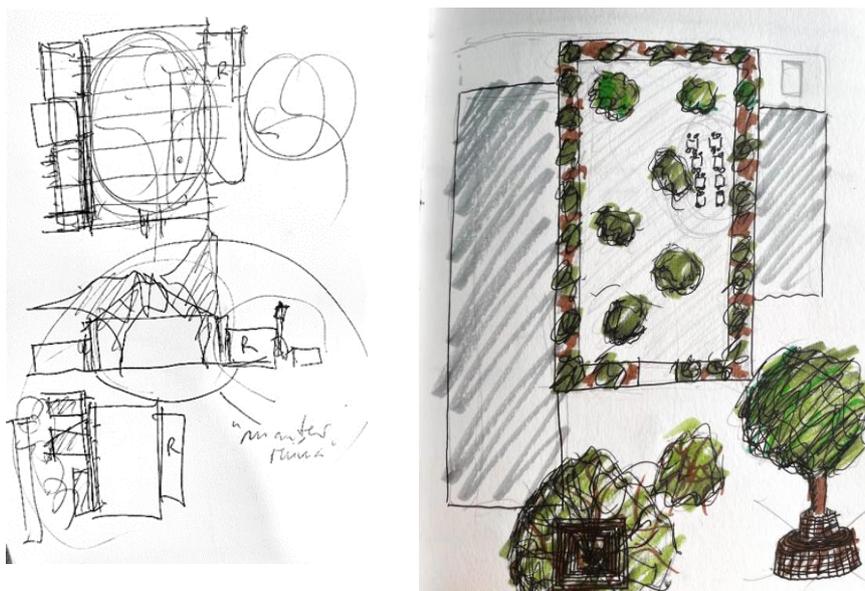


Figura 101 - Esquissos da Ruína

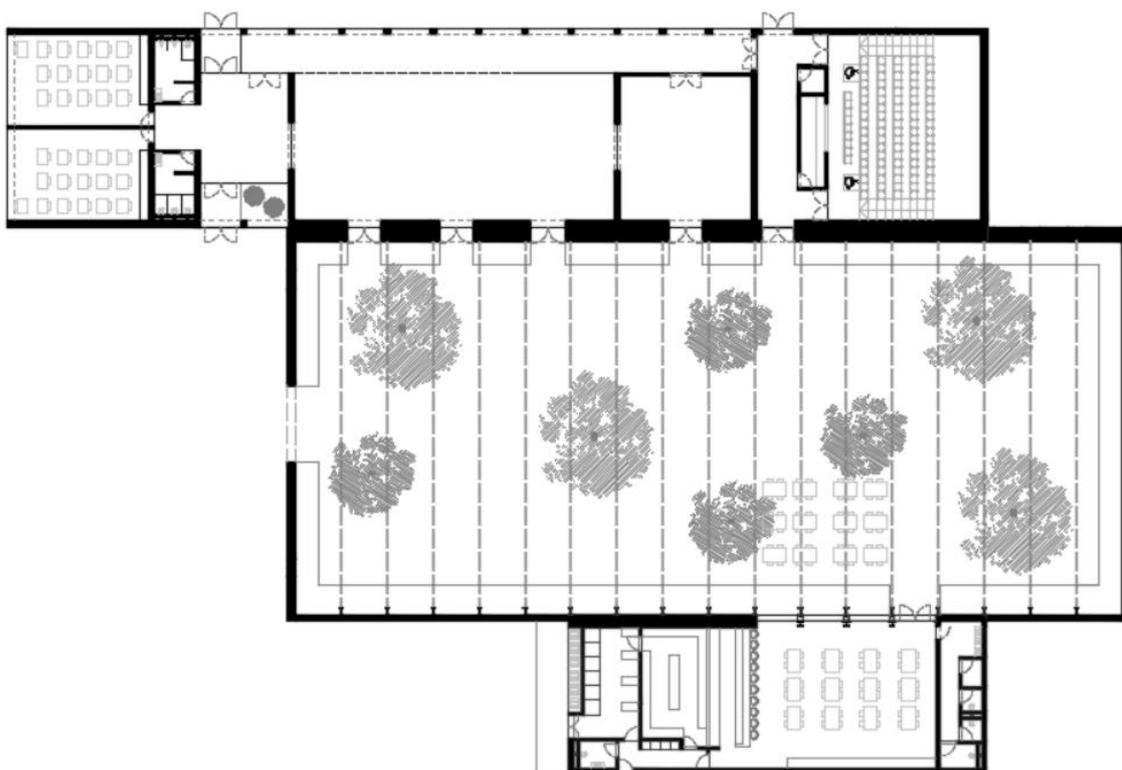


Figura 102 - Desenho rigoroso final da Ruína

Cais

Uma vez que o programa é um clube de remo, pretende-se, essencialmente, atribuir ênfase no cais que se integra no rio. Um elemento que se relaciona com os edifícios de todo este conjunto, porém com o objetivo de lhe dar uma certa independência. Numa primeira perspectiva foram produzidas algumas propostas, até alcançar uma forma que se considerasse clara e funcional.

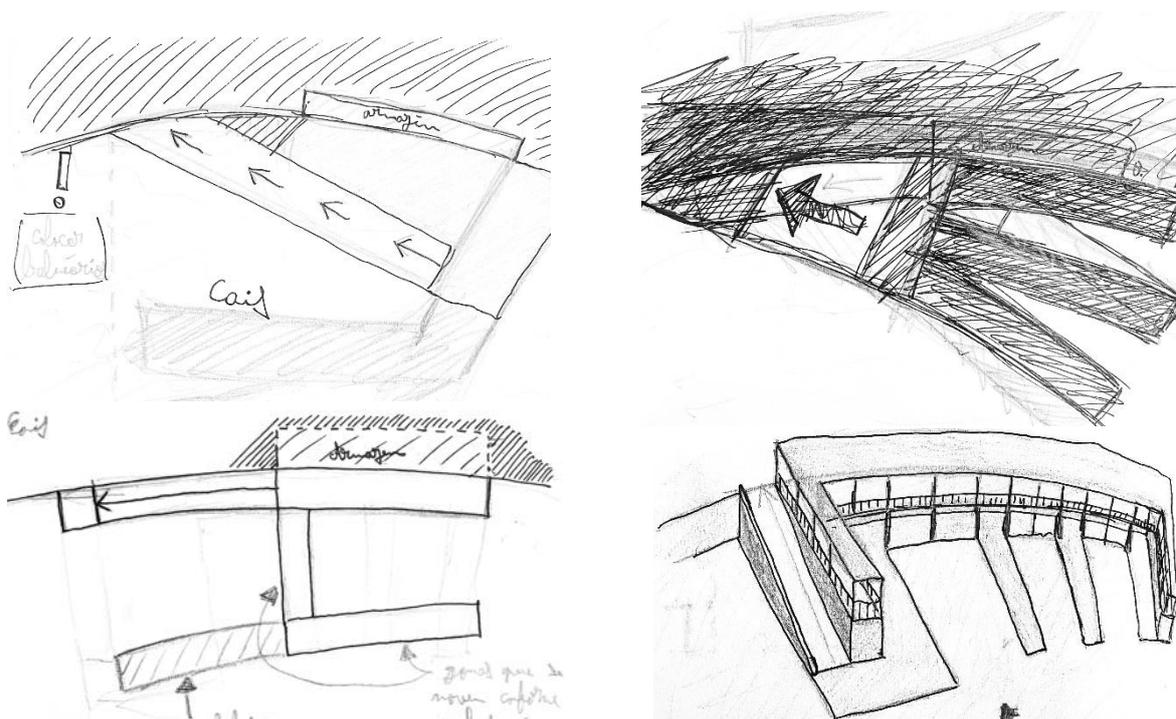


Figura 103 - Primeiros esboços e ideias do Cais

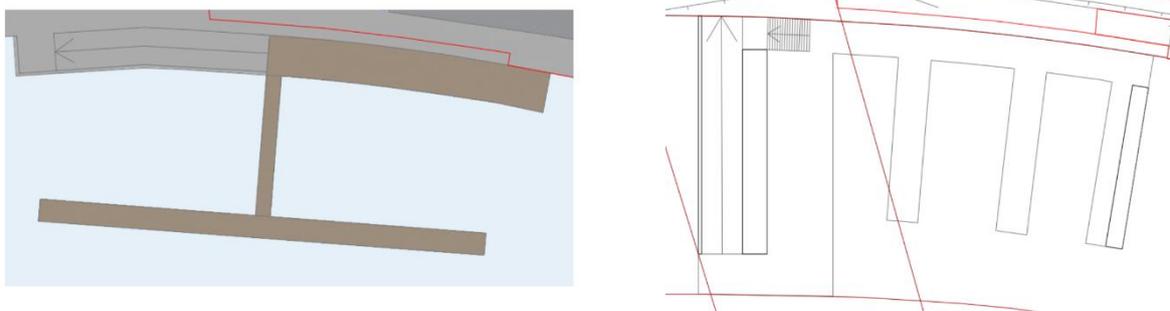


Figura 104 - Desenhos de estudo rigorosos do estudo do Cais

Após várias análises tanto em desenho como em maquete compreendeu-se a necessidade em incorporar no cais um espaço tanto de armazenamento do equipamento de remo como também de balneários, evitando assim a deslocação obrigatória dos seus utilizadores até a zona central do clube. De seguida, estudou-se qual seria as melhores medidas e posicionamento do cais, para além de procurar saber a materialidade que este deveria adquirir. A busca pela solução foi facilitada uma vez que se pretendia implementar uma fachada com pequenas aberturas verticais, possibilitando uma ventilação constante dos espaços interiores, mas também uma certa transparência entre o interior e exterior.



Figura 105 - Estudo do Cais realizado em maquete

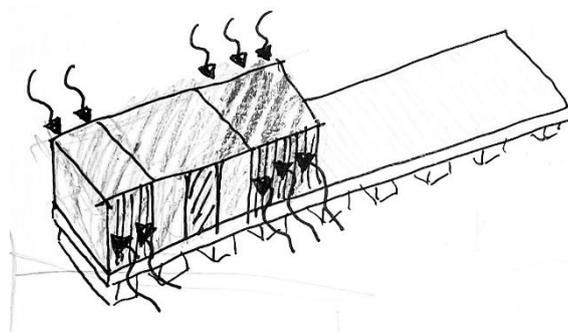


Figura 106 - Ideologia processo de ventilação natural no Cais

Procedeu-se ao desenvolvimento de diversos protótipos de fachadas e pormenores construtivos, visando uma utilização de elementos metálicos. Como estrutura usa-se perfis metálicos do tipo HEB 500 nas vigas e nos pilares HEB 300. Nas primeiras ideias a fachada é executada com perfis tubulares que se agarram as vigas e realizam o suporte de chapas metálicas. Através destes surgia uma fachada com a estrutura camuflada, aberturas constantes e uma ventilação natural. Como execução destes elementos em obra seria

complexa e difícil ocorre um processo de simplificação destes e o denotar perante o interior, deixando de estar ocultado. Para permitir a ventilação do interior do cais é optado por um novo constituinte, sendo incorporados perfis metálicos do tipo Z, que são soldados às vigas e conferem um efeito de ocultação e iluminação do seu interior.

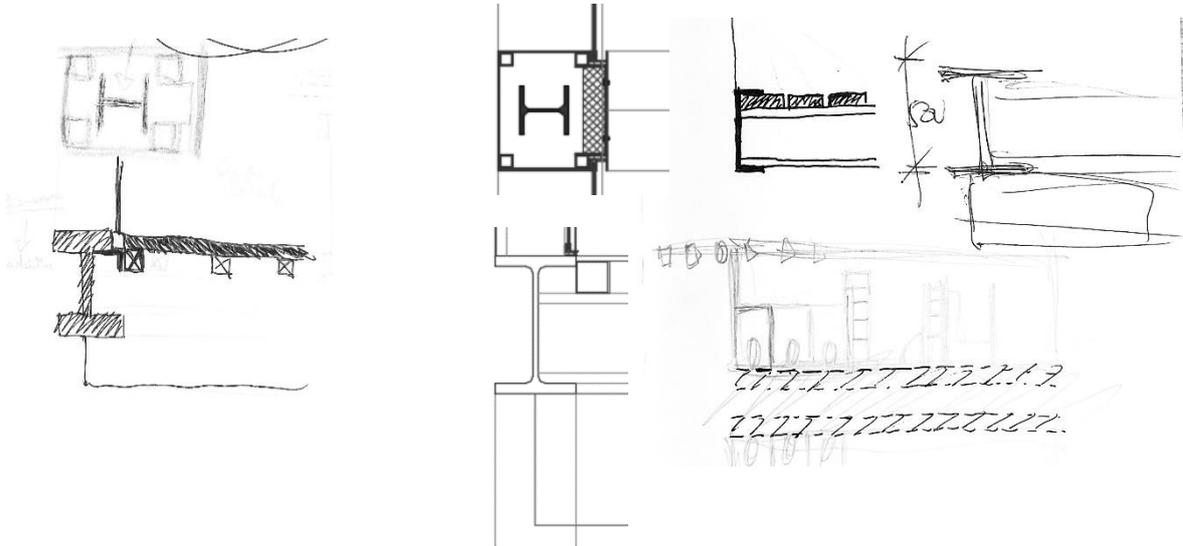


Figura 107 - Estudo sobre pormenor construtivo no Cais

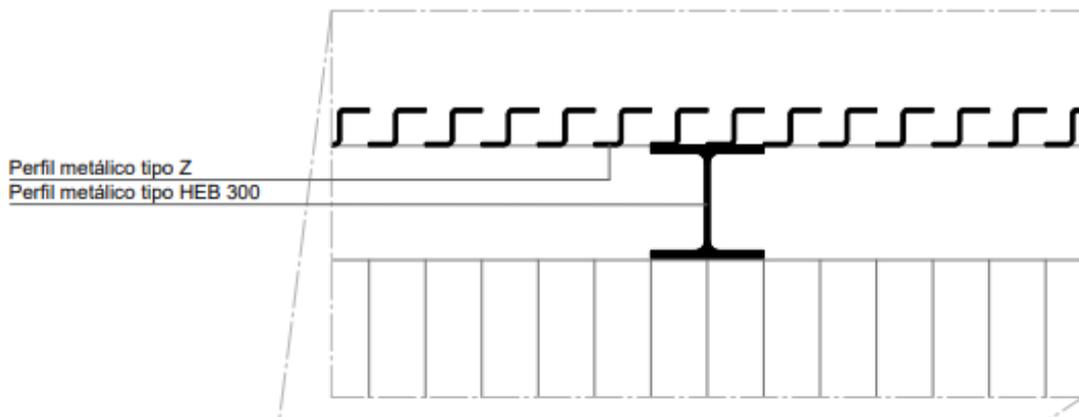


Figura 108 - Pormenor rigoroso simplificado do Cais

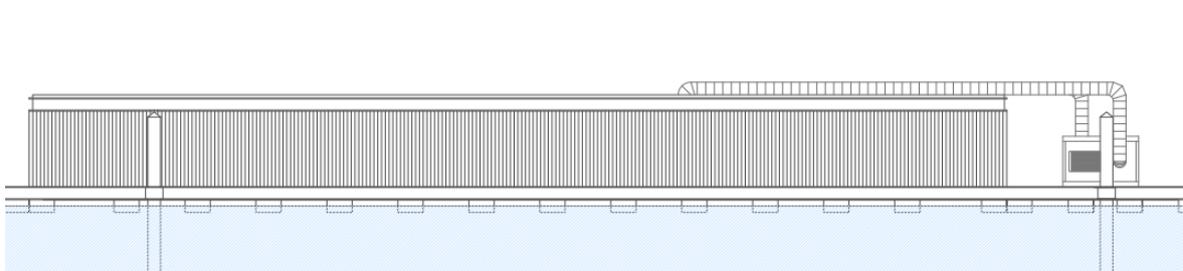


Figura 109 – Desenho da Fachada final do Cais

Área da Restauração

Ao desenvolver este novo edifício já existia o objetivo de acomodar a cozinha e uma zona de refeições, assim como a relação que teria com a ruína existente, a semelhança do projeto do mercado de Braga, de Souto Moura. Com as análises que se iam realizando em paralelo de outros edifícios, surgia a ideia de projetar o seu acabamento exterior em painéis metálicos.

Durante os procedimentos que iam ocorrendo em simultâneo, conclui-se que o bar e copa do bar devem de manter uma relação direta com a cozinha, facilitando na sua organização bem como na sua lógica conceptual. Para tal, é efetuado testes para realizar um aumento na métrica, passando este a possuir 8 constituintes. Sendo 4 de carácter público (sala de refeições e bar) e os restantes 4 de carácter privado (cozinha, dispensa e um espaço de instalações sanitárias pessoal). Parte deste processo é realizado através do regular das proporções entre maquete e desenho.

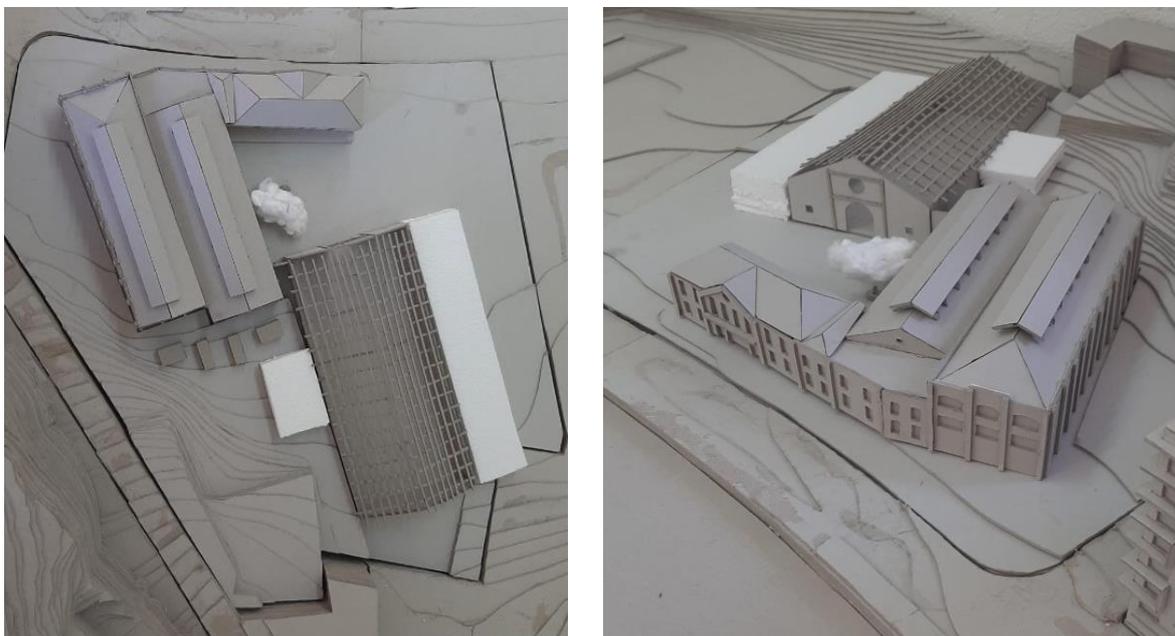


Figura 110 - Fotos de estudo da inserção do volume da área de restauração

Grande parte da sua concessão focou-se no tratamento da zona privada e relação com acessos exteriores e devidas circulações.

As aberturas na área mais social - sala de refeições - é executada de modo a criar visibilidade para a praça. Existiu a hipótese de posicionar também janelas no lado oposto desta, contudo esta ideia é evitada, uma vez que causaria problemas de privacidade na área de circulação exclusiva a funcionários e pessoal autorizado.

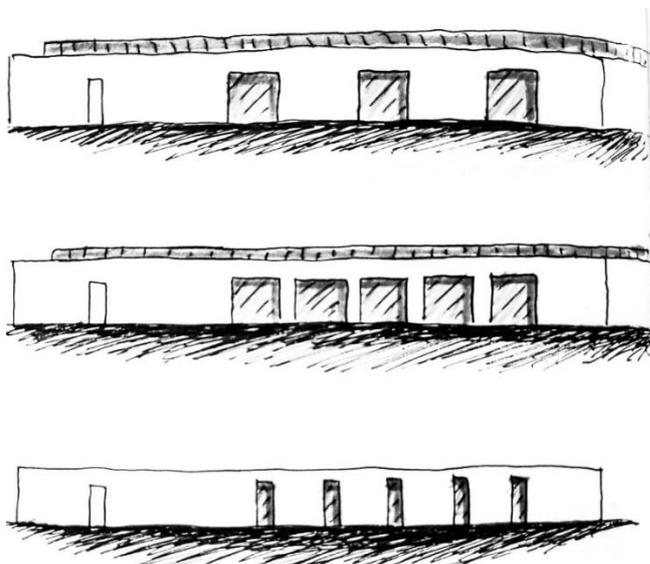


Figura 111 - Estudos dos Alçados no espaço voltado para a área privativo na zona de restauração

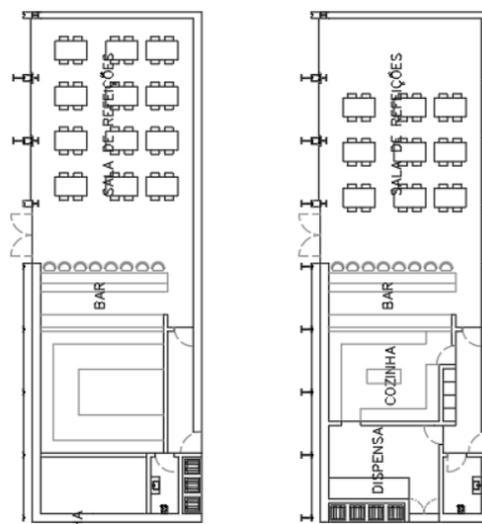


Figura 112 – Desenhos rigorosos do estudo feito a zona de restauração

No aperfeiçoamento deste bloco compreendeu-se a necessidade existente por lhe atribuir um espaço com zonas sanitárias, acrescentando mais um núcleo neste. O edifício passa a possuir 9 núcleos, estabelecendo uma melhor relação de proporção com a praça. Outro aspeto, é este adquirir um carácter mais independente de todos os outros edifícios, sendo completamente autónomo.

No final, executou-se um alinhamento entre este novo anexo e o centro da Fábrica mais próximo deste, contribuindo numa maior inserção deste no conjunto. Com a realização deste aumento, a área útil aumentou em cerca de 20%.

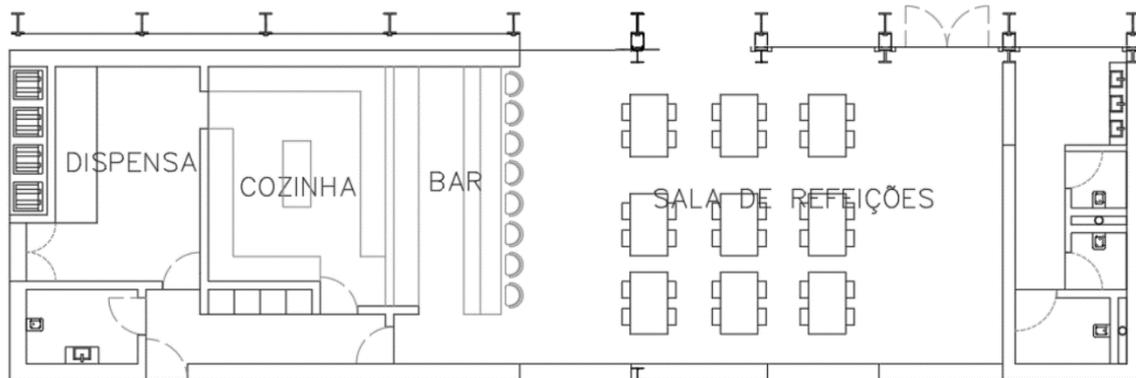


Figura 113 - Planta final da area de restauração

Respetivamente ao sistema de ventilação, este é posicionado uma Unidade de Tratamento de Ar na cobertura do edifício, não impactando na leitura do mesmo, visto que é pouco visível pelos usuários e lhe atribui uma leitura similar a um armazém industrial.

Os perfis metálicos das pré-existências são introduzidos na produção dos pormenores construtivos deste novo edifício, transmitindo uma ligação e continuidade entre os elementos metálicos. Para a sua conexão são usados perfis de aço do tipo HEB 300 com chapas metálicas a unir.

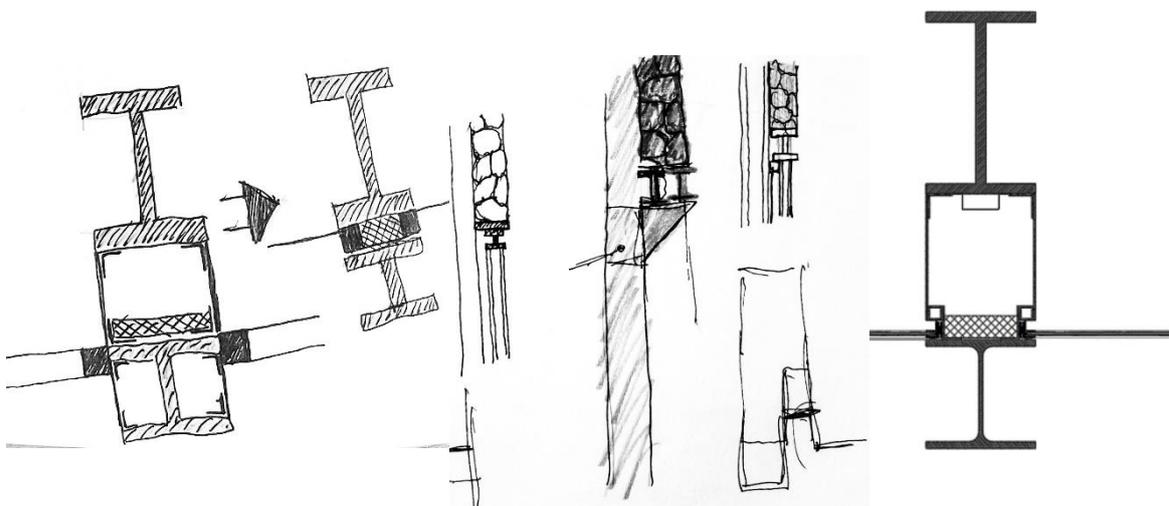


Figura 114 - Conexões entre a estrutura existente e a atual na área da restauração

Edifício Polivalente

Devido às mudanças constantes a projeto, este elemento somente aparece muito para o final da concessão arquitetônica global. Edifício que a semelhança da área de restauração exibe uma relação de proximidade com a ruína, obedecendo à mesma métrica.

Durante a projeção deste espaço, previa-se a acomodação da sala polivalente, sala de apoio, auditório com o bar associado a este, salas de aula, assim como um pequeno hall secundário.

A sua modulação e organização foi inúmeras vezes alterada, numa tentativa de enquadrá-lo melhor com a ruína e a área de restauração. Para efetuar essa análise foram realizados esboços e maquetes de estudo, tentando mesmo alinhá-lo à zona do restaurante.

Mais tarde, depreendeu-se a necessidade por agrupar em corredor todo este bloco, uma vez que permitiria uma melhor fluidez entre todos os espaços.

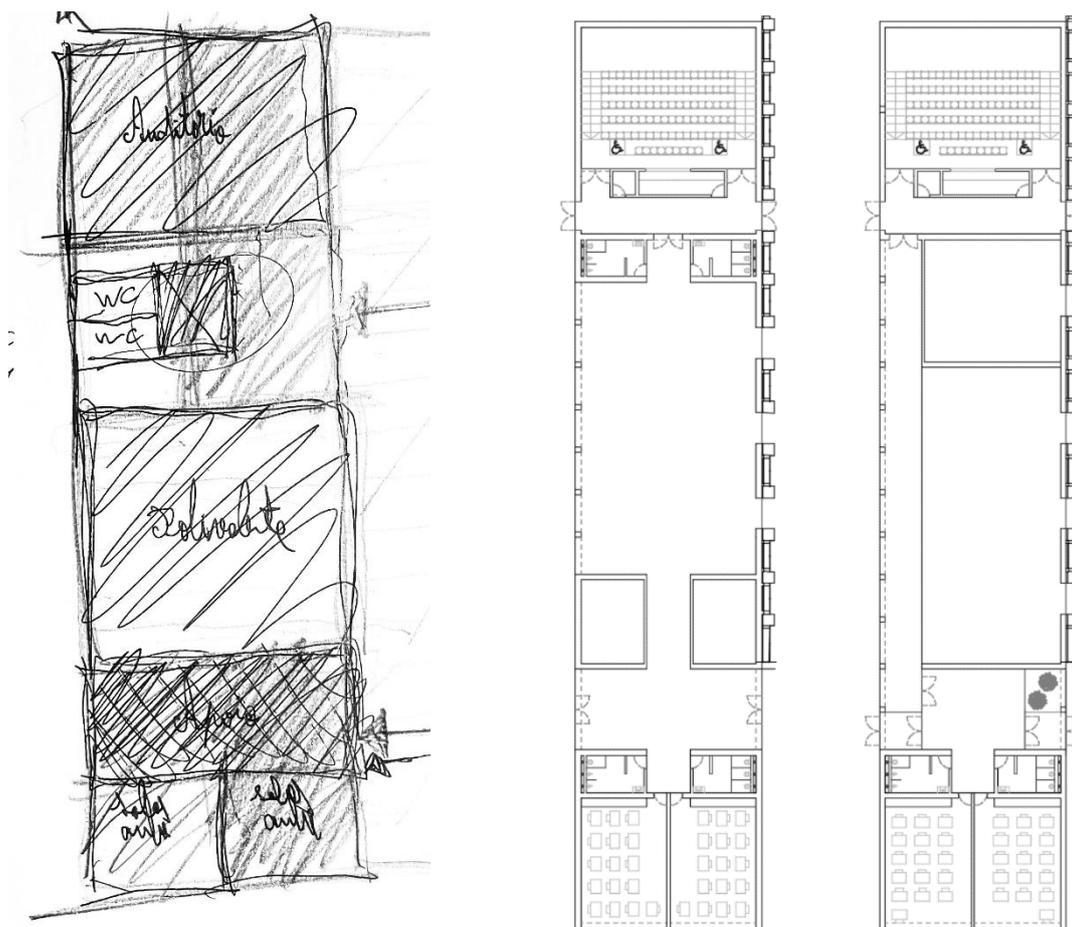


Figura 115 - Estudo da organização interna da área polivalente

Uma das dúvidas que surgiu com a implementação deste bloco depreendia se na relação da fachada que ficaria voltada para a zona de apartamento. Nesta, são elaborados então estudos sobre as suas aberturas e aparência material, até alcançar a aparência desejada.

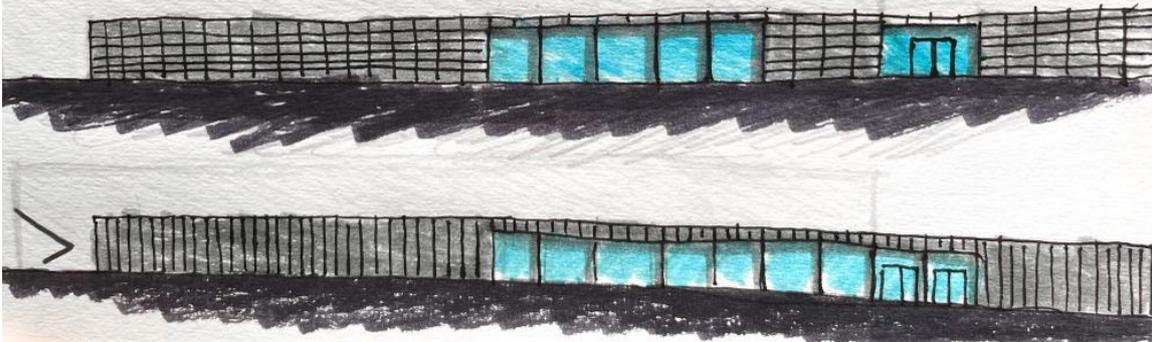


Figura 116 - Esquissos dos Alçados do Edifício Polivalente

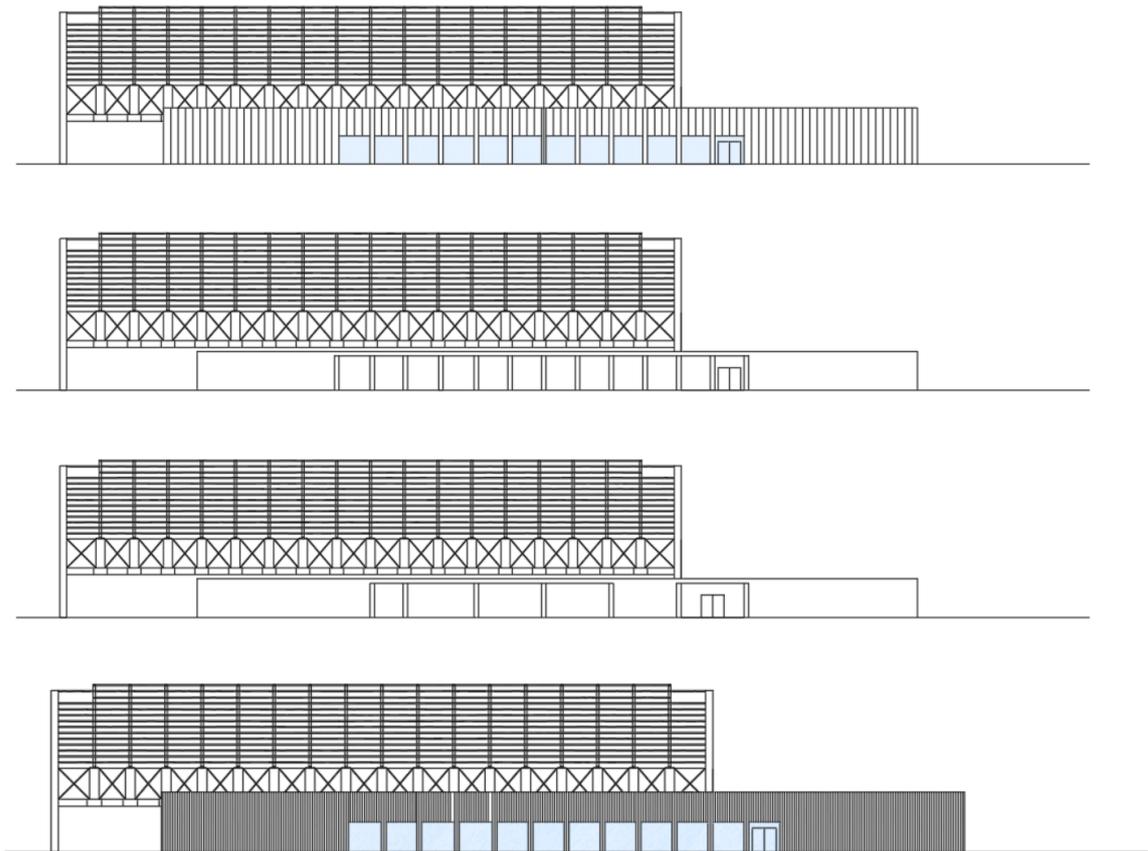


Figura 117 - Alçados rigorosos do edifício Polivalente

Circulações

Tenciona-se elaborar uma separação evidente entre os espaços privados dos públicos. Grande parte dos percursos projetados têm como especial intenção redirecionar os usuários deste conjunto de edifícios para as praças centrais, sendo estes um espaço de lazer e de convívio. Outro aspeto, remete ao facto de estes serem áreas multifuncionais, podendo estes ter outro tipo de funções.

Ainda dentro desta ideologia é projetado percursos de automóvel separados pela sua categoria, neste caso um público (para aceder a zona de estacionamento previsto) e um privado (para fazer o abastecimento da zona de restauração e outros serviços). Com o propósito de criar um circuito com maior fluidez estes são ligados, envolvendo os edifícios.

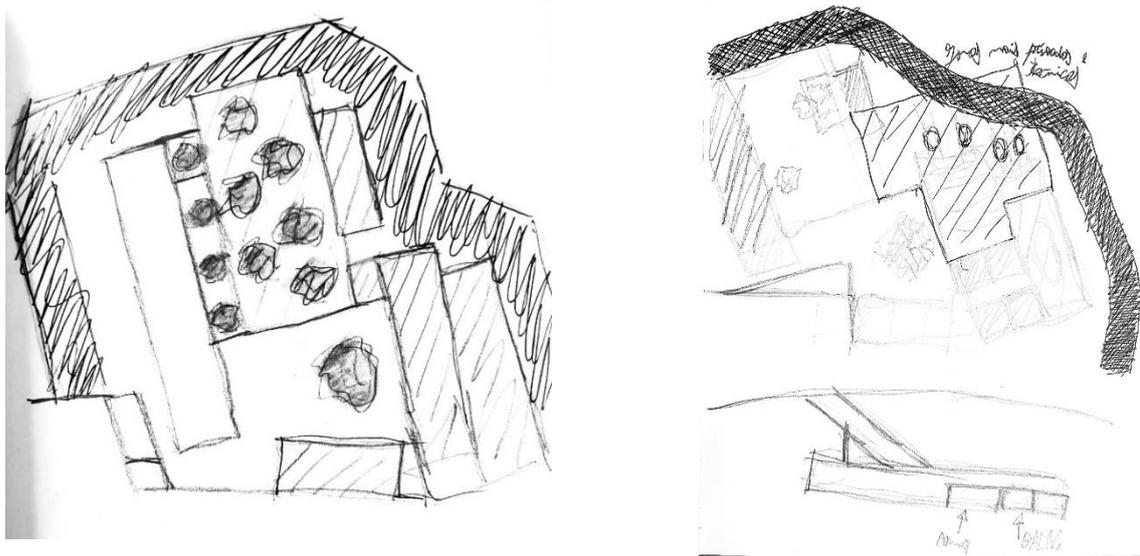


Figura 118 - Análise do circuito automóvel

Contudo, compreende-se a necessidade por elementos de controlo no acesso a este percurso complementando o mesmo com uma zona de controlo na entrada de veículos e portões. Neste, é realizado um efeito de continuidade entre os portões e os muros. Uma outra questão, remete para as diferenças de cotas do terreno e o nivelamento do percurso, sendo este resolvido através da escavação e inserção de muros de contenção no terreno.

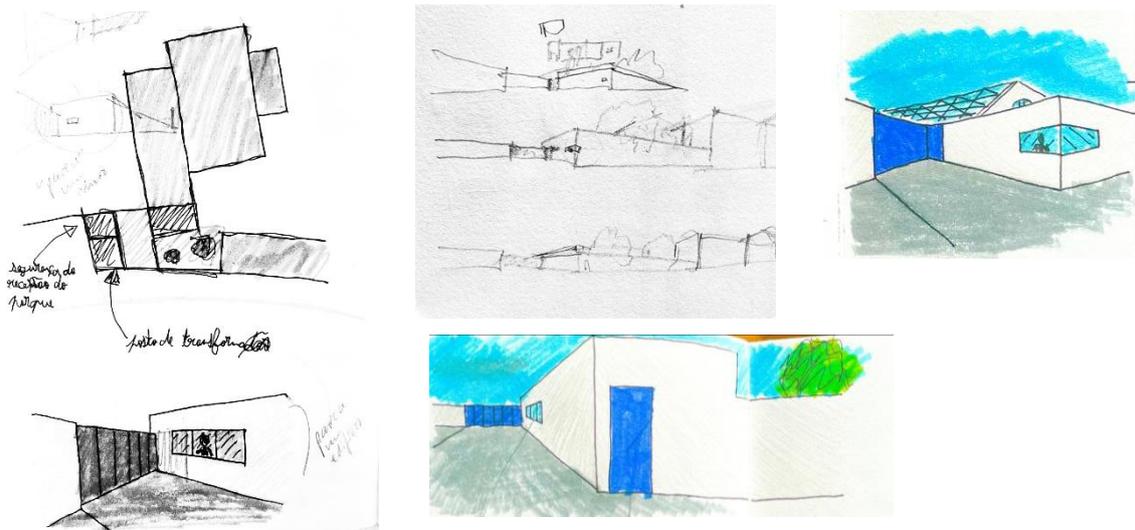


Figura 119 - Esquissos de estudo da sala de vigilância

Sistemas Estruturais e Materialidade

Ao manter a imagem original dos edifícios, também será mantida a estrutura existente, sendo em sistemas de alvenaria de pedra com treliças de aço nos edifícios de maior dimensão. O edifício com um caráter mais administrativo apresenta uma composição, igualmente, em alvenaria de pedra, no entanto com uma cobertura em madeira. Relativamente aos novos edifícios que se pretendem criar serão utilizados perfis de aço e chapas metálicas, indo de encontro ao material mais comumente usado neste conjunto de fábricas. Relativamente ao cais e ao volume nele inserido, são estruturados com elementos metálicos. A estabilidade desta plataforma é flutuante é garantida através de flutuadores de poliestireno de alta densidade e umas colunas que realizam a sua movimentação vertical.

Organização final

Ao edifício com o caráter mais administrativo é lhe atribuído no piso R/Chão o hall principal assim como um espaço de lazer e sanitários, já no piso 1 são implementados os elementos de caráter administrativo, indo de encontro à sua linguagem.

Já as duas fábricas mais próximas da rua principal dispõem de Ginásio, Sala de Treinos, Balneários, Oficina e uma área de Armazenamento. Os edifícios ainda possuem de sanitários, gabinete médico um e espaço para funcionários.

Estabelece-se um reaproveitamento da fábrica de maior dimensão que se encontra devoluto, convertendo o seu interior numa grande praça de usufruto público com elementos de vegetação e repouso.

Ainda são projetadas duas novas construções com o objetivo de aglomerar os restantes espaços exigidos pelo programa, sendo estes dispostos nas laterais da praça mencionada anteriormente.

Num dos edifícios delineados é posicionado todos os serviços ligados a restauração, neste caso Sala de Refeições, Cozinha, Bar, Copa do Bar, Dispensa, assim como umas instalações sanitárias públicas. Este ainda dispõe de acessos privados e serem utilizados pelo staff da cozinha, para além de uma entrada direta para a dispensa na sequência de reabastecimentos.

O segundo edificado é composto por um hall secundário, realizando a conexão entre a Praça central e a zona de estacionamento dos veículos. Uma extensa sala polivalente, sala de apoio, salas de aula, auditório e sanitários.

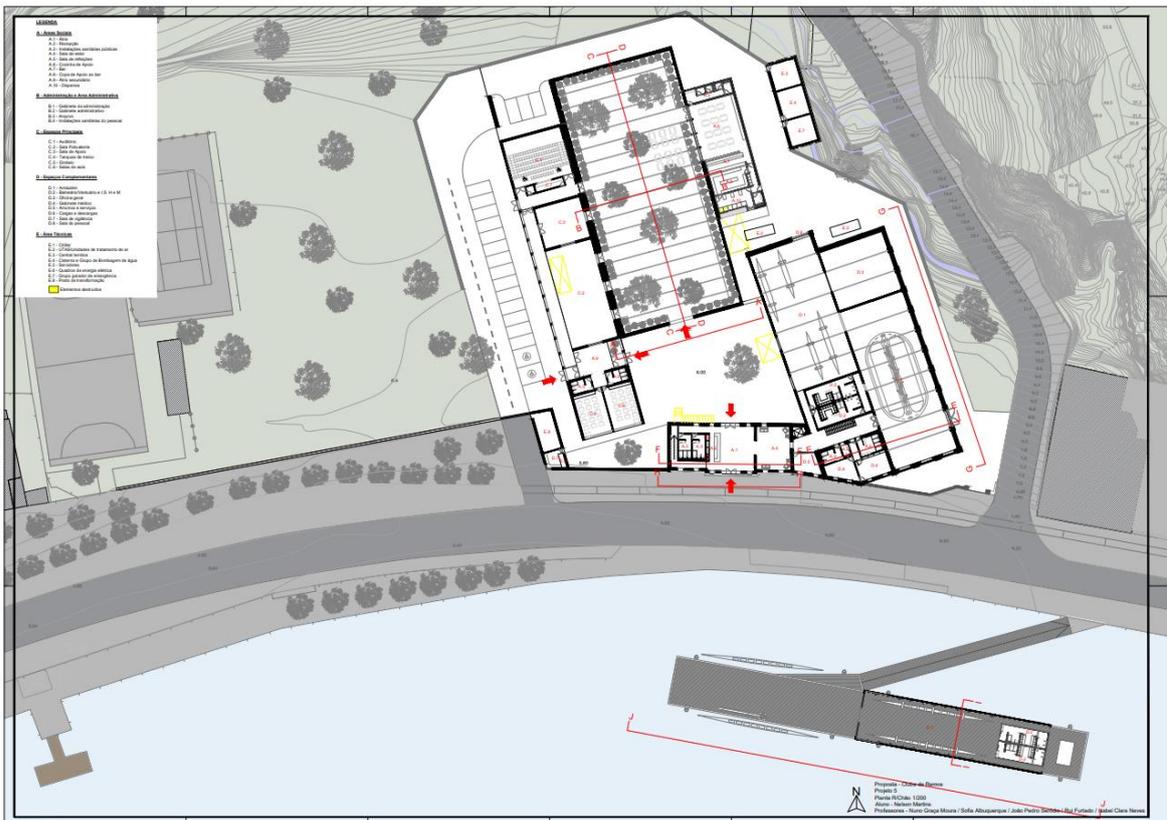
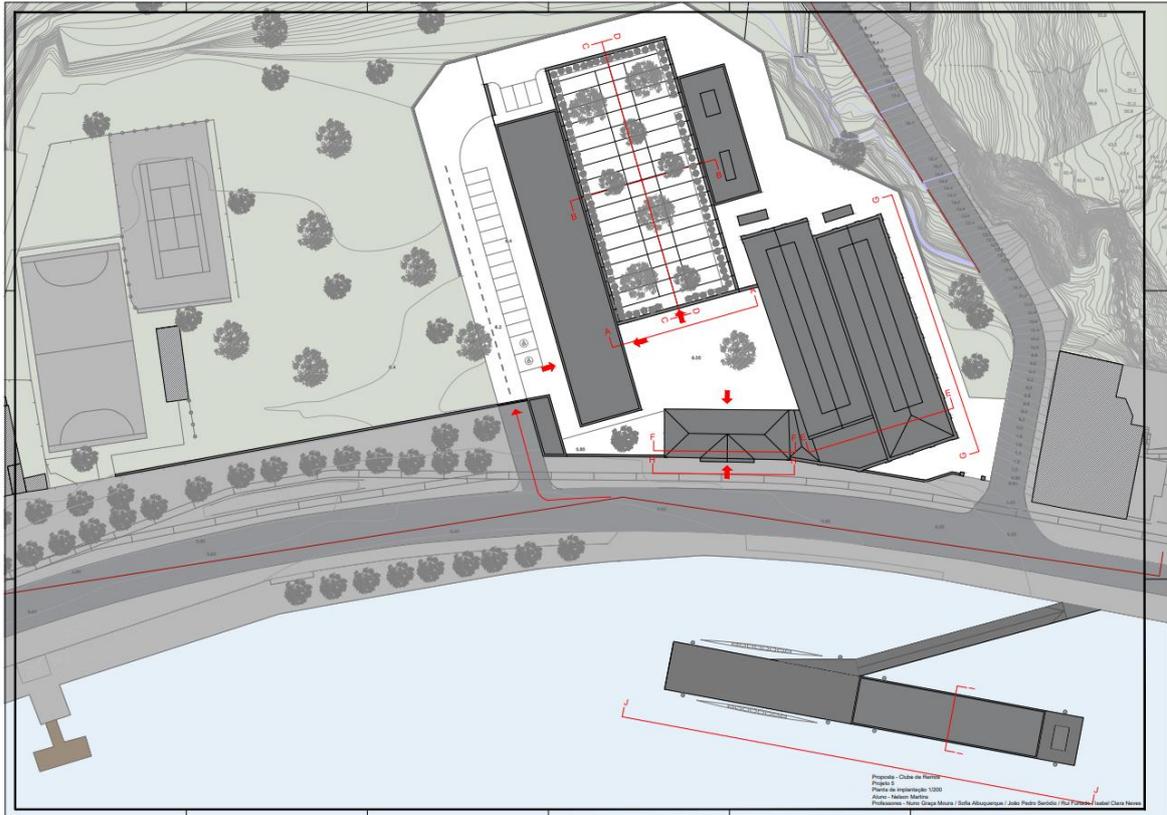
Estes dois novos objetos são projetados com o intuito de estabelecer uma relação direta com a Praça que existe dentro da ruína, podendo estes usufruir do espaço exterior.

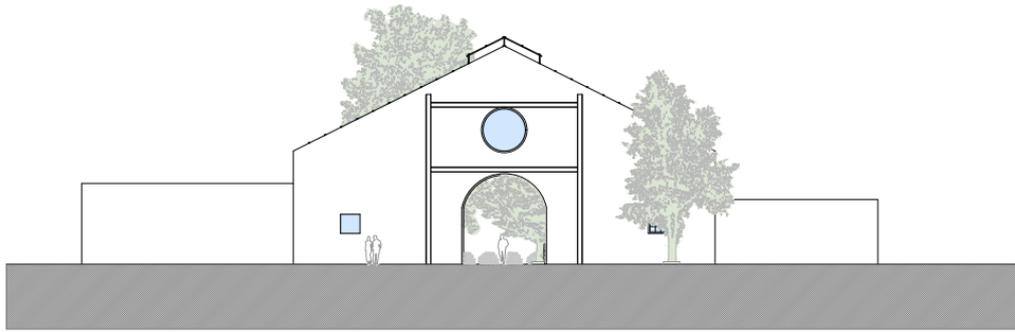
Junto à entrada para os estacionamentos é erguido um pequeno edifício que se interliga aos muros e possuindo uma pequena sala de vigilância assim como uma sala para o Posto de Transformação. Em torno destes edifícios é efetuado um percurso, sendo grande parte dele somente acessível a pessoal autorizado a tal.

O cais é alinhado de forma a ser o mais paralelo possível com a rua, mas também fazendo um bom usufruto das passadeiras existentes, permitindo que se realizasse um percurso mais acessível para quem se desloque com uma canoa até a plataforma, e vice-versa. No cais existe ainda uma área de armazenamento de canoas, assim como um pequeno espaço de balneários e sanitários. Para a colocação e retiro das canoas da água é utilizada uma grua posicionada sobre a plataforma.

Relativamente aos espaços técnicos, estes são maioritariamente posicionados na área privativa, sendo criado espaços próprios numa das áreas que contêm os muros de contenção.

Proposta final e elementos visuais

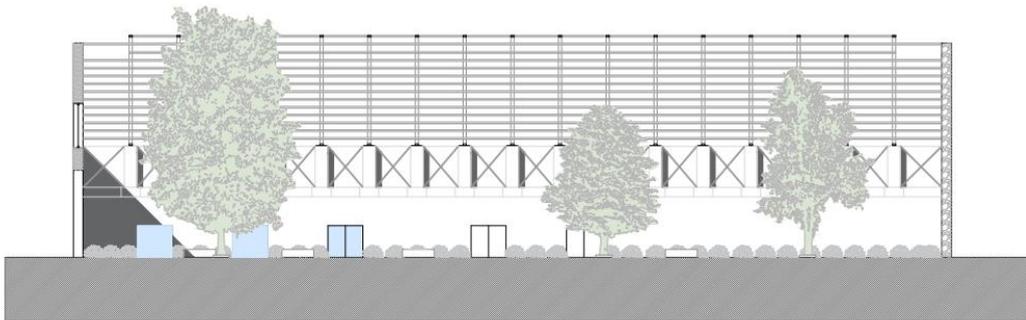




Corte A
Escala 1/100



Corte B
Escala 1/100



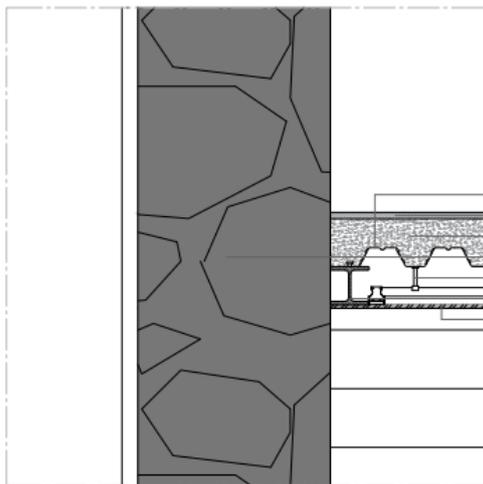
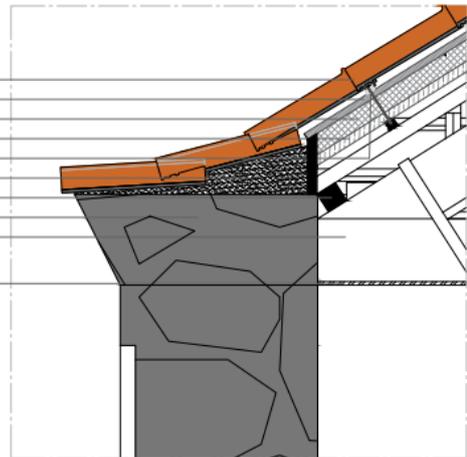
Corte C
Escala 1/100



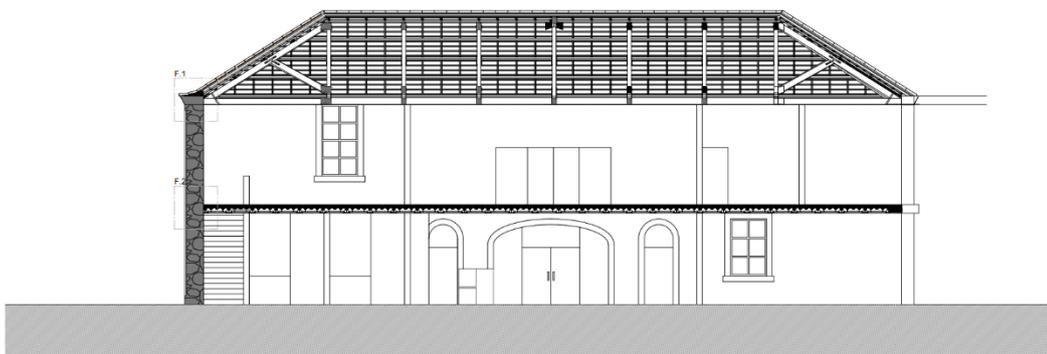
Corte D
Escala 1/100

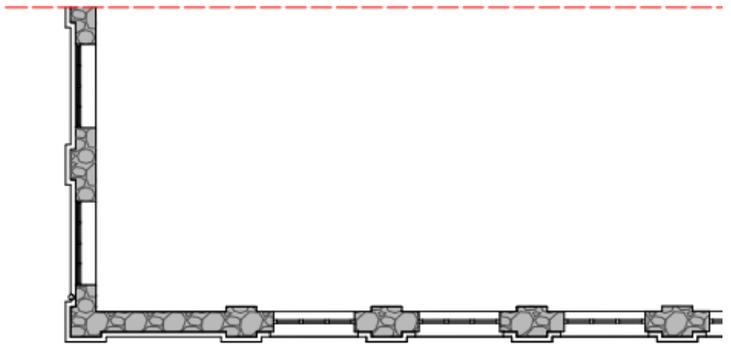
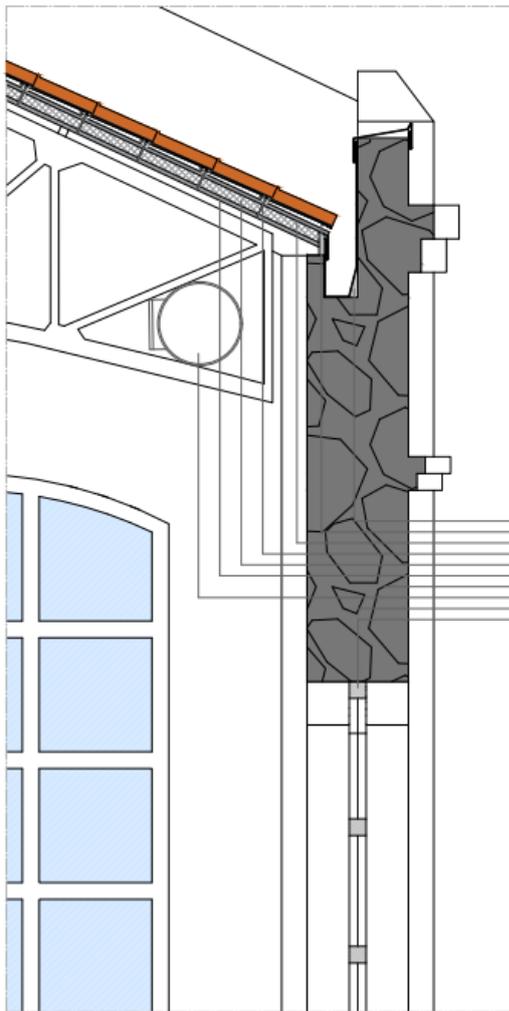
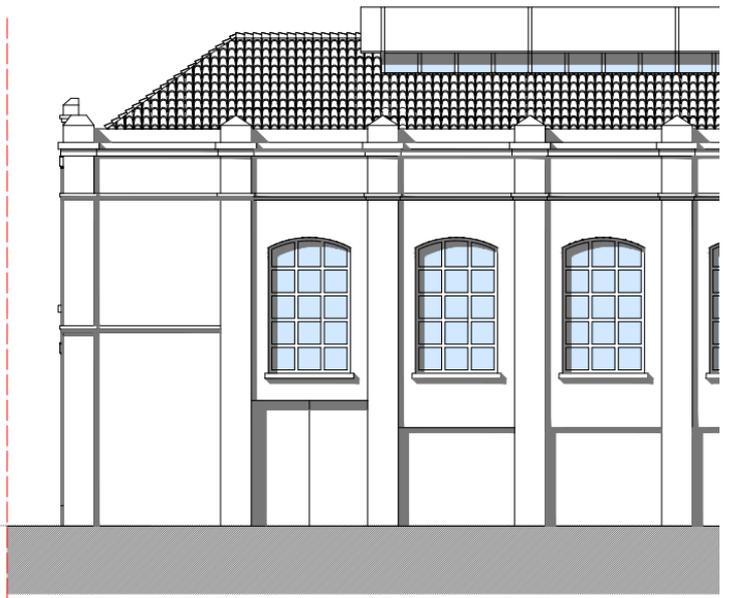
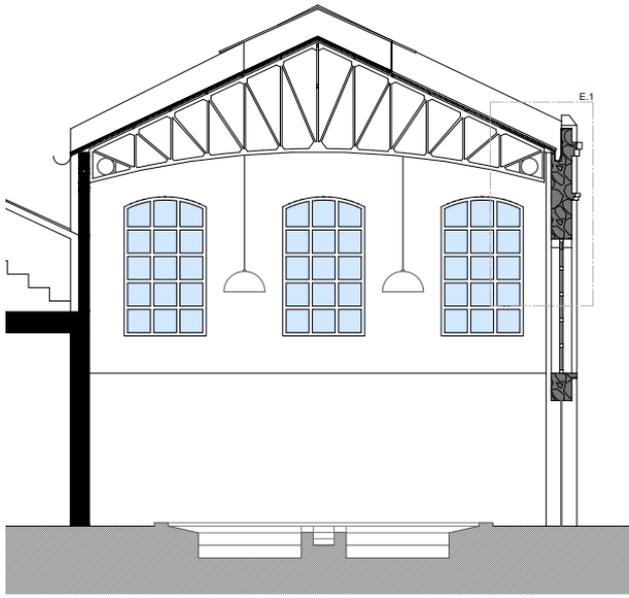


- Telha Ceramica Lusa
- Subtelha Onduline ST50
- Isolamento Térmico - Lã Mineral de 6 cm
- Placa de madeira com 3 cm de espessura
- Madeira Maciça Aparafusada - 3 cm
- Betonilha de regularização
- Ripas de madeira - 6 cm x 6 cm
- Pedra
- Estrutura em treliças de madeira
- Placa de Gesso Cartunado - 1 cm



- Chapa metálica
- Soalho de madeira - 2 cm
- Betão
- Pedra
- Estrutura metálica para fixação das placas de gesso cartunado
- Perfil metálico tipo HEB de 120
- Placa de Gesso cartunado - 1 cm





Planta
Escala 1/50

- Betonha de Regularização
- Telha Cerâmica Lisa
- Rufo em Chapa de Aço - 0,4 cm
- Substrato Ondulado S1700
- Isolamento Térmico - Lã Mineral de 8 cm
- Painel acústico tipo OSB - MEL FIBRO CINZA F037
- Pedra
- Condutas do Sistema de renovação de Ar
- Pedra
- Caldeira de madeira

CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na presente dissertação, inicialmente, definiu-se como temática central a reflexão sobre o uso de elementos metálicos na arquitetura, mais concretamente o aço. Um dos objetivos deste trabalho depreende-se do cruzamento da informação e aplicação do mesmo num projeto de reabilitação.

O contexto histórico possibilitou a compreensão do processo evolutivo do aço e do ferro como material construtivo e o modo como a sua utilização na arquitetura se tornou numa inevitabilidade⁶¹. As estruturas metálicas dispõem de propriedades físicas únicas, sendo distinguidas pela sua liberdade de construir e projetar. Este distingue-se principalmente durante a revolução industrial, sucedendo inúmeras referências de renome que comprovam tal progresso. De forma mais específica e exata, o aumento do uso de ferro e gusa na construção de pontes, e, mais à frente, em edifícios de caráter industrial⁶².

Durante as investigações sobre o aço constatou-se que este dispõe de métodos que o tornam num material sustentável, sendo possível efetuar um projeto 100% ecológico. Todavia, este processo requer um maior avanço tecnológico, uma vez que acarreta elevados custos, incitando por outro lado, a que se procedam a mais estudos e no aprimorar destes meios.

Perante a investigação histórica e análise do material, procede-se ao apurar de influências projetuais, selecionando um conjunto de projetos. A intenção prende-se no projetar de um programa que se adequasse fielmente ao panorama português. Não se ambicionou proceder a uma análise exaustiva destas obras, mas sim em obter um estudo sobre as suas particularidades e pontos chave. Tem-se plena noção de que algumas das decisões não se enquadram ao estudo efetuado ao aço, todavia algumas destas escolhas asseguram uma maior coerência projetual e discernimento programático.

O aço demonstrou ser um elemento vantajoso perante o projeto, aliando questões funcionais, construtivas e de estética. As soluções arquitetónicas demonstradas não pretendem somente reabilitar e utilizar os sistemas estruturais em aço das pré-existências, mas sim retratar o passado no presente, demonstrando o valor histórico da central da fábrica do Ouro. Dentro deste tópico ainda foi viável analisar o progresso evolutivo da cidade do Porto, observando-se um acentuado abandono de edifícios industriais que entram no

⁶¹ Existe a noção de que nesta época se manifestam outros materiais inovadores como por exemplo o betão.

⁶² Para além destes, ocorre o surgimento de novas tipologias em altura, símbolo de um vigoroso acervo. Este aspeto pode-se constatar no cruzamento de informação entre as obras *“Reabilitação utilizando Sistema Estrutural em Aço”* e *“100 Ideas That Changed Architecture”*.

esquecimento, mesmo estes evidenciando elevado valor patrimonial. Por meio deste aspeto, considera-se essencial incitar a sua recuperação, dado que a prática da reabilitação se associava exclusivamente a obras arquitetónicas com destaque simbólico e de índole monumental.

No princípio, o projeto exibia soluções que propunham aglomerar todo o programa apenas nas pré-existências, no entanto estas propostas foram refutadas, uma vez que retiravam toda a essência original dos edifícios e representavam ideias vazias. Com o propósito de se decifrar esta lacuna, foi necessário parar e repensar a visão que se detinha do programa, mas também do que é uma fábrica industrial.

Por um lado, compreende-se os benefícios que acarretaria demolir as pré-existências, contudo deu-se ênfase à valorização da preservação e ao desafio que seria reaproveitar edifícios em devoluto.

Numa síntese a todos os capítulos aludidos, poder-se-á considerar que a proposta final ao projeto se exerce como o culminar de toda a investigação feita. Expondo uma ligação entre todos estes períodos – história, características, obras de referência, problemáticas e perspectivas ao percurso alcançado.

No geral, este trabalho académico possibilitou obter uma melhor perceção dos valores arquitetónicos a seguir, resultando não só na aquisição de conhecimento, mas também num enriquecimento pessoal.

Bibliografia

Monumentos Desaparecidos. «A Fábrica Do Gás», 14 de janeiro de 2011. <http://monumentosdesaparecidos.blogspot.com/2011/01/fabrica-do-gas-cidade-do-porto.html>.

Senior | mega. «Aço verde: o que é e vantagens de usá-lo», 7 de fevereiro de 2020. <https://www.mega.com.br/blog/aco-verde-o-que-e-e-vantagens-de-usa-lo/>.

Ali, Mir M., e Kyoung Sun Moon. «Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects». *Architectural Science Review* 50, n. 3 (setembro de 2007): 205–23. <https://doi.org/10.3763/asre.2007.5027>.

Carvalho Santos, Bruno Miguel Carvalho. (2018). «PONTES TÉRMICAS LINEARES EM EDIFÍCIOS COM ESTRUTURA METÁLICA LEVE (LSF): LIGAÇÃO PAREDE-PAREDE». Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologias.

Deplazes, Andrea, ed. *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook*. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.

History. «Era do aço». Acedido 6 de abril de 2022. <https://www.history.com/.amp/topics/pre-history/iron-age>.

Infopédia. «Escola de Chicago». Acedido 25 de março de 2022. [https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/\\$escola-de-chicago](https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/$escola-de-chicago).

Governo australiano - Geoscience Australia. «Ferro». Acedido 24 de junho de 2022. <https://www.ga.gov.au/education/classroom-resources/minerals-energy/australian-mineral-facts/iron>.

Frutuoso, Davide Joel Dias. (2017). «Reabilitação utilizando Sistema Estrutural em Aço». UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR.

«LE CHANTIER DU GRAND PALAIS DOSSIER PÉDAGOGIQUE DU GRAND PALAIS N°2». RmnGP.

Dubail, Caroline. (2018). «LE GRAND PALAIS: PROMENADE - DÉCOUVERTE».

McMorrough, Julia. (2013). «Arquitetura: Referências + Boas Práticas & Especificação». Quimera.

IBERDROLA. «O aço verde: um material para iniciar sua descarbonização industrial e aumentar as fronteiras da eletrificação». Acedido 13 de maio de 2022. <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/aco-verde>.

MONUMENTOS DESAPARECIDOS. «O Palácio de Cristal. (Cidade do Porto)», 14 de outubro de 2009. <https://monumentosdesaparecidos.blogspot.com/2009/10/o-palacio-de-cristal-cidade-do-porto.html?m=1>.

Cosiação: Indústria Metalúrgica. «O Processo de Bessemer e a Siderurgia Moderna». Acedido 9 de março de 2022. <https://www.cosiaco.com.br/blog/o-processo-de-bessemer-e-siderurgia-moderna/>.

Oliveira Miranda, Fernando. «Centro Contemporâneo de Arquitectura reabilitação da antiga Fábrica do Ouro». Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, 2016.

Patrick Saville, James. «Henry Bessemer». Enciclopédia Britânica. Acedido 9 de março de 2022. <https://www.britannica.com/biography/Henry-Bessemer>.

Pestana, António. (2018). *Tratamentos de Prevenção e Proteção Anticorrosivas para Estruturas Metálicas*. Universidade da Madeira.

Reis, Bruna Marisa Carreira. (2015). «MARVILA, MEMÓRIA INDUSTRIAL A FÁBRICA COMO EQUIPAMENTO COLETIVO E CULTURAL». Faculdade de Arquitetura. Universidade de Lisboa.

RESENDE VARGAS, MAURI, e VALDIR PIGNATTA E SILVA. (2005). «RESISTÊNCIA AO FOGO DAS ESTRUTURAS DE AÇO».

Robbialac, Tintas. Sem data. «Revestimentos para a estabilidade e resistência frente ao fogo».

Roseta, Filipa, e Sofia Marçal. (2016). *O que é inovação em Arquitetura?* Publisher. Caleidoscópio.

Santos Pires, Tiago Manuel Santos. (2018). «Proteção à corrosão de estruturas de aço». Técnico Lisboa.

Weston, Richard. (2008). *100 Ideas That Changed Architecture*. 1ª. Laurence King Publishing.

Wilkinson, Philip. (2011). «50 ideias arquitectura que precisa mesmo de saber». 1ª. D.Quixote.

Sistema de Informação para o Património Arquitectónico. «Alfândega Nova do Porto». Património Cultural. Acedido 11 de Janeiro de 2022. http://www.monumentos.gov.pt/site/app_pagesuser/SIPA.aspx?id=3967.

Arquitetura Viva. «Carandá market, Braga». Acedido 23 de Março de 2022. <https://arquitecturaviva.com/works/mercado-de-caranda-8>.

Arquitetura Viva. «Daoíz and Velarde Cultural Center». Acedido 30 de Julho de 2022. <https://arquitecturaviva.com/works/daoiz-and-velarde-cultural-center>.

March daily. «Deep Dive Rowing Club / Scenic Architecture Office». Acedido 23 de Março de 2022. <https://www.archdaily.com/898043/deep-dive-rowing-club-scenic-architecture-office>.

March daily. «Jardim das Artes Malopolska / Ingarden & Ewý Architects». Acedido 25 de Março de 2022. https://www.archdaily.com.br/br/760432/jardim-das-artes-malopolska-ingarden-and-ewy-architects?ad_medium=gallery.

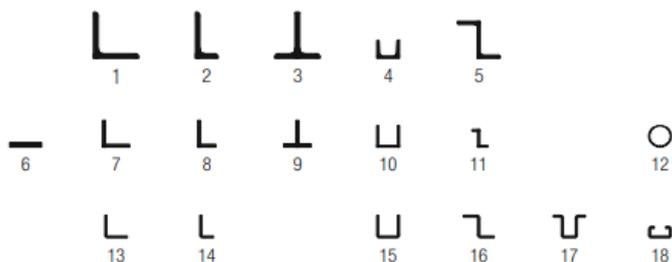
Learn with us. «The Chicago Fire of 1871 and the “Great Rebuilding”». National Geographic. Acedido 6 de Fevereiro de 2022. <https://education.nationalgeographic.org/resource/chicago-fire-1871-and-great-rebuilding>.

Nuno Graça Moura. «Transformação da Antiga Central Eléctrica da Manutenção Militar em micro-cervejeira e restaurante Browers Beato». Acedido 20 de Fevereiro de 2022. <http://nunogracamoura.com/pt/099-2/>.

Beam to Column Connection. «Types of Joints». Acedido 10 de Junho de 2022. <https://sites.google.com/site/beamcolumnconn/types-of-joints>.

Anexos

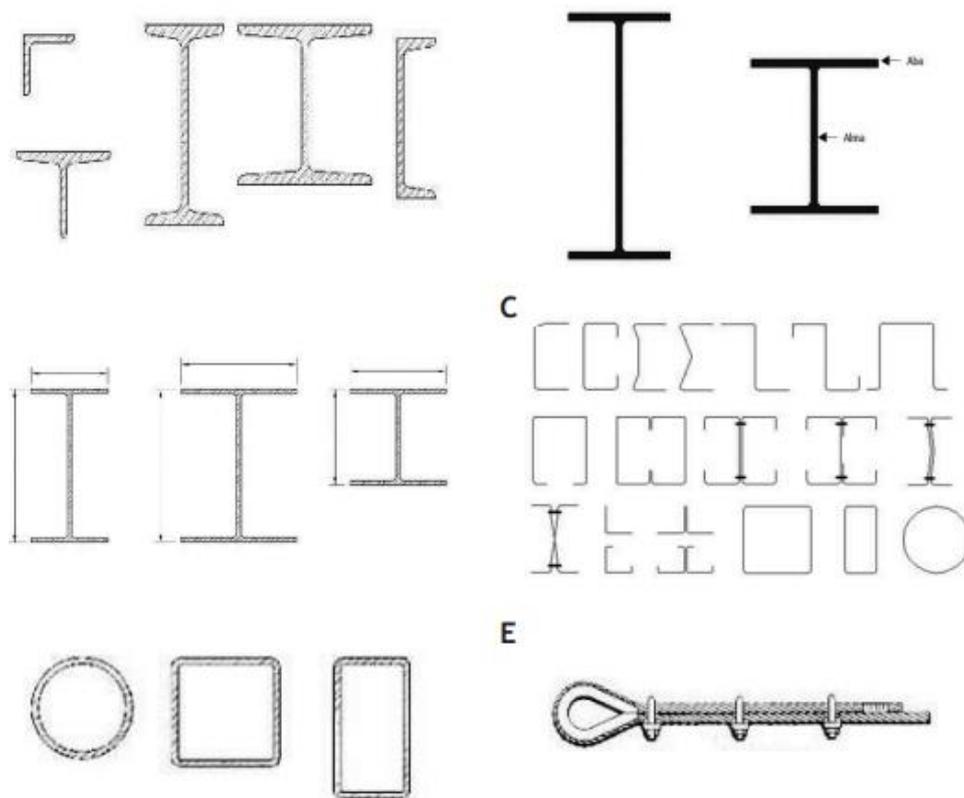
Designação	Tamanho Menor (profundidade x largura)	Tamanho Maior (profundidade x largura)
<i>Perfis largos com flange</i> HEA série leve HEB série estandardizada HEM série pesada	HEA 100 (96 mm x 100 mm) 16.7 kg/m HEB 100 (100 mm x 100 mm) 20.4 kg/m HEM 100 (120 mm x 106 mm) 41.8 kg/m	HEA 1000 (990 mm x 300 mm) 272.0 kg/m HEB 1000 (1000 mm x 300 mm) 314.0 kg/m HEM 1000 (1008 mm x 302 mm) 349.0 kg/m
<i>Perfis estandardizados</i> INP UNP	INP 80 (80 mm x 42 mm) 5.9 kg/m UNP 80 (80 mm x 45 mm) 8.6 kg/m	INP 500 (500 mm x 185 mm) 141.0 kg/m UNP 400 (400 mm x 110 mm) 71.8 kg/m
<i>Perfis com flanges paralelos</i> IPE IPET UPE UAP	IPE 80 (80 mm x 46 mm) 6.0 kg/m IPET 80 (40 mm x 46 mm) 3.0 kg/m UPE 80 (80 mm x 50 mm) 7.9 kg/m UAP 60 x 45 (60 mm x 45 mm) 8.4 kg/m	IPE 600 (600 mm x 220 mm) 122.0 kg/m IPET 600 (300 mm x 220 mm) 61.2 kg/m UPE 400 (400 mm x 115 mm) 72.2 kg/m UAP 300 x 100 (300 mm x 100 mm) 46.0 kg/m
<i>Perfis estruturais ocas</i> RRW / RRK quadrada RRW / RRK retangular ROR circular	RRW 40 x 40 (40 mm x 40 mm) 4.4 kg/m RRW 50 x 30 (50 mm x 30 mm) 4.4 kg/m ROR 38 (∅ 38 mm) 2.0 kg/m	RRW 400 x 400 (400 mm x 400 mm) 191 kg/m RRW 400 x 200 (400 mm x 200 mm) 141.0 kg/m ROR 660 (∅ 660 mm) 114.0 kg/m
<i>Perfis sólidas redondas e quadradas</i> RND VKT	RND 5.5 (∅ 5.5 mm) 0.2 kg/m VKT 6 (6 mm x 6 mm) 0.3 kg/m	RND 400 (∅ 400 mm) 986.4 kg/m VKT 200 (200 mm x 200 mm) 314.0 kg/m



- | | | |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 - Ângulo igual com bordas arredondadas | 7 - Ângulo igual, arestas vivas | 13 - Ângulo igual, laminado a frio |
| 2 - Ângulos desiguais com bordas arredondadas | 8 - Ângulos desiguais, arestas vivas | 14 - Ângulo desigual, laminado a frio |
| 3 - Perfil em T de haste longa com bordas arredondadas | 9 - Perfil em T com arestas vivas | 15 - Canais, laminado a frio |
| 4 - Canais | 10 - Canais | 16 - Perfil em Z, laminado a frio |
| 5 - Perfil em Z, padrão | 11 - Perfil Z com arestas vivas | 17 - Canal labiado, laminado a frio |
| 6 - Flat | 12 - Tubo de corrimão | 18 - Perfil em C, laminado a frio |

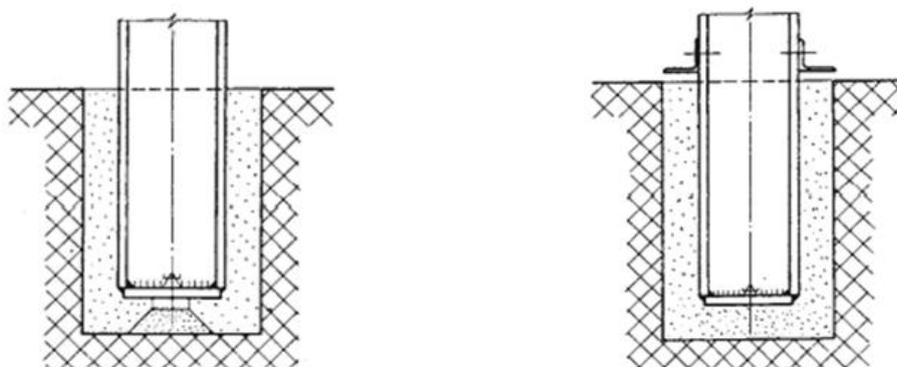
Anexo 1 - Lista com perfis de aço existentes

Fonte: Deplazes, Andrea, ed. Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.



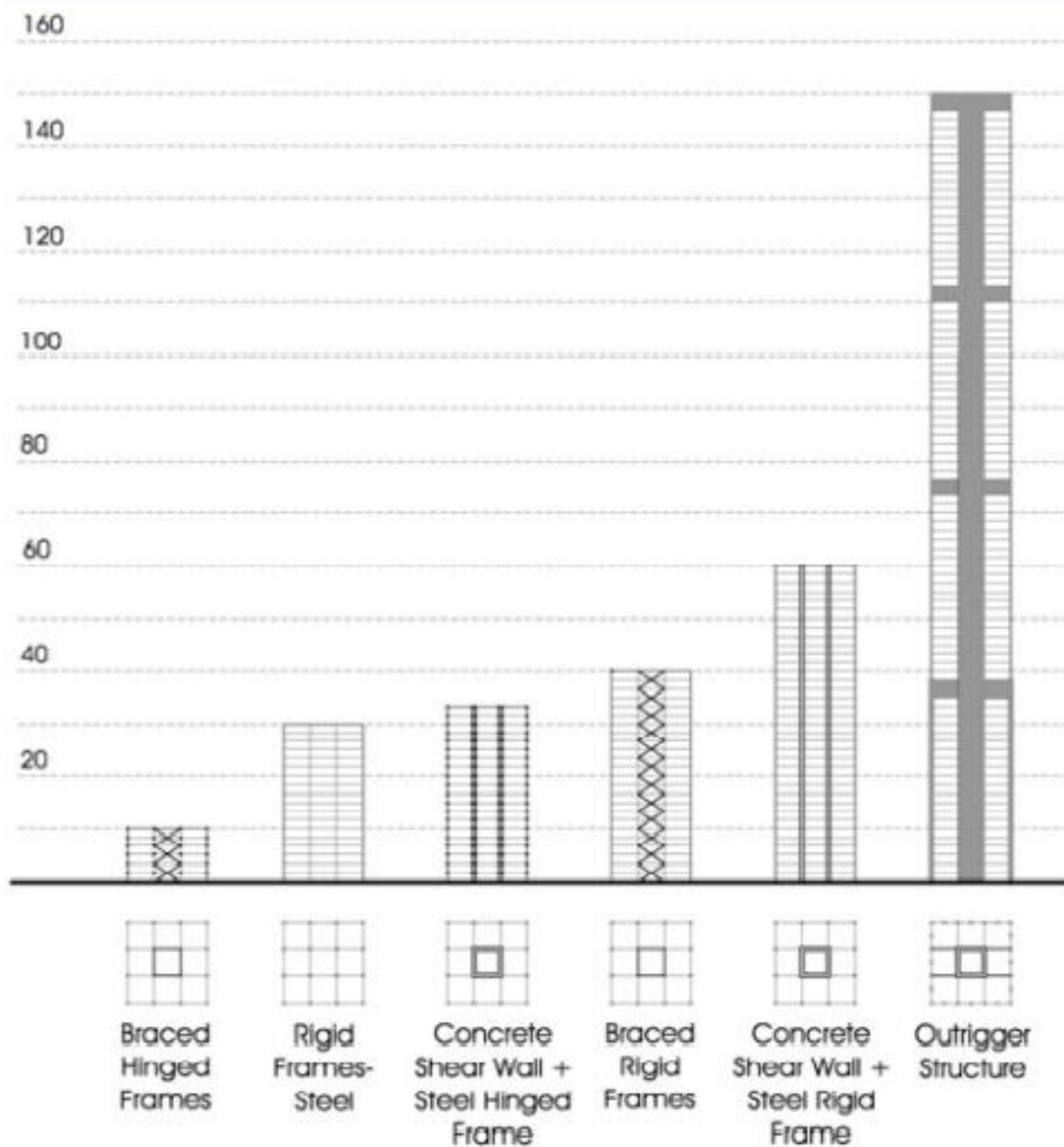
Anexo 2 – Perfis Metálicos

Fonte: Frutuoso, Davide Joel Dias. «Reabilitação utilizando Sistema Estrutural em Aço». UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR, 2017.



Anexo 3 - Detalhes de base com colunas de base fixa com coluna enterrada para acomodar grandes tensões

Fonte: Deplazes, Andrea, ed. Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook. Basel ; Boston: Birkhäuser-Publishers for Architecture, 2005.



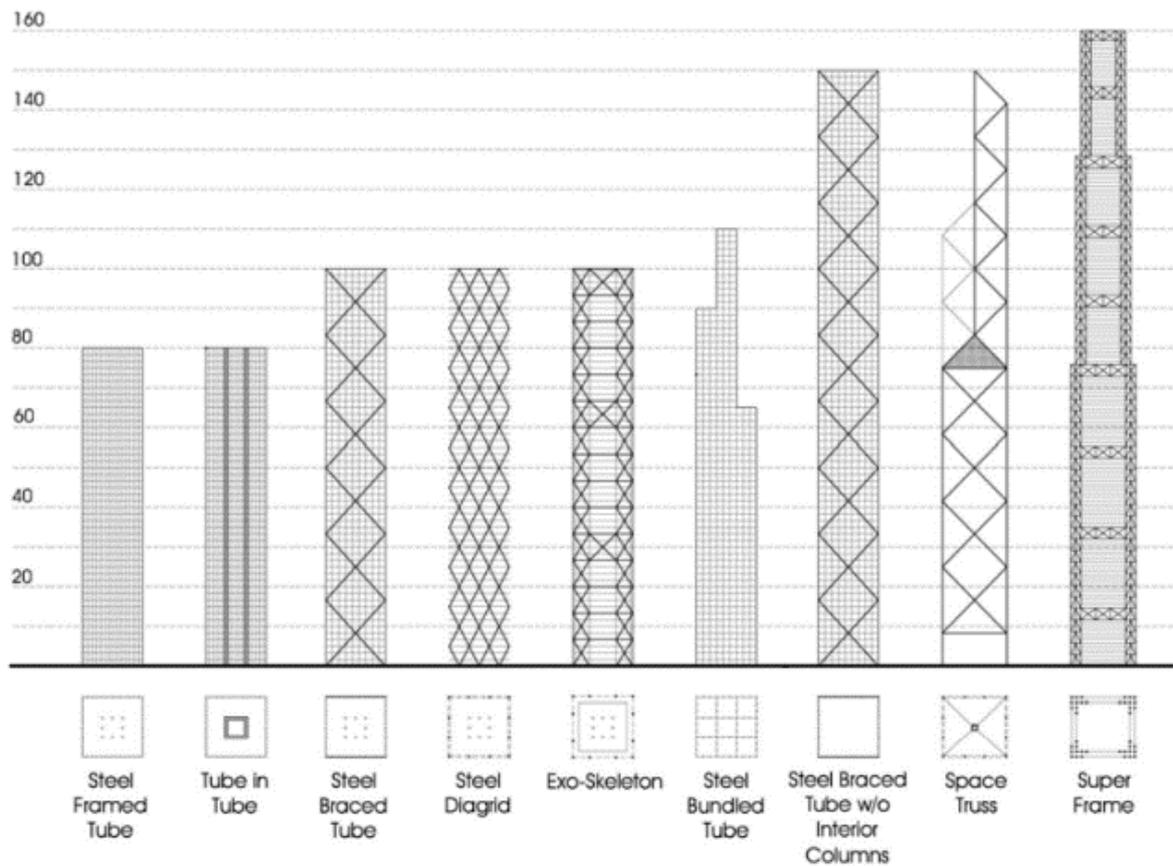
Anexo 4 – Estruturas internas esquematicamente

Fonte: Ali, Mir M., e Kyoung Sun Moon. «Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects». *Architectural Science Review* 50, n. 3 (setembro de 2007): 205–23. <https://doi.org/10.3763/asre.2007.5027>.

Categoria	Material / Configuração	Sub-Categoria	Limite de Altura Eficiente (Pisos)	Vantagens	Desvantagens	Exemplos de Edifícios
Rigid Frames	Aço	-	30	Bastante flexibilidade no planeamento dos espaços. Construção muito rápida.	Conexões entre os perfis muito dispendiosa. Devido a proteção contra incêndio o seu custo é muito elevado.	Lake Shore Drive Apartments (Chicago, USA, 26 Pisos e 82 metros)
Braced Hinged Frames	Steel Shear Trusses + Steel Hinged Frames	-	10	Resiste eficientemente a cargas laterais por forças de cisalhamento nos membros da treliça. Permite vigas mais rasas, comparativamente ao sistema de Rigid Frames sem diagonais.	Planeamento dos espaços internos bastante condicionado devido as diagonais criadas pela estrutura. Conexões nas diagonais muito dispendiosas.	Edifícios com altura reduzida
Shear Wall / Hinged Frames	Concrete Shear Wall + Steel Hinged Frame	-	35	Resiste eficientemente ao cisalhamento lateral graças as paredes de betão.	Planeamento dos espaços interiores bastante condicionado devido as paredes de cisalhamento.	West Wacker Drive (Chicago, USA, com 50 stories e 203.6 metros)
Shear Wall (ou treliça de cisalhamento) - Frame Interaction System	Steel Shear Trusses + Steel Rigid Frames	Braced Rigid Frames	40	Resiste eficientemente a cargas laterais graças a produção de cisalhamento das treliças.	Planeamento dos espaços internos bastante condicionado devido as treliças de cisalhamento.	Empire State Building (Nova Iorque, USA, com 102 Pisos e 381 metros)
	Concrete Shear Wall + Steel Rigid Frame	Shear Wall / Rigid Frames	60	Resiste efetivamente cargas laterais por produzindo parede de cisalhamento - quadro interagindo sistema. Sistema com molduras interativas.	Planeamento dos espaços interiores bastante condicionado devido as paredes de cisalhamento.	Seagram Building, do R/Chão até ao 17ºPiso (Nova Iorque, USA, com 38 Pisos e 157 metros)
Outrigger Structures	Shear Cores (Trelças de aço ou paredes de cisalhamento de betão) + Outriggers (Trelças de aço ou paredes de betão) + (Belt Trusses) + Steel or Concrete Composite (Super) Columns	-	150	Resiste efetivamente dobrando pelo exterior colunas conectadas a estabilizadores estendidos do núcleo.	A Outrigger structure não fornece resistência a cisalhamento.	Taipei 101 (Taipei, Taiwan, com 101 Pisos e 509 metros)

Anexo 5 – Tabela de Sistemas Estruturais Internas

Fonte: Ali, Mir M., e Kyoung Sun Moon. «Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects». *Architectural Science Review* 50, n. 3 (setembro de 2007): 205–23. <https://doi.org/10.3763/asre.2007.5027>.



Anexo 6 – Estruturas externas esquematicamente

Fonte: Ali, Mir M., e Kyoung Sun Moon. «Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects». *Architectural Science Review* 50, n. 3 (setembro de 2007): 205–23. <https://doi.org/10.3763/asre.2007.5027>.

Categoria	Material / Configuração	Sub-Categoria	Limite de Altura Eficiente (Pisos)	Vantagens	Desvantagens	Exemplos de Edifícios
Tubo	Aço	Framed Tube	80	Resiste de forma eficiente às cargas laterais, tendo o seu sistema localizado nas laterais, no perímetro do edifício.	O atraso no cisalhamento impede o verdadeiro comportamento tubular. O espaçamento estreito das colunas obstrui a visão.	Aon Center (Chicago, USA, com 83 Pisos e 346 metros)
		Braced Tube	100 (com colunas internas) - 150 (sem colunas internas)	Resiste com eficiência ao cisalhamento lateral através das forças axiais nos membros diagonais. Espaçamento das colunas mais largo, apenas possível neste caso, comparativamente ao sistema de Framed Tubes. Atraso no cisalhamento recuperado.	Braçadeiras obstruem a visão.	John Hancock Center (Chicago, USA, com 100 Pisos e 344 metros)
		Bundled Tube	110	Atraso no cisalhamento reduzido.	Limitações no planeamento dos espaços internos devido à configuração do tubo agrupado.	Sears Tower (Chicago, USA, com 108 Pisos e 442 metros)
	Ext. Framed Tube (Aço ou Betão) + Int. Core Tube (Aço ou Betão)	Tube in Tube	80	Resiste eficientemente a cargas laterais graças a produção de cisalhamento no núcleo interno.	Limitações no planeamento dos espaços internos devido ao núcleo de cisalhamento.	181 West Madison Street (Chicago, USA, com 50 Pisos e 207 metros)
Diagrid	Aço	-	100	Resiste eficientemente ao cisalhamento lateral graças as forças axiais nos membros diagonais.	Juntas complicadas.	Hearst Building (Nova Iorque, USA, com 42 Pisos e 182 metros)
Space Truss Structures		-	150	Resiste eficientemente ao cisalhamento lateral graças as forças axiais nos membros da treliça espaciais.	Pode obstruir a visão.	Bank of China (Hong Kong, China, com 72 Pisos e 367 metros)
SuperFrame		-	160	Possibilidade de projetar edifícios com grande dimensão vertical.	A forma da construção depende em grande parte da forma do sistema estrutural.	Chicago World Trade Center (Caracas, Venezuela, com 56 Pisos no entanto não foi Construído)
Exoskeleton		-	100	Pisos internos nunca são obstruídos pelas colunas situadas no perímetro do edifício.	Contração térmicas. Pontes térmicas sistêmicas.	Hotel de las Artes (Barcelona, Espanha, com 43 Pisos e 137 metros)

Anexo 7 - Tabela de Sistemas Estruturais Exteriores

Fonte: Ali, Mir M., e Kyoung Sun Moon. «Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects». Architectural Science Review 50, n. 3 (setembro de 2007): 205–23. <https://doi.org/10.3763/asre.2007.5027>.