



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA
DO PORTO

Carlos André Marques da Silva Moreira Gomes

Pré-Fabricação na Construção

Dissertação defendida em provas públicas na
Universidade Lusófona do Porto no dia 11/01/2021,
perante o júri seguinte:

**Presidente: Prof. Dr.º Arq. João Pedro Alves de Guimarães
Serôdio**

Arguente: Prof. Dr.º Arq. José Manuel Gigante

**Orientador: Prof. Dr.º Arq. João Nuno P. B. Moreira
Gomes**

11 de Janeiro 2021

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

Declaração

Nos exemplares das teses de doutoramento ou dissertações de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca da Universidade Lusófona do Porto, deve constar uma das seguintes declarações:

1. ☐ É autorizada a reprodução integral desta tese/dissertação apenas para efeitos de investigação, mediante declaração escrita do interessado, que a tal se compromete.
2. ☐ É autorizada a reprodução parcial desta tese/dissertação (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.), apenas para efeitos de investigação, mediante declaração escrita do interessado, que a tal se compromete.
3. ☐ Não é autorizada, por um prazo de 3 anos, a reprodução de qualquer parte desta tese/dissertação.
4. ☐ De acordo com a legislação em vigor, não é permitida a reprodução de qualquer parte desta tese/dissertação.

Agradecimentos

Ao Professor João Gomes pelo apoio, confiança, motivação e disponibilidade em todo o meu percurso académico e em especial na orientação desta dissertação.

A todos os professores do Mestrado Integrado em Arquitetura pela excelente partilha de conhecimento que contribuiu para o meu crescimento intelectual e profissional, com especial menção ao Professor Gigante pela grande ajuda na estruturação do meu percurso desde o início quando tudo parecia ser impossível.

Aos meus pais pela paciência, esforço e sacrifício pois só por eles isto tudo foi possível.

Aos meus Amigos pela sua sempre presença e motivação.

Aos colegas de curso, pela amizade, companheirismo, ajuda e partilha.

À Catarina pelo apoio incondicional, amizade, auxílio e motivação.

Resumo

A presente dissertação, *Pré-fabricação na Construção*, tem como base o estudo mais aprofundado e a aplicação de técnicas de construção recorrendo à prefabricação de betão armado, através da realização de um projeto situado da Avenida de Boavista, na cidade do Porto, desenvolvido na unidade curricular de Projeto 5.

Procurou-se realizar um breve enquadramento histórico do uso da prefabricação na construção e a evolução dos métodos perante o surgimento de novas matérias primas e técnicas construtivas ao longo do tempo, colmatando numa análise um pouco mais detalhada de dois tipos de prefabricação, *Standard* e *Customizada*.

Posteriormente foram selecionados dois casos de estudo: a análise da obra dos arquitetos Walter Gropius e Pier Luigi Nervi nomeadamente no uso da prefabricação e nos diferentes métodos utilizados no desenvolvimento dos seus projetos.

Por fim, trabalho culmina com a apresentação de um projeto para um Hotel com o programa definido pela disciplina de Projeto, onde se aplicam, alguns sistemas de prefabricação que deram origem ao tema principal desta dissertação.

Palavras-Chave

Pré-Fabricação . Betão Armado . Projeto

Abstract

The present dissertation, *Prefabrication in Construction*, is based on a deeper study and the application of construction techniques using reinforced concrete prefabrication, through the drawing of a project located at Avenida de Boavista, in the city of Porto, developed at the subject Project 5.

Sought to provide a brief historical background on the use of prefabrication in construction and the methods' evolution towards the emergence of new raw materials and construction techniques over time, closing in a slightly more detailed analysis of two types of prefabrication, Standard and Customized.

Posteriorly, two studies cases were selected, Walter Gropius and Pier Luigi Nervi and some of their works were analyzed, reflecting on the different uses of prefabricated methods for different types and materials.

Culminating in a practical application of this constructive method through the execution of a project for a Hotel with a defined program by the subject Project, accompanied by a concise description and justification of the project and its constructive methodology.

Keywords

Pre-Fabrication. Reinforced Concrete. Project

Índice

1 INTRODUÇÃO	11
2 TIPOS DE PRÉ-FABRICAÇÃO	15
2.1 Do passado ao futuro	15
2.2 Pré-Fabricação	31
2.2.1 Pré-Fabricação Standard	31
2.2.2 Pré-Fabricação Customizada	35
3 CASOS DE ESTUDO	41
3.1 A ideia de arquitetura moderna por Walter Gropius	41
Casos de Estudo: Packaged House System (1942/1945)	47
Casos de Estudo: Escritórios Federais John Fitzgerald Kennedy, Massachusetts (1961)	49
3.2 Pier Luigi Nervi	51
4 PROJETO	65
Hotel na Avenida da Boavista	65
Análise do local	67
Proposta Geral	69
Hotel	71
Escolha pela pré-fabricação	73
4.1 Peças Desenhadas	77
5 CONCLUSÃO	95
6 ÍNDICE DE IMAGENS	99
7 BIBLIOGRAFIA	109
8 ANEXOS	115

INTRODUÇÃO

I

Introdução

A presente dissertação centra-se na prefabricação na construção, não como material de construção como por exemplo o tijolo que pode ser considerado uma introdução primitiva da prefabricação na construção, mas também refletir essencialmente pelo método construtivo e desenho de pormenor específico quando é usado elementos prefabricados de grandes dimensões e com grande impacto no edifício como por exemplo elementos estruturais de fachadas. Assim explorando todas as vertentes desde da concepção, desenho, construção e o produto final.

Este método construtivo é pouco explorado pelos arquitetos, sobretudo no meio português, apesar das inúmeras potencialidades que apresenta. Pretende-se analisar as diferenças, a todos os níveis, entre este tipo de construção e o habitualmente utilizado, como a diferença entre o estaleiro em obra e as possibilidades para conseguir alcançar determinada imagem arquitetónica.

Remetendo à ligação entre a Tese e o trabalho de Projeto 5, destaca-se as vantagens da prefabricação na construção de um modo geral e aplicado a uma torre. A sua aplicação dentro desta tipologia em particular faz perceber e aprender a desenhar arquitetura a partir de um modelo de standardização dos materiais. Ao que isto obriga à procura de um detalhe construtivo específico, rigoroso e controlado. Entendo que o uso e exploração de ferramentas informáticas como programas BIM são bons auxílios para compreender e executar o projeto de modo mais célere e por isso será uma ferramenta bastante explorada no percurso de desenvolvimento deste trabalho.

Em suma, o objetivo do trabalho é explorar e demonstrar as potencialidades deste método construtivo tendo como princípio a pesquisa e análise sobre os prós e contras deste método construtivos passando por vários casos de estudo, com o culminar no projeto do hotel desenvolvido na disciplina de Projeto como resultado do emprego dessas técnicas.

TIPOS DE PRÉ-FABRICAÇÃO

Do passado ao futuro

2.1

I Uso de tijolo de adobe
num zigurate



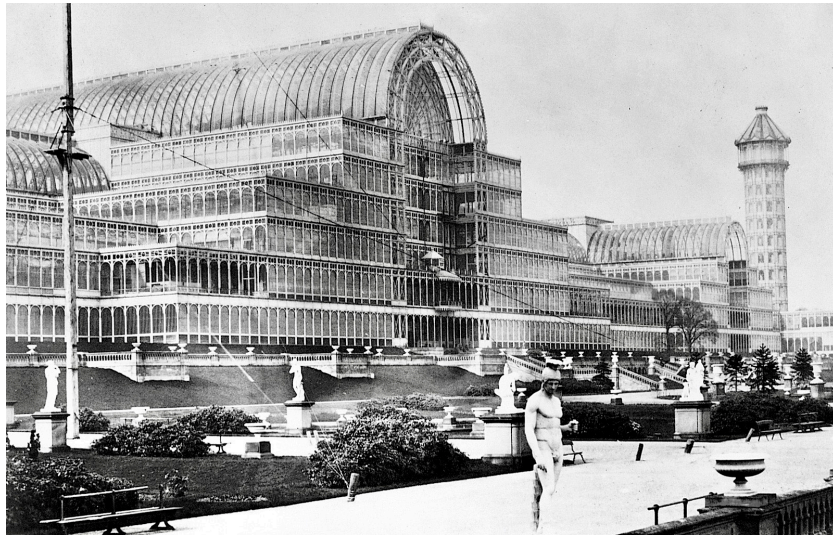
Do passado ao futuro

Para compreender melhor a importância da prefabricação é necessário perceber a definição geral do conceito da pré-fabricação. Na sua mais pura definição, prefabricar significa, fabricar componentes standardizados para serem montados posteriormente no local onde o todo vai ficar instalado, criar ou fabricar com antecedência. A prefabricação na construção, na sua génese, torna-se impossível datar com precisão e muito menos categorizar o que pode ser considerado pré-fabricação.

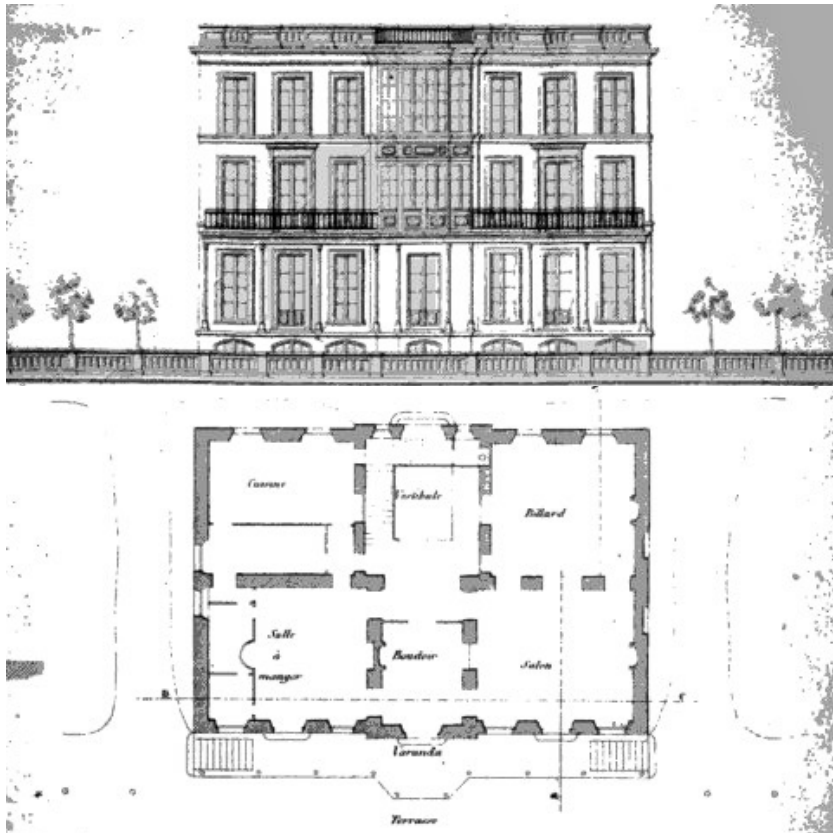
Partindo do significado literal pode-se afirmar que a pré-fabricação na arquitetura teve origem quando foi executado algum material fora no local de obra com o objetivo de ser reproduzido em grande quantidade para ser aplicado numa ou várias construções. Podemos então considerar que o tijolo adobe foi a primeira e mais significativa prefabricação na arquitetura. O tijolo adobe era constituído essencialmente por terra (argila e areia), água e palha e também podiam ser adicionadas outras fibras naturais. Para garantir uma melhor qualidade do tijolo na sua constituição, a terra devia ser 30% areia, 50% argila e 20% outros sedimentos. Além da terra, a humidade da argamassa devia situar-se entre os 15 e 18%. Depois de misturado eram moldadas em tijolos com medidas entre 10x10x20 cm e 20x20x40 cm e expostos ao sol cerca de 30 dias até ficar garantida a sua solidez. Este material teve origem por volta do ano 3000 a.C na região do Crescente Fértil. Entre os edifícios que usaram este material, destacam-se Zigurates na Mesopotâmia e Mastabas no Egito.

Durante os séculos seguintes o processo construtivo usando materiais pré-fabricados estagnou, não tendo surgido novos materiais, apenas consolidaram as suas dimensões e aprimorou-se o processo de fabrico do tijolo de adobe que passou a ser constituído por argila e cozido com auxílio de fogo. Embora o grande material pré-fabricado fosse o tijolo há também que destacar nos finais do século XIV, em Itália, a existência de uma tentativa da standardização de elementos construtivos, tais como capiteis, colunas e alguns elementos da cobertura que posteriormente eram transportadas para o local da construção.

Mais tarde usando a madeira como matéria prima do elemento pré-fabricado foi usado pelos Ingleses durante a colonização inglesa da América do Norte no século XVII, em que as habitações eram fabricadas em Inglaterra e os seus componentes enviados por via marítima para a vila de Cape Anne, colónia Inglesa no Norte da América. Durante o século XVIII e inícios do século XIX, quando Inglaterra se expandiu para a Oceânia, novas construções eram enviadas desmontadas por via marítima, nomeadamente habitações, armazéns e pequenos hospitais. Este método de pré-fabricação permitia reduzir drasticamente o trabalho in loco, bem como aumentar a rapidez de montagem dos mesmos.



2 Edifício Cristal Palace



3 Primeiro edifício construído em concreto armado

Com a Revolução Industrial, no início da segunda metade do século XIX, despontou uma série de desenvolvimentos dentro da indústria química, elétrica, de petróleo e de aço. Nesta fase também foi marcada pela introdução na construção o primeiro ligante hidráulico, que endurecia por ação da água. O método consistia em combinar proporções bem definidas de calcário e argila, reduzi-las a pó e calciná-las num forno, de forma a obter clínquer, que depois era moído até se transformar em cimento, denominando-se de cimento Portland, que foi assim denominado devido à cor e às características semelhantes com as das pedras da Ilha de Portland. Em 1824, Joseph Aspdin patenteou o processo de fabrico do cimento Portland, criando um material que haveria de modificar toda a cultura construtiva até à atualidade.

Já vários anos depois de ter ocorridos em vários setores antes de chegar à construção, a prefabricação suscitou um novo e maior interesse. No princípio, uma das indústrias que mais rapidamente se distinguiu foi a automóvel. Em 1913, a *Ford Motor Company* introduziu a primeira linha de montagem na indústria automóvel, de forma a tornar mais rápido, racional, eficiente e económica a produção de veículos automóveis. Este novo conceito de produção rapidamente se difundiu por todas as áreas influenciando sem exceção os arquitetos da vanguarda e tornou realidade a noção de produzir não só materiais como edifício, em si usando o mesmo princípio dos automóveis.

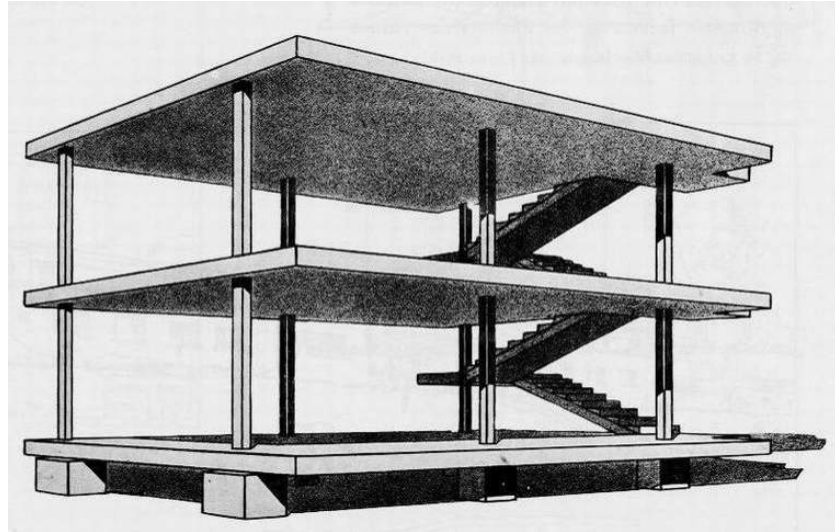
Apesar da existência há quase 25 anos do cimento Portland que permitia o uso de diferentes argamassas, a sua aplicação ainda não tinha sido amplamente disseminada na construção. Isto faz com que uns dos edifícios mais representativo da arquitetura prefabricada fruto da revolução industrial foi o edifício Crystal Palace construído em 1851, por Joseph Paxton. Este edifício foi desenhado para albergar a Grande Exposição Universal 14. Em 1854, esta construção foi desmontada e depois transportada de Hyde Park para Sydenham Hill, onde foi novamente montada. Foi uma construção histórica e importante para o desenvolvimento da pré-fabricação.

François Coignet começou a experimentar com betão armado com ferro, em 1852 tendo sido o primeiro construtor a usar esta técnica como material de construção, tal como o conhecemos nos dias de hoje. Em 1855 juntamente com o arquiteto local Theodore Lachez, é construída então a primeira estrutura de betão armado, um edifício habitacional de quatro pisos na 72 Rue Charles Michels, nos subúrbios de Paris.

Durante o período entre as duas guerras mundiais, a grande diferença que ocorreu na prefabricação foi a agregação destas técnicas. Foi “de um modo consciente para criar uma forma de construção concebida não só para um edifício em concreto, mas como um sistema de componentes produzidos numa linha de montagem de uma fábrica, que pudessem transportar-se para diferentes localizações para construir edifícios semelhantes”¹.

¹ STRIKE, James, *De la construcción a los proyectos : la influencia de las nuevas técnicas en el diseño arquitectónico*. Barcelona, 2004, pág. 125

4 Sistema Dom-inó



5 Casa pré-fabricada por Walter Gropius



Ou seja, durante os anos imediatamente subsequentes à revolução Industrial, foram industrializados todos os processos de produção e desenvolvidos novos materiais de construção. Mas apesar destes serem fabricados em estaleiro, o seu uso, foi em edifícios isolados. Cada arquiteto desenhava os elementos específicos para aquele edifício que mais tarde eram fabricados, usando uma prefabricação de autor mais exclusiva em número de elementos produzidos. Durante e após os conflitos mundiais notou-se uma mudança de paradigma e rapidamente surgiu uma diferente forma de pensar a prefabricação. Começou a ser introduzido uma utilização mais como sistema de materiais normalizados que poderiam ser construídos em vários países usando os mesmo materiais e sistema construtivo.

Durante essa época, as principais figuras que contribuíram para o entendimento claro e fundamental da industrialização dos materiais e prefabricação como um conjunto, foram essencialmente: Le Corbusier e Walter Gropius. Para Le Corbusier a indústria era o caminho para a solução dos problemas da construção. E em 1914, Le Corbusier desenvolveu um sistema estrutural normalizado para a construção de casas em série. As intituladas casas Dom-ino eram constituídas por uma estrutura de colunas e lajes de betão armado sem escoramento, podendo ser executadas no local ou fabricadas em série e colocadas em obra. Esta estrutura pré-fabricada permitia diversos tipos de fachadas e desta forma, mesmo a estrutura sendo igual e produzida em serie, cada edifício podia ter a sua própria identidade. Esta solução demonstrou que era possível construir edifícios com vários elementos prefabricados em série, sem serem todos iguais. Le Corbusier acreditava ainda que a estrutura pudesse ser executada por um empreiteiro e depois terminada por outro distinto, e que para isso mais componentes da composição de um edifício pudessem ser normalizados para além da estrutura, como por exemplo, as portas, janelas e divisórias. Desta maneira não só incumbia a um só fabricante todo o processo de produção, como viabiliza um sistema aberto para o qual qualquer fabricante e arquiteto ou designer poderá desenhar os seus elementos e incorporá-los num edifício juntamente com outros.

Walter Gropius teve grande influência no desenvolvimento dos sistemas pré-fabricados, embora tenha construído menos edifícios “industrializados” do que Le Corbusier. A sua influência não teve tanta visibilidade na execução de grandes projetos de casas pré-fabricadas, como aquela que obteve nos seus projetos experimentais, nos seus textos e no seu ensino.

A Bauhaus, escola de arquitetura, design e artes plásticas de vanguarda na Alemanha, fundada por Walter Gropius em 1919 foi uma oportunidade que o próprio teve para desenvolver o debate e criar projetos e conceitos para o entendimento dos princípios fundamentais das matérias primas, materiais e dos sistemas pré-fabricados. Desta forma, Gropius pôde transmitir, as suas ideias sobre as novas relações do arquiteto e da indústria. A escola funcionava como um laboratório de experimentação de novos projetos para a produção em série aliado a uma agregação de todas as artes com a criação de um grande leque de produtos.

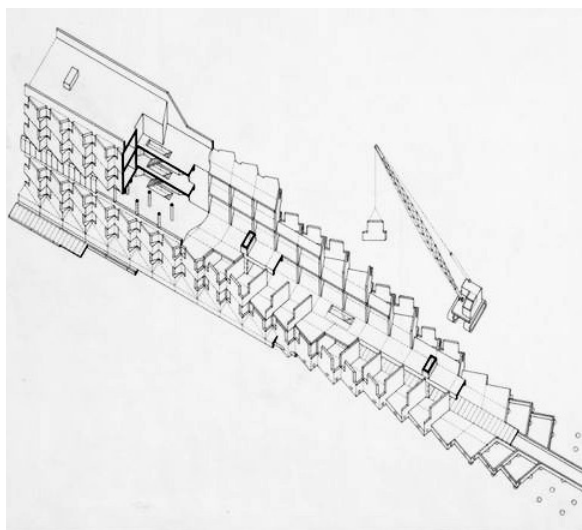
Este trabalho desenvolvido por Gropius na Bauhaus resultou numa primeira investigação



6 Conceito Stiff Dom-ino de James Stirling



7 Fachada em painéis de betão pré-fabricados, Residência Estudantes Universidade St. Andrew, J. S.



8 Esquema de construção da Universidade St. Andrew, J. S.

decorreu, no âmbito do projeto de “Casas em série”, em 1921. O conceito deste projeto prendeu-se essencialmente no entendimento das características de variabilidade, quando se enfrentavam as restrições da racionalidade e da normalização num edifício prefabricado.

Como consequência desse primeiro estudo, em 1931, Gropius projeta as “Copper Houses”, onde põe em prática as vantagens da prefabricação com montagem sem uso de argamassas. Nestas casas foi utilizado um sistema pré-fabricado com a totalidade dos elementos industrializados produzidos em fábrica, e posteriormente transportados por camiões para o local da obra, onde foram montados a seco. A estrutura das habitações era em madeira com isolamento, o revestimento exterior era em lâminas de cobre reforçadas com pequenos encaixes e o revestimento interior em placas de fibrocimento ou em chapa nervurada de alumínio.

Considerado por muitos arquitetos e engenheiros a verdadeira história da pré-fabricação como “manifestação mais significativa da industrialização na construção”, teve início após a Segunda Guerra Mundial, devido à necessidade de se construir em grande escala. As enormes carências de edifícios, provocadas pela destruição maciça das cidades, vilas e aldeias devido aos bombardeamentos, pela grande explosão demográfica e da concentração industrial nas grandes cidades despoletaram a necessidade urgente de construção rápida e económica.

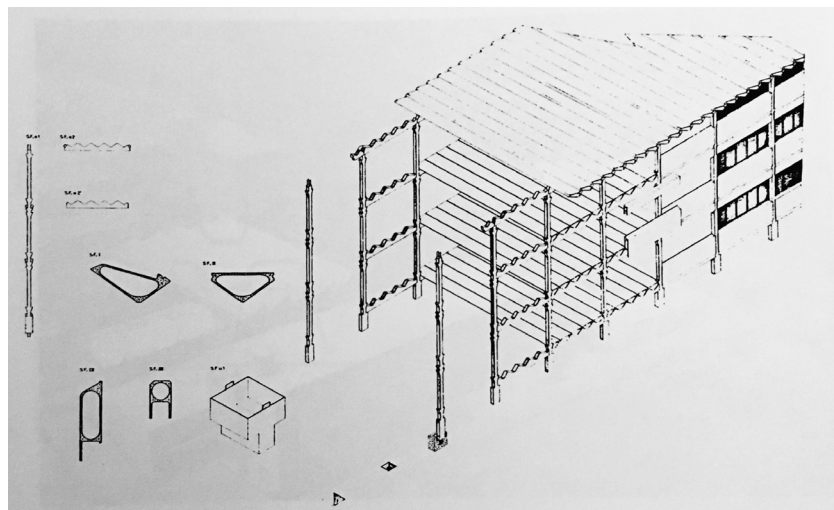
A partir desta data e em simultâneo com o desenvolvimento de sistemas prefabricados normalizados e de carácter universal, outros arquitetos desenvolvem sistemas prefabricados com elementos desenhados especificamente para determinados projetos. Depois do desenvolvimento e proliferação do uso do betão armado, rapidamente se tornou um material desejado na prefabricação. Este tipo de sistema de prefabricação era normalmente usado em edifícios de grandes dimensões, como por exemplo museus, torres e aeroportos ou grandes estruturas como pontes.

Um exemplo de uma pré-fabricação usando este tipo de pré-fabricação personalizada com uso de painéis de grandes dimensões é James Stirling. Depois de em 1951, Stirling deconvolver um projeto conceptual a Stiff Dom-ino Housing, como evolução da casa Dom-ino de Le Corbusier, em 1964 projeta os Dormitórios da Universidade de St. Andrew na Escócia usando painéis de várias formas em betão prefabricado em toda a fachada do edifício.

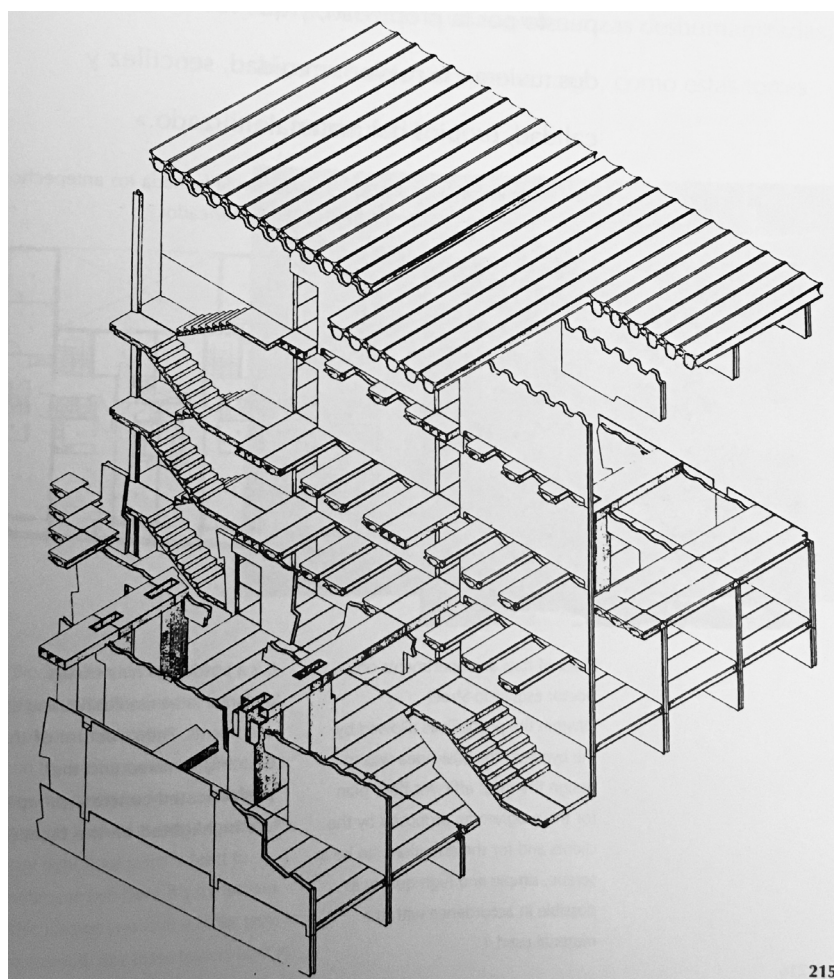
O recurso à prefabricação em betão como elemento construtivo essencial, para solucionar o elevado défice de construções acentua-se, tendo como objetivo a produções em série de elementos de grandes dimensões.

Não tendo a construção tradicional capacidade de resposta para este desafio, encontrando-se desfragmentada e desorganizada, devido à falta de mão de obra qualificada, de materiais, de equipamento e de energia. Pelo que, a prefabricação veio colmatar as grandes carências de edifícios, surge como solução inequívoca em termos de quantidade, rapidez de construção e preços, mas nem sempre com a maior qualidade.

9 Axonometria da estrutura utilizando pré-fabricação standard e personalizada por Miguel Fisal



10 Axonometria do esquema construtivo do edifício de Laboratórios JORBA, Madrid, Miguel Fisac



215

A produção em série destes elementos tornava-se rentável devido à uma mecanização das linhas de produção mais agilizada e pela grande quantidade de elementos necessária para realização da obra. Também Miguel Fisac defendeu o uso extensivo prefabricação na Península Ibérica, principalmente em Espanha. Onde a prefabricação não teve tanto impacto depois da 2ª guerra mundial não ter provocado tanta destruição deste território. No entanto Fisac sempre insistiu para o uso da prefabricação não como solução para uma construção rápida mas também como construção de qualidade.

“Este é um dos muitos estudos propostos de prefabricação e seriação na construção de habitação coletiva que respondem à minha convicção da urgente necessidade de sair da aquele artesanato antiquado pelo qual a construção de casas em nosso país está”. Fisac foi também um dos pioneiros na interligação entre o uso de sistemas de pré-fabricação normalizado juntamente com elementos prefabricados customizado de sistema fechado.

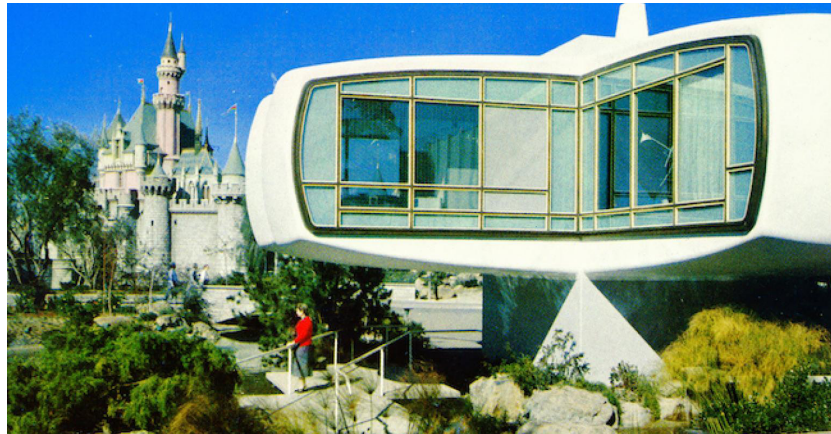
O surgimento de betão armado pré-fabricado encontrava ainda algumas limitações do ponto de vista prático, para a implementação da tecnologia do betão armado prefabricado, nomeadamente o custo do transporte dos elementos da fábrica para a obra e a sua manipulação em obra. No entanto estes aspetos menos positivos do uso de prefabricação em betão armado foram lentamente colmatados até aos dias de hoje, com a evolução das tecnologias.

A partir da década de 70 a escolha por processos prefabricados na construção caíram, mantendo-se não muito populares até atualidade. Este período de declínio surge na sequência da primeira grande crise energética, provocada pelo primeiro choque petrolífero, que decorreu entre 1970 e 1973. Esta situação levantou a necessidade de poupança de energia e à eficiência, levando diferentes governos a impor legislação apertada nesse sentido, especialmente o isolamento térmico dos painéis. Com estas medidas saiu reforçada a resistência térmica dos painéis, bem como o conforto higrotérmico, conduzindo a uma poupança de energia, à melhoria da saúde dos utilizadores, à redução de patologias e dos custos de manutenção, e ao consequente aumento do ciclo de vida dos edifícios.

Face a esta novas exigências de eficiência energética e conforto junta-se uma crítica crescente dos utilizadores e arquitetos à construção massiva, monótona, sem cuidado pelo local e de escassa flexibilidade, deu-se o abandono gradual dos sistemas prefabricados. Surgem exigências de diversidade, aumenta a concorrência dos processos de produção mais tradicionais executado no em obra, dando relevo à racionalização, à industrialização de cofragens, etc. Alguns acidentes durante este período como o acidente ocorrido no edifício de apartamentos Ronan Point, nos arredores de Londres, em 1968, que ruiu parcialmente após a explosão de uma botija de gás. Estes acidentes colocaram em causa os processos construtivos em grandes elementos prefabricados, tendo fomentado o abandono progressivo dos sistemas prefabricados de ciclo fechado de produção.

Atualmente, o uso de sistemas prefabricados em edifícios continua a não ser muito bem

11 Casa Monsanto - Casa do Futuro, Califórnia, 1957, Marvin Goody e Richard Hamilton



12 Construção da Casa Monsanto - Casa do Futuro com elementos pré-fabricados customizados de betão



aceite. A construção prefabricada é vista como frágil dando pouca confiança na segurança das mesmas aos donos de obra e continua a não ser uma opção preferencial para os arquitetos.

Na arquitetura, os sistemas construtivos mais tradicionais executados in situ, são sempre preferenciais. A prefabricação continua a ser vista como solução construtiva menos nobre, com as principais razões para a sua não escolha seja por ser considerada uma solução monótona, que não se enquadra com a envolvente e principalmente um sistema com pouca flexibilidade, quer estrutural, modular e esteticamente. Apesar de terem sido desenvolvidos vários edifícios conceptuais, usando a pré-fabricação como método construtivo e ainda, aplicando materiais recentes na época, como o plástico, ao mostrar a sua qualidade e versatilidade. Como por exemplo, a Casa Monsanto - Casa do Futuro, construída no Parque da Disney na Califórnia, Estados Unidos da América. Esta casa seria uma inovadora atração que visava demonstrar uma forma futura de habitar.

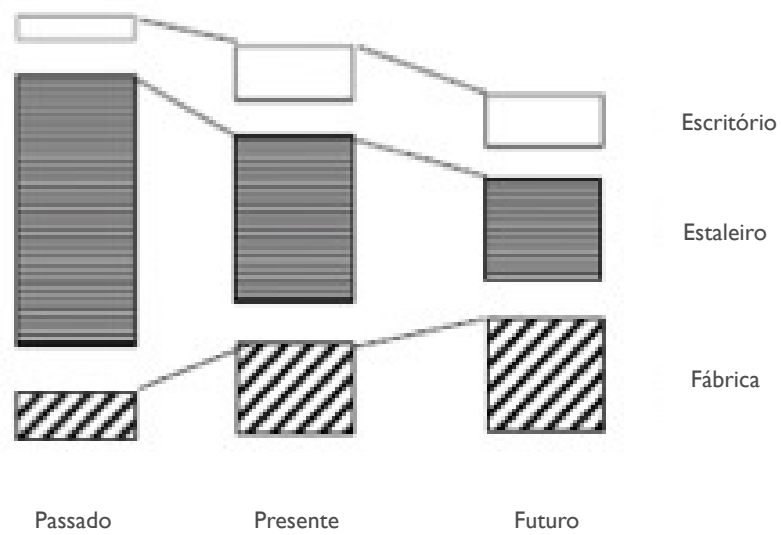
Apesar desta conjetura atual, ainda é usada em alguns casos bastante específicos o uso de prefabricação, nomeadamente em construções de estruturas industriais como armazéns e fabricas, ou infraestruturas como por exemplo parques de estacionamento. Em todos estes tipo de edifício são usados elementos prefabricados *standard*, visto que o objectivo destes edifícios é a sua rápida e económica construção e ainda em alguns casos a sua fácil desmontagem evitando ao máximo o impacto no terreno.

TIPOS DE PRÉ-FABRICAÇÃO

Pré-Fabricação

2.2

13 Tempo dispendido nas três fases da construção



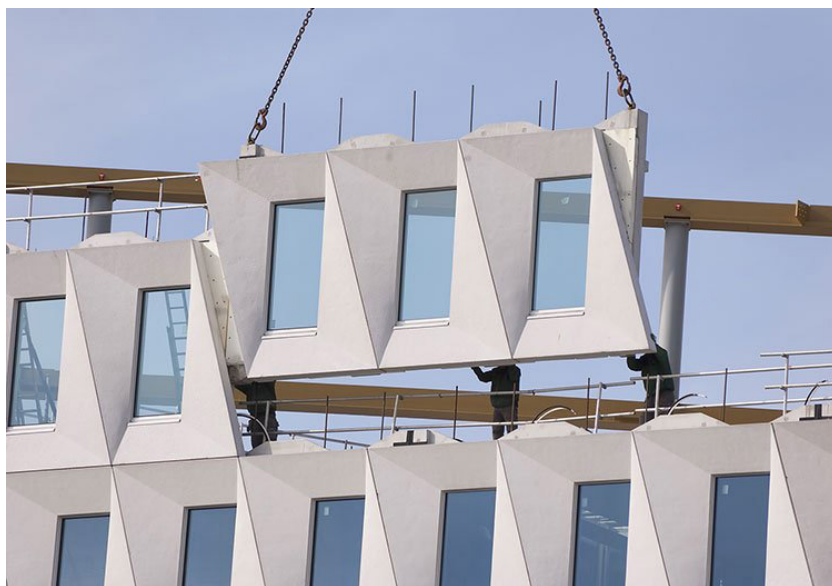
Pré-Fabricação

A industrialização veio transformar radicalmente a construção, ao substituir a habilidade do artesão por processos mecânicos. A diferença entre um produto industrial versus um produto artesanal não está no lugar, onde se fabrica, mas sim na tecnologia utilizada. A produção em série está frequentemente ligada à industrialização, uma vez que é a melhor forma de rentabilizar o trabalho das máquinas. No entanto, a produção em série não significa que seja industrial, porque também é possível fabricar em série artesanalmente. Em suma, a essência da industrialização é a produção de um objeto de forma mecanizada, ou seja, sem mão de obra artesanal, com trabalhadores especializados, mas não qualificados, a fim de obter maior eficiência e rentabilidade possível.

Na década de noventa, ocorreram algumas alterações aos processos de fabricação, originadas em especial pela evolução da tecnologia. Este salto tecnológico originou grande impacto e impulsionaram o desenvolvimento em diversos setores da economia. Essas modificações tecnológicas destacam-se sobretudo pelo avanço da informática e das telecomunicações dando início à expansão da globalização consequentemente à criação de sistemas de gestão da qualidade. Sendo a informática o maior contributo pois pode ser usada em todo o processo de conceção de um elemento prefabricado, tornando não só a produção menos manufaturada, mais rápida e mais precisa como também torna possível o desenho de elementos com formas mais complexas. Todos estes fatores incrementaram a qualidade dos produtos finais a uma escala global, o que fez aumentar a oferta e a competitividade na produção e exportação de elementos prefabricados e assim diminuir os seus custos e, simultaneamente, aumentar a eficiência de processos de produção e a qualidade do produto final.

O conceito de industrialização no contexto da arquitetura é demonstrado através do planeamento, organização, execução, repetição e eficiência no processo de construção, tudo dentro de uma visão global dos vários componentes que compõem a execução de um edifício. Na atualidade em que as exigências relativamente aos prazos, quer de construção quer na fase de projeto, são cada vez maiores e determinantes aumentando a procura a uma arquitetura racionalizada. Por adição às maiores preocupações económicas de um projeto colocam-se também as questões ambientais e energéticas que constituem um total desafio e um crésimo de complexidade aos projetos. Face a todas estas atuais exigências a pré-fabricação, através das suas características apresenta um potencial papel determinante para a resolução deste estigma atual da construção. Apenas requer uma reestruturação da distribuição do tempo e trabalho necessário nas três fases dum projeto. Ou seja, ao nível dos processos construtivos e tecnologias aplicadas quando é explorada uma solução usando prefabricação é expectável que ocorra uma diferente importância e peso das diferentes das tarefas a realizar. É expectável um aumento dos elementos executado em fábrica e uma diminuição das tarefas em obra ou estaleiro, tudo isto com algum impacto também na fase de desenho.

14 Simplicidade de
montagem em obra

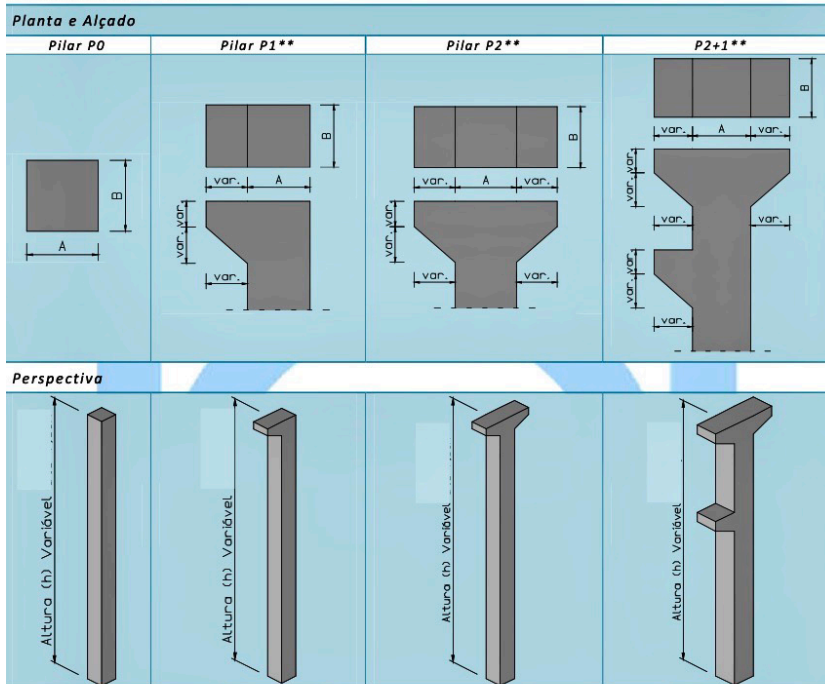


Esta rapidez de execução da obra são o resultado de várias vantagens inerentes ao uso de prefabricações. Esta celeridade deve essencialmente fruto dum ritmo de montagem mais elevado quando comparado com trabalho executado exclusivamente em estaleiro. E torna-se também ainda menos dependente das condições atmosféricas, sendo por isso mais fácil cumprir prazos.

É notório também uma redução da necessidade de escoramentos e andaimes que, pelas grandes dimensões que muitas vezes as estruturas alcançam, implicam um custo muito elevado que juntamente capacidade de armazenamento dos elementos em fábrica e a possível redução de maquinaria pesada permite uma significativa redução da área de estaleiro e custos de manutenção. A preservação do meio ambiente é atualmente um desafio global e determinante. O sector da construção ocupa uma posição central nesse esforço para melhorar o impacto ambiental durante a execução de edifícios ou infraestruturas. A redução na dimensão dos estaleiros, por sua vez resulta na redução do consumo de energia, utilização irracional de recursos naturais, da produção de resíduos e ruído durante a construção.

O uso deste tipo de solução construção apresenta também características que a torna vantajosa na concepção de um projeto, tais como a possibilidade de vencer grandes vãos com elementos autoportantes que podem melhorar a funcionalidade dos espaços, podendo até conceber soluções estruturais em que os pilares são lançados com toda a sua altura ou até mesmo, em alguns casos, anulando pilares e fundações que teriam que existir noutro tipo de construção. Todas estas potencialidades conceptuais podem ser exploradas no projeto, tendo um grande impacto na arquitetura do edifício e possibilita um novo tipo de pormenor construtivos e com maior rigor, que deve ser incorporado no projeto. Com exigência acrescida no detalhe do projeto que é inerente a este sistema construtivo, é também solicitado um o planeamento e sistematização das operações de montagem a que adiciona ainda a possibilidade de conceber um edifício pensando no processo desconstrutivo e consequente reaproveitamento o que possibilita uma superior adaptabilidade dos espaços, permitindo o edifício acomodar diversas e disparas funções sem modificações profundas

Requisitos geométricos



15 Exemplo de elementos prefabricados disponíveis por uma marca de betão

secil prebetão
Prefabricados de Betão, SA



16 Construção com elementos pré-fabricados standard

Pré-Fabricação *Standard*

A industrialização veio transformar radicalmente a construção, ao substituir a habilidade do artesão por processos mecânicos. A diferença entre um produto industrial versus um produto artesanal não está no lugar onde se fabrica, mas sim na tecnologia utilizada. A produção em série está frequentemente ligada à industrialização, uma vez que é a melhor forma de rentabilizar o trabalho das máquinas. No entanto, a produção em série não significa que seja industrial, porque também se pode fabricar em série artesanalmente. Em suma, a essência da industrialização é a produção de um objeto de forma mecanizada, ou seja, sem mão-de-obra artesanal, com trabalhadores especializados, mas não qualificados.

Este modelo de sistema construtivo surge como maior demonstração da prefabricação. É o *ultimate goal* da pré-fabricação na medida em que é a procura de uma otimização do tempo e custos numa construção levada ao limite através da elaboração de vários elementos prefabricados com formas, encaixes e dimensões universais predefinidos. Elementos estes que podem ser escolhidos a partir de um catálogo, com dimensões generalizadas e compatíveis com vários tipos de materiais, também eles pré-fabricados, usados em diversas fases da construção.

Com o uso destes elementos, diminui drasticamente a duração de construção de um edifício, pois além de garantida que os elementos são previamente criados em fábrica, mas também pela garantia de compatibilidade entre todos os elementos integrantes deste sistema construtivo. Relativamente ao custo, este tende a diminuir não só pelos elementos serem em grande parte executados em fábrica e só montados ou interligados entre si mas também, no caso da pré-fabricação standard, pelo número elevado de elementos produzidos.

Além do custo do elemento em si, o facto de ser standard, contribui numa possível poupança no tempo e custo de montagem em obra pelo simples facto de o seu método de construção ser universal que torna menos frequente a formação e adaptação de funcionários, porque os elementos são universais e é garantida à partida a sua compatibilidade.

Teoricamente, uma construção que utiliza elementos de pré-fabricação standard é rápida e de baixo custo. Estas características devem-se, em primeiro lugar, pela utilização dum maior número de elementos pré-fabricados possíveis, e em segundo, pela simplicidade e facilidade no momento da montagem no local. Talvez seja visto como um aspecto negativo pela maior dificuldade na personalização do projeto visto a limitação pela forma e dimensões dos elementos disponíveis a uso no mercado.

17 Miguel Fisac e elementos pré-fabricados customizados



18 Processo de fabricação de elemento pré-fabricado customizado do Palácio do Desporto em Roma do Arq. Pier Luigi Nervi



Pré-Fabricação Costumizada

Além da dificuldade em deslocar e alocar os elementos em obra, o uso de betão armado estava também ligado ao uso de junções entre os elementos mais complexos e somente possível a execução em obra e por funcionários mais especializados. Todas estas dificuldades, como transporte, manuseamento em obra e as ligações complexas fez com que não só o nível de pormenor e rigor no desenho seja superior também teve de passar a considerar um planeamento prévio do processo de construção para que fosse mais facilmente executado. Estas complexidades tornaram tanto o projeto como a construção não tão economicamente apelativa quando comparado com prefabricação normalizada e com materiais mais leves. Em contrapartida o uso de betão armado permitia a execução de estruturas de maiores dimensões e quando comparado com o sistema de execução em obra este se revelava bastante mais moroso.

Este tipo de construção tem como principais pontos fortes, rapidez e eficácia na construção aliado a um menor custo que se reflete nos objeto (elementos, materiais, edifício) em si mas também no tempo de construção e até mesmo na dimensão do estaleiro de obra que tem um grande peso no impacto ambiental durante a construção do edifício. Outras vantagens prendem-se com a qualidade dos materiais pois estes são produzidos em fábricas e não estão dependentes de elementos externos como por exemplo condições meteorológicas.

Um dos aspetos que contribui para baixar o custo de obra esta relacionada com o que poderá ser umas das desvantagens da construção pré-fabricada, o rigor exigido na fase de projeto e construção é muito superior à construção no local, mas uma vez executada essa tarefa e com um plano pormenorizado de obra permite uma maior organização entre especialidades colmatando assim custos elevados e tempo de execução.

Em termos conceptuais logo após ao surgimento de uma ideia, quando surge a necessidade de a tornar numa realidade, quase intuitivamente procura-se simplificar essa tarefa recorrendo até, em alguns casos mais complexos, a outro estudo para a concretização da ideia original, tornando-se no limite, a que a planeamento de execução se torne mais complexo do que a ideia original. O exemplo disso é a Opera de Sydney de Jørn Utzon. A construção teve início em março de 1959 tendo sido inaugurado em outubro de 1973, após 14 anos de construção. Este vasto tempo de construção resultou de sucessivos atrasos da obra, inicialmente causados pelo começo abrupto das fundações e embasamento que começaram antes de ser encontrado um sistema construtivo que tornasse possível a visão do arquiteto vencedor do concurso em Janeiro de 1957 na qual o júri ao anunciar o vencedor referiu o desenho como “Os desenhos são simples ao ponto de serem diagramáticos. Contudo nós retornamos novamente e novamente ao estudo desses desenhos, estamos convencidos que eles apresentaram um conceito de uma Casa de Ópera que é capaz de ser uma das maiores construções do mundo”. A construção de toda a estrutura da cobertura

19 Construção da
cobertura em elementos
pré-fabricados da Casa da
Ópera de Sydney



foi desenvolvida de 1957 a 1963 e logo após finalização da primeira fase de construção em 1963 tiveram que ser refeitos por não se adequarem à solução desenvolvida para o restante edifício. E essa solução consistia num sistema nervurado de cascas de betão armado pré-fabricado criado a partir de secções de uma esfera. Este sistema permitiu que cada nervura fosse construída com uma série de segmentos padronizados, através de moldes comuns no próprio estaleiro de obras que juntamente com a colocação de telhas, demorou onze anos para ser concluída a icônica estrutura da cobertura.

Este exemplo demonstra não só todas as potencialidades deste tipo de construção como a dificuldade que é tornar realidade um conceito que à partida parece fácil e com o desenvolvimento do projeto em elementos pré-fabricados aliado ao rigor e pormenorização que este tipo de construção implica foi fundamental para a execução deste projeto.

CASOS DE ESTUDO
A ideia de arquitetura moderna por Walter Gropius

3.1

A ideia de arquitetura moderna por Walter Gropius

A identidade da arquitetura de Walter Gropius é a arquitetura moderna segundo o mais puro significado que tem este termo na história da arquitetura do século XX. Esta cultura surge a partir da ruptura com a tradição, que se manifesta não só com as vanguardas, mas igualmente na tradição alemã onde encontra as suas raízes sólidas e profundas. As razões deste êxito deviam-se segundo à eficácia do sistema pedagógico alemão e encontra um ponto de encontro no idealismo que as exalta como valores sociais e éticos do novo estado.

Neste inventário de relações dialéticas, a arquitetura entra tardiamente, fá-lo, no entanto, com a urgência obsessiva diante dum nó teórico sem solução. Trata-se da relação entre teoria e técnica. A impossibilidade de estabelecer relações teóricas entre estes dois termos. A formação de Walter Gropius consolida-se nestes anos tão cruciais. Em 1907 termina os seus estudos na Hochschule de Berlim e no mesmo ano inicia a sua atividade com Peter Behrens. A sua primeira obra, a fábrica Fagus, de 1911, tem o valor de manifesto para a nova arquitetura.

O Deutscher Werkbund¹ era um grupo de arquitetos e designers com objetivo de redefinir e propagar a amplas camadas da população instalações a preços acessíveis, novos conceitos de habitar os espaços, que abrange desde a concepção do edifício até à chávena de café, tudo a partir do mesmo conceito. Este propósito foi reforçado por Gropius em 1913 no anuário do Deutscher Werkbund: *“Os novos tempos exigem sua própria expressão. Uma forma desenhada com exatidão, ordem das componentes, a organização em série das partes similares da unidade e cor: Estes serão as bases estéticas do arquiteto moderno que estão em correspondência com energia economia da nossa vida pública”*².

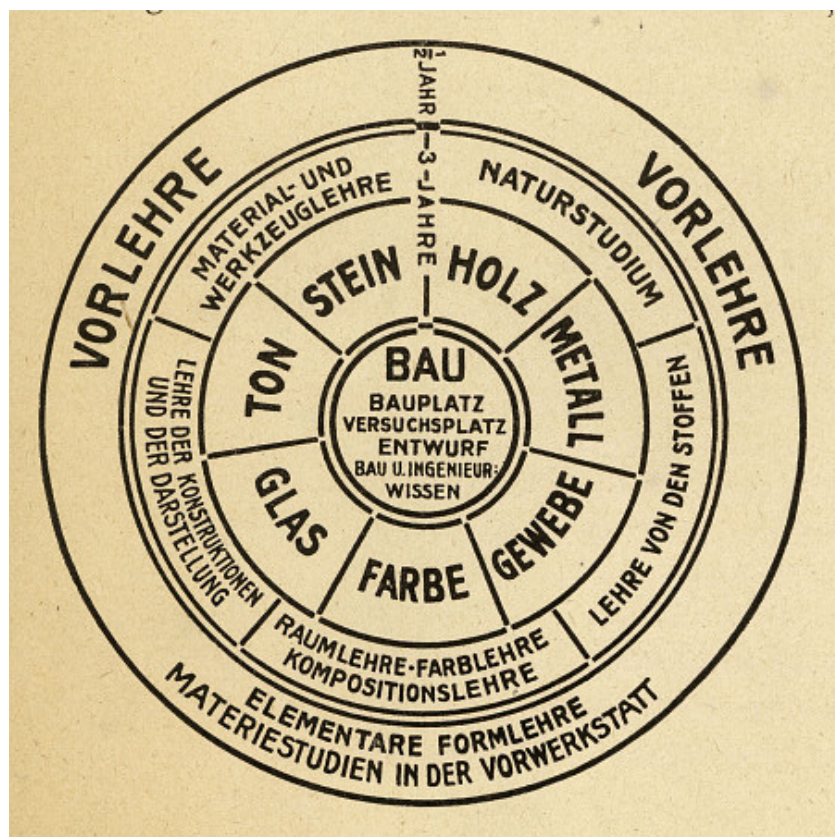
Mais tarde, em 1919, Gropius funda a escola da Bauhaus, esta passa a ser a ferramenta mais adequada para o exercício, propagação e desenvolvimento desta ideia. Da escola de *“forma e cor”* Gropius extrai progressivamente a sua ideia de arquitetura, o *“racionalismo de Dessau”*. As relações de vanguarda, com Arbeitsrat für Kunst³ e a colaboração com Adolf Meyer constituem os capítulos centrais da cultura arquitetónica do século XX, ainda que interrompidos pela necessidade de aproximar-se cada vez mais de um sistema capaz de libertar arquitetura da linguagem, da história e dos estilos.

Arquitetura racional de Gropius é particularmente distinta da definição de funcionalismo puro, não se baseia simplesmente numa metodologia exclusivamente construtiva somente motivada

¹ Associação Alemã de Artesãos

² N. A., Deutsche Werkbund-Ausstellung, Berlim, 1913

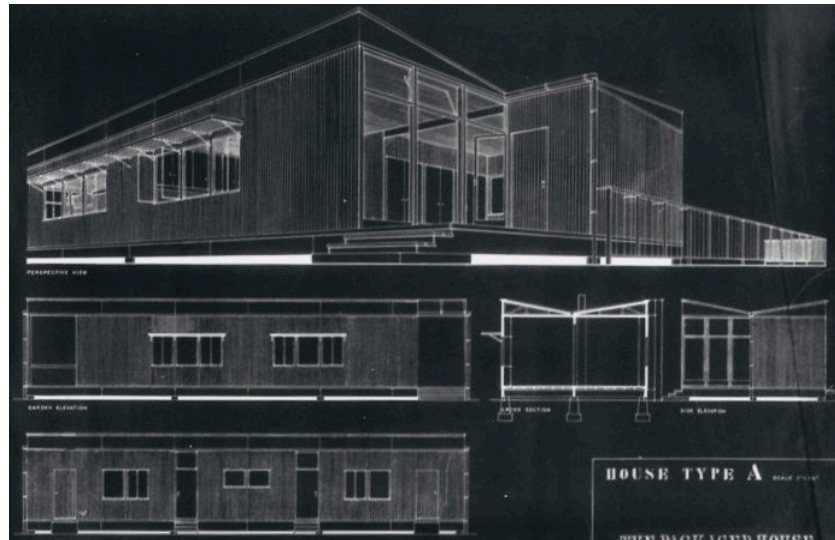
³ Conselho de Trabalhadores da Arte



I Diagrama de propaganda do programa da Bauhaus

pela procura e utilização de tecnologia de ponta, mas nasce a partir de uma análise objetiva da realidade. Durante os anos da Segunda Guerra Mundial, Gropius encontra-se numa crise de reflexão sobre a definição duma identidade entre moderno e o racional será mais difícil. É durante estes anos que Gropius clarifica as suas ideologias e ambições projetais, esclarece *“O que procuro não é um novo estilo, mas sim uma nova maneira de pôr os problemas”*⁴, não é apenas o uso de matérias de vanguarda mas a introdução desses mesmos materiais e métodos construtivos que exigem uma simbiose feita de forma, tecnologia, biologia, sociologia e psicologia, é introduzir as potencialidades dos materiais contemporâneos ao *“encontro de uma expressão regional, indígena, derivada do ambiente, do clima, da paisagem e dos costumes do povo”*⁵.

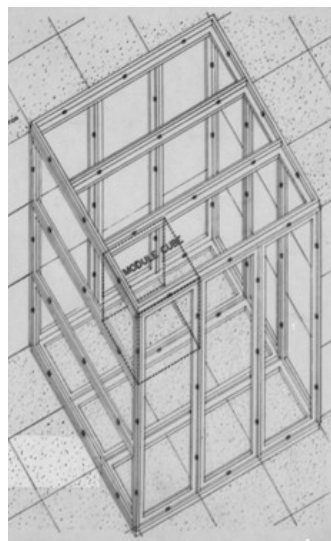
2 Desenhos gerais da casa tipo A



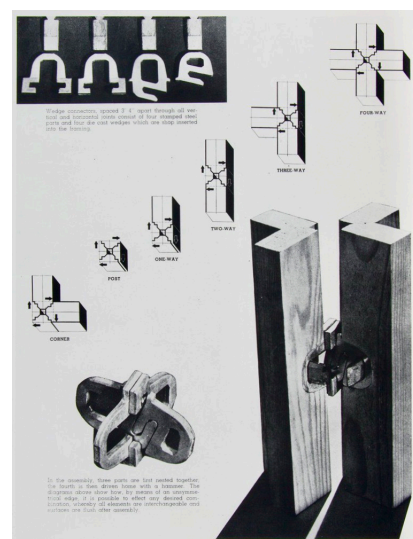
3 Kit de componentes à construção de uma casa



4 Axonometria do esquema estrutural



5 Sistema de uniões entre elementos



Casos de Estudo: Packaged House System (1942/1945)

“*Packaged House*” ficou mais conhecido pela sua riqueza conceitual, nunca tendo sido totalmente executado comercialmente a grande escala como se proponha. Elaborado juntamente com Konrad Washmann para a General Panel Corporation, na qual Gropius é vice-presidente, este conceito consiste num sistema de elementos pré-fabricados em madeira em quantidade para a construção de um edifício previamente escolhido a partir de um catálogo. Os elementos eram entregues montados em obra num curto espaço de tempo, o verdadeiro significado de uma casa numa embalagem. Na génese deste conceito está todo o trabalho desenvolvido através da Bauhaus. Um projeto extremamente completo que vai desde arquitetura do edifício ao desenho do mais ínfimo objeto no seu interior juntamente com uma industrialização do desenho arquitetónico e peças de alto desenho.

A Extrema versatilidade do painel junto com sua leveza e o seu preenchimento fazem com que o transporte e manuseamento sejam económicos, pela não necessidade de maquinaria pesada e a montagem simples graças ao sistema de encaixe entre todos os elementos. Todas as superfícies do edifício deveriam ser criadas a partir dos mesmos painéis: paredes exteriores, divisórias internas, lajes de piso, tetos e cobertura, com uso da mesma modulação permitia configurações aparentemente infinitas. Esse encaixe de todos estes elementos era assegurado através de um complexo sistema de junções que permite uma notável variedade de combinações adequadas às múltiplas exigências e foi considerado por Gropius a parte fulcral deste conceito.

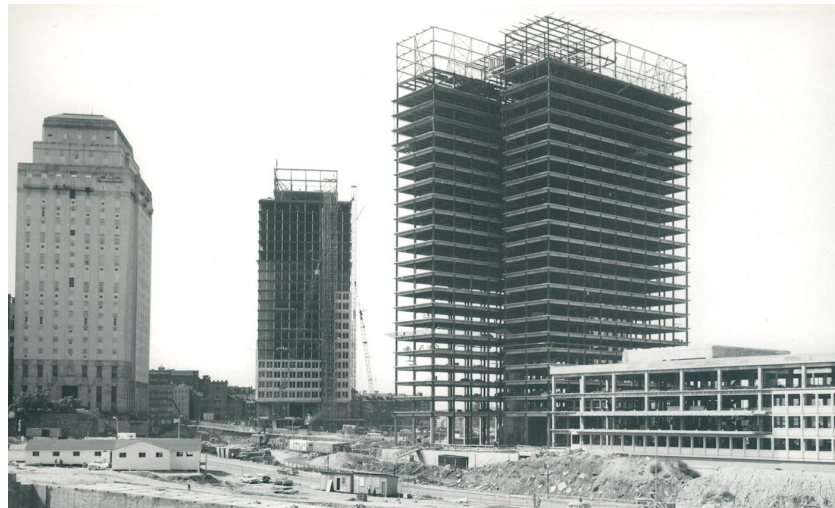
O “*Joining System*”, assim denominado e patenteado por Walter Gropius, funciona quase como uma pré-fabricação dentro de uma pré-fabricação. Este sistema é baseado em 4 tipos de conexões diferentes que eram usados para agregar todos os tipos de elementos, desde elementos estruturais como união de vigas à cobertura à incorporação dos aros das portas aos painéis de parede.

Um aspecto inaudito do projeto reside nas qualidades “*abstratas*” da casa, em sua uniformidade e precisão. A “*Packaged House*” proporcionou um novo nível de sofisticação tridimensional à pré-fabricação.

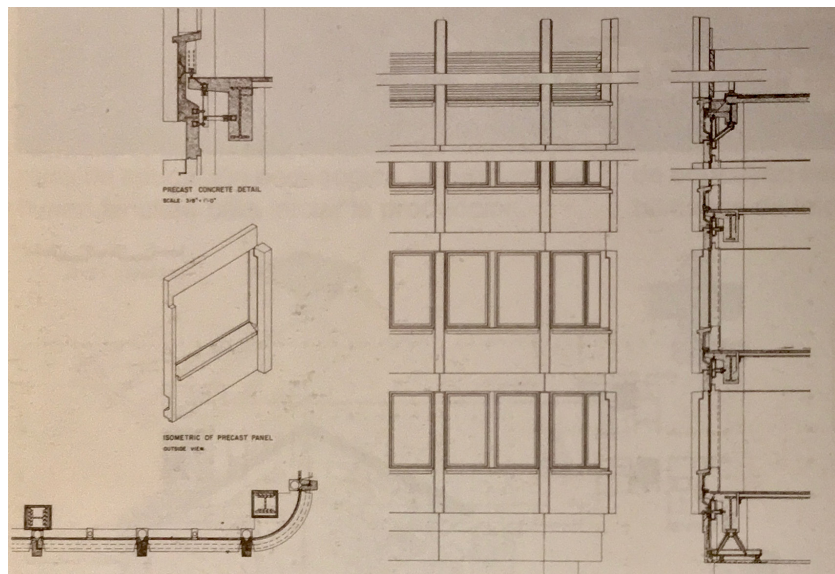
6 Vista geral sobre o edifício



7 Torre em construção numa fase estrutural



8 Pormenor construtivo da fachada, do elemento pré-fabricado que se repete e a sua união à estrutura do edifício



Casos de Estudo: Escritórios Federais John Fitzgerald Kennedy, Massachusetts (1961)

Este projeto consistiu não só no desenho de um edifício isolado mas sim faz parte de um novo centro governamental idealizado para revitalizar uma área degradada do centro de Boston onde se processaram demolições importantes dentro da hipótese de revitalização terciária com intervenções de alta densidade de construção. O edifício situa-se diante do edifício Municipal partilhando a mesma praça.

O edifício do componente vertical de 26 pisos apresenta-se em dois blocos ordenados segundo um eixo longitudinal com o núcleo de serviços no centro baseando-se na distinção funcional clara entre o corpo dos escritórios e o dos apartamentos dos funcionários do governo, otimizando assim de uma maior superfície de fachada para o bloco de escritórios e de habitação.

Estrutura do edifício é essencialmente constituída por pilar e viga em aço com exceção do núcleo de elevadores e escadas revestido com peças de betão armado tradicional, ou seja, de execução em obra. As lajes usam o sistema de lajes pré-fabricadas standards muito semelhantes às lajes alveolares pré-fabricadas usadas atualmente. Todos os elementos estruturais que permaneciam visíveis no interior dos espaços e no exterior do edifício foram também posteriormente revestidos por placagem de betão.

Para a fachada do edifício foi usado o sistema de pré-fabricação. Este consistia no desenvolvimento de uma painel em betão armado no qual faziam parte vários elementos que nele era integrados, tais como, vão, peitoril, janela e ainda pequenos elementos decorativos e de sombreamento. Este mesmo módulo de fachada pré-fabricada foi também usado em vários outros projetos de Walter Gropius desenhados na mesma época como por exemplo do edifício Pan Am de Nova Iorque, explorando assim ao máximo as potencialidades deste sistema construtivo.

CASOS DE ESTUDO

Pier Luigi Nervi

3.2

Pier Luigi Nervi

Pier Luigi Nervi, terminou a sua formação em engenharia civil em 1913, com um enorme interesse pela construção demonstrando desde sempre e sobretudo uma maior relevância no betão armado, onde explorou todas as suas potencialidades, desenvolvendo novos métodos de construção e realizando várias experiências na industrialização e pré fabricação, numa época em que se intensificou a construção de betão armado.

Percebendo a sua ideologia sobre o que é a construção, torna-se expectável todo o rumo que Nervi dedicou ao desenvolvimento do seu trabalho e suas ambições. Para Nervi, a construção é, inequivocamente, a mais antiga e importante atividade humana. É o resultado da satisfação das necessidades materiais do indivíduo e da sociedade e surge para expressar seus sentimentos mais profundos e espontâneos, reunindo num único trabalho manual de síntese, a organização industrial, teorias científicas, sensibilidade estética, grandes interesses econômicos e pelo próprio facto de criar todo ambiente na vida humana, essencialmente pelos seus aspetos multifacetados, pela sua durabilidade, pelos fatores estéticos, técnicos e sociais científicos de que dela fazem parte, é mais do que justificado considerar a atividade de construção como a síntese mais expressiva da capacidade de um povo, consequentemente faz de um edifício o elemento mais significativo para julgar o grau da civilização e o espírito de uma cidade.

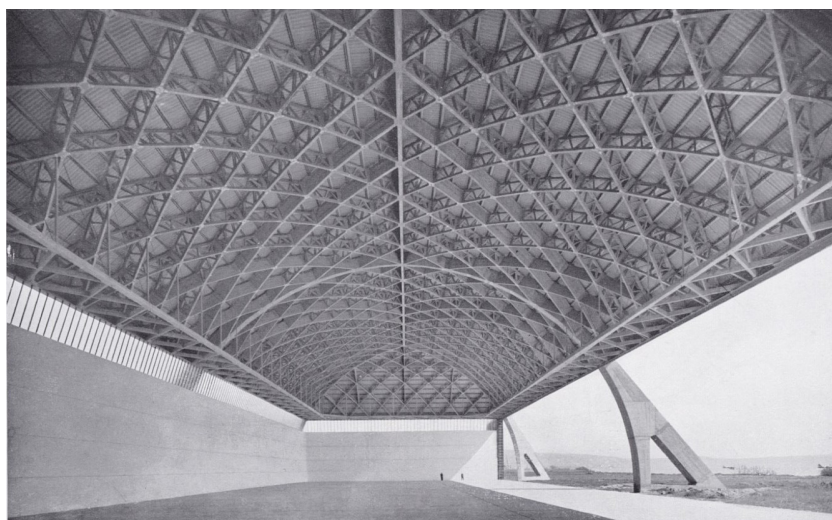
Obviamente, é impossível elevar a atividade de construção a um nível tão alto que cada construção se torna uma obra de arte, mas está dentro dos limites das possibilidades e seria de grande importância moral, econômica e social direcionar nossa construção para satisfação plena das características de boa funcionalidade, bom desempenho econômico, seriedade e postura estética, numa palavra para uma correção construtiva da qual estamos agora, muitas vezes, muito distantes.¹

Um processo de construção de grande interesse, que surgiu na década de 30 para enriquecer as possibilidades do betão-armado e enaltecer os ideias de Nervi, é o da pré-fabricação. Este consiste na construção de um complexo resistente, conectando elementos de betão armado pré-fabricados e tornando-os estaticamente conglomerados com alta resistência. As primeiras aplicações significativas da pré-fabricação estrutural, em que Nervi teve a oportunidade de projetar e executar, foi os grandes hangares com uma estrutura geodésica construída nos anos 1940-41.

Este projeto consistiu na construção de 6 hangares de 100 x 40 x 12 m e é uma evolução do projeto para R. Aeronáutica executado em 1935, na cidade de Orvieto. Este novo projeto trouxe essencialmente duas melhorias importantes: a simetrização dos pilares e com isso reduzidos

¹ I NERVI, P., *Costruire Correttamente*. Milano, 1965, pág. 34

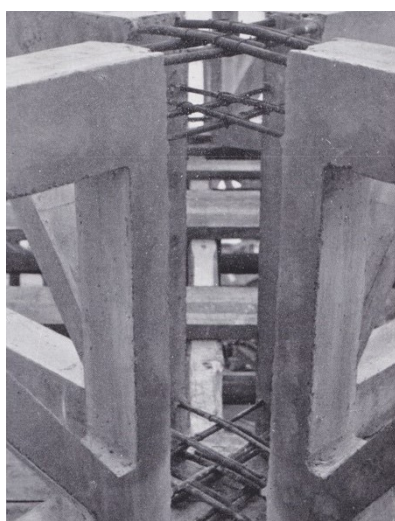
9 Interior do Hangar



10 Estrutura pré-fabricada da cobertura do hangar



11 União dos elementos pré-fabricados das vigas da cobertura



12 Produção dos elementos pré-fabricados



somente a 6 pilares e a inserção da pré-fabricação dos elementos da estrutura reticular de toda a cobertura. O a cobertura em telhas de tijolo reforçado usado no hangar de 1935 foi também abolido e substituído por vigas pré-fabricadas de betão armado nas quais o telhado ondulado foi diretamente fixado. A pré-fabricação foi sugerida por razões econômicas e construtivas, com o objetivo de obter leveza intrínseca, uso mínimo de materiais e velocidade máxima de execução.

Através da pré-fabricação dos elementos das nervuras no chão e içando-os no lugar por guias, permitiu que eles usassem uma cofragem modular que pudesse ser retirado e reutilizado várias vezes, reduzindo radicalmente o tempo na construção e a quantidade de madeira da cofragem.

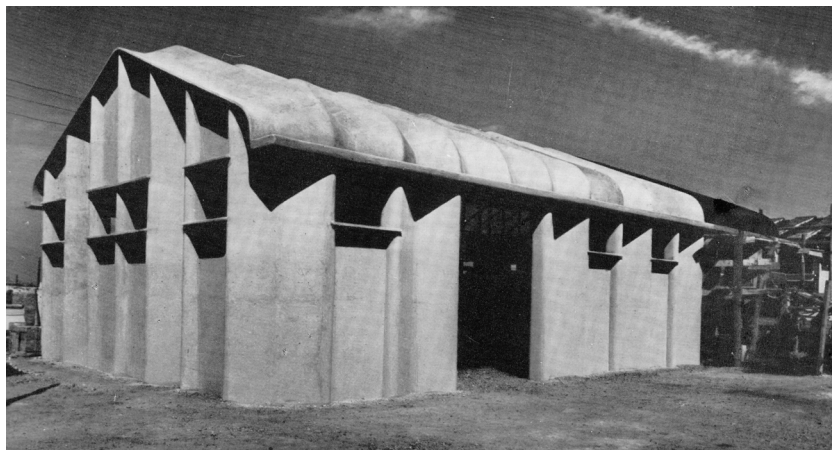
Os elementos reticulares pré-fabricados estavam disposto em forma de uma série de losangos (de planta quadrada); portanto, cada nó foi constituído por quatro elementos pré fabricados. Um dos maiores desafios foi a união estática dos vários elementos pré-fabricados. Tendo em conta que, através desses “nós”, se transmitem forças de compressão e tensão, é um ponto da estrutura potencialmente mais frágil. Esta interligação dos elementos pôde ser assegurada através de soldagem elétrica da armadura de aço previamente preparada e consequentemente revestidos com argamassa de alta resistência.

Este projeto pioneiro no seu tempo revelou-se foi essencial para Nervi testar e perceber o funcionamento deste tipo de construção, quer a nível de projeto quer em fase de execução e permitiu que Nervi clarificasse as vantagens e desvantagens deste sistema construtivo. Na essência, qualquer pré-fabricação requer um estudo de projeto muito mais preciso e abrangente do que o necessário para trabalhos com sistemas de construção mais tradicionais como o tijolo e betão armado feito em obra.

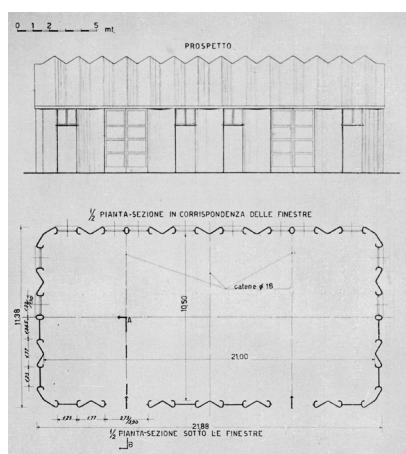
Os elementos pré-fabricados podem ser tanto em betão armado como noutros materiais como o ferro ou outras argamassas ou até mesmo a junção de vários materiais pré fabricados bem como permite também uma ampla gama de aplicações visto que permite a combinação dos sistemas de construção feitos em obra e os pré-fabricados, ou seja, torna possível no mesmo edifício uma perfeita harmonia entre o que é executado em obra e o produzido em fabrica. Considerando ainda que requer estudo mais difícil e delicado do que se poderia supor; dado que encontra muito poucos pontos fixos gerais ou teóricos, com os restantes sistemas construtivos tendo como base fundamentalmente na experiência, em analogias e, sobretudo, num trabalho de imaginação e rigor construtivo de modo a prever tão claramente quanto possível os várias fases de processamento, transporte e montagem, para que cada um deles possa ser definido com maior precisão.

Além dos méritos técnicos da pré-fabricação, foi importante para Nervi destacar suas características estético-arquitetónicas, que deriva diretamente de duas condições essenciais dos sistemas de pré-fabricação, a leveza intrínseca das estruturas e o ritmo rígido produzido pela combinação de elementos iguais um ao outro.

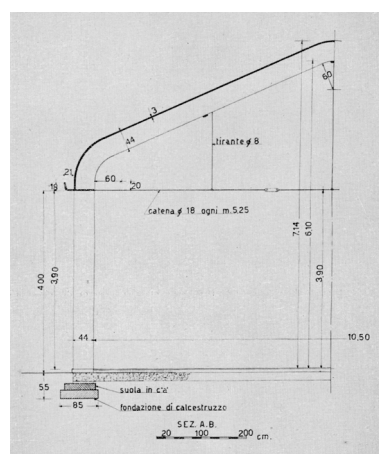
13 Armazém experimental
em Ferro-Cimento



14 Planta e alçado do
armazém



15 Corte do armazém



Deve-se notar também que, com a pré-fabricação, a execução de elementos com formas complexas não representa uma dificuldade construtiva, nem um aumento significativo nas despesas. De facto, com um número muito limitado de cofragens permite executar um grande número de elementos e, conseqüentemente, seu peso econômico (diferentemente das construções usuais de betão armado para as quais cada cofragem serve apenas uma vez) se torna secundário e pode ser canalizado para outras partes do projeto.

Os maiores desafios nos procedimentos pré-fabricados descritos por Nervi foi dado pela proporção do peso e das dimensões dos elementos, em relação ao equipamento mecânico que pode estar disponível na época ou que deve ser preparado para a elevação e instalação dos próprios. Na maioria das vezes, é necessário um estudo real de andaimes e meios de transporte horizontais e verticais e cuja eficiência no sucesso do trabalho permanece confiada. Outra dificuldade foi dada pela inexperiência dos trabalhadores, empreiteiros e assistentes, que com dificuldade se destacam dos trabalhos dos sistemas e métodos tradicionais, tornando difícil acostumá-los à precisão absoluta das medições necessárias nas pré-fabricações, cujas tolerâncias, são evidentemente muito menores do que as permitidas nas construções comuns.

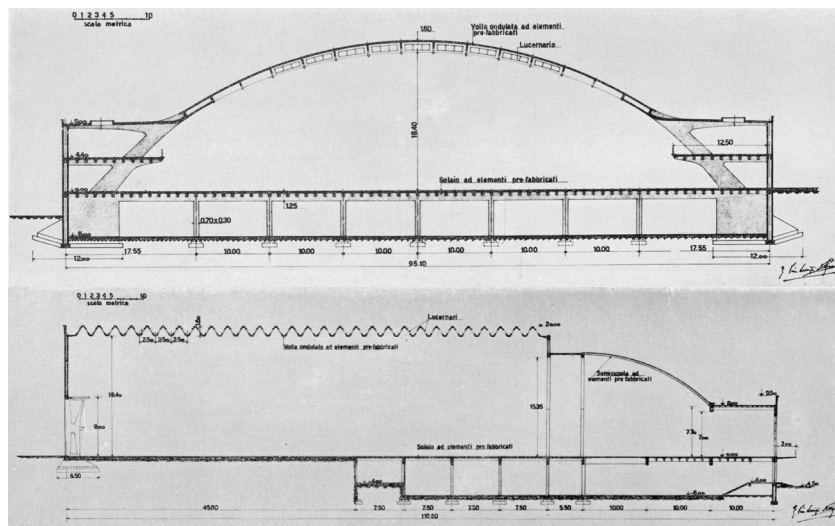
Pier Luigi Nervi fez uma contribuição considerável para a indústria da construção por meio de novos processos de produção como a pré-fabricação, mas também com inovações em materiais como o Ferro-Cimento, que foi desenvolvido e patenteado por Nervi e Bartoli. Na base conceitual deste novo tipo de estrutura Ferro-Cimento foi a observação, das emendas das armaduras de aço no betão armado e de sua variação em relação à subdivisão e distribuição destes na argamassa de determinada estrutura.

O ferro-cimento consiste então na utilização de uma forte mistura de argamassa de cimento, montada sobre uma densa camada de tela metálica. A argamassa consistia em vários tipos de inertes em doses variáveis com um rácio de 400 a 500 kg de cimento Portland por m³ de areia. As redes eram formadas com arame de ferro macio, com diâmetro de 0,5 a 1,5 mm, com malha regular de cerca de 10 cm e um peso que variava entre 0,600 a 1,5 kg por m². Estas redes eram a parte fundamental deste processo e podiam ser dispostas as camadas de rede necessárias desde que dispostas desfasadas com a anterior: O material resultante tem muito pouco em comum com o betão armado usual, mostrando todas as características mecânicas de um material homogêneo tornando possível formar superfícies muito finas, mas com excecional flexibilidade e elasticidade e excelentes capacidades resistentes principalmente a forças de tração.

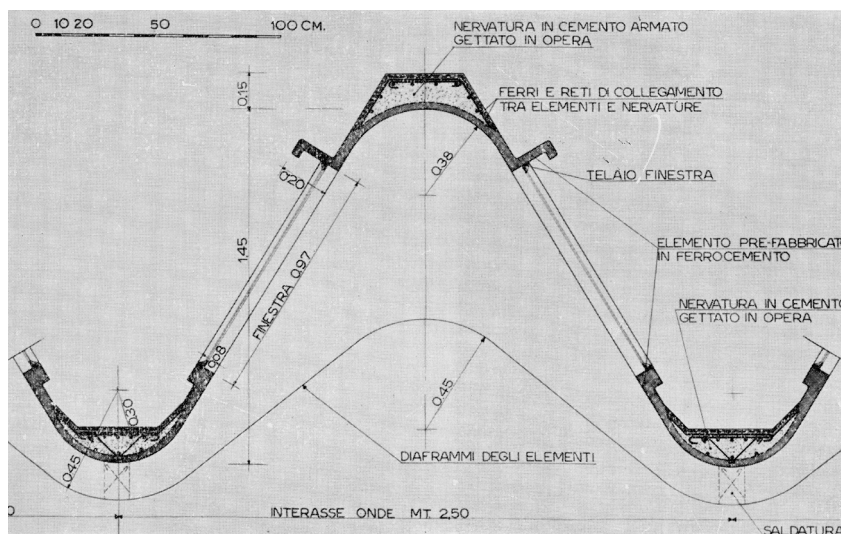
Passando para o campo da construção, uma primeira realização foi feita em 1946, para fins experimentais, pela Ingg Company. Nervi e Bartoli para um armazém em seu armazém em Roma. As paredes e revestimentos têm cerca de 3 cm de espessura e adquirem capacidades resistentes exclusivamente devido ao efeito da ondulação. É evidente que uma estrutura desse tipo construída com os sistemas tradicionais exigiria o uso de cofragens que não poderiam ser alcançadas em termos de custo e tempo, enquanto a solução com elementos de betão armado pré-fabricados



16 Cobertura do pavilhão de exposição de Turim



17 Cortes longitudinal e transversal do pavilhão



18 Corte costruttivo do elemento pré-fabricado da cobertura

teria sido igualmente difícil devido à laboriosa preparação dos mesmos e ao seu peso excessivo. O ferro-cimento por sua independência em relação às formas, por sua leveza intrínseca (a espessura dos elementos é inferior a 4 cm) e capacidade resistente, proporcionou a solução mais simples e satisfatória para o problema complexo.

Com a continuidade do desenvolvimento e aplicação deste novo material em alguns trabalhos em que o “ferro-cimento” não apenas encontrou uma aplicação interessante e conveniente, mas também se tornou um fator decisivo, tanto do ponto de vista técnico quanto arquitetónico. Confrontado com as dificuldades no projeto telhado do salão central de Turim-Esposizioni em 1948 que o confrontou com a necessidade de implementar outro tipo diferente de pré-fabricação estrutural, uma fusão da pré-fabricação com o “ferro-cimento” e betão armado tradicional executado em obra revelando-se uma das mais notáveis dessas aplicações.

Uma estrutura desse tipo construída com os sistemas usuais exigiria o uso de cofragens que não poderiam ser alcançadas em termos de custo e tempo, enquanto a solução com elementos de betão armado pré-fabricados teria sido igualmente difícil devido à laboriosa preparação dos mesmos e ao seu peso excessivo. O “ferro-cimento” por sua independência em relação às formas, por sua leveza intrínseca (a espessura dos elementos é inferior a 4 cm) e capacidade resistente, proporcionou a solução mais simples e satisfatória para o problema complexo levantado neste projeto. A maior problemática em todo este projeto foi acima de tudo a abóbada que é formada pela união de elementos pré-fabricados de “ferro-cimento”.

Para a cobertura deste edifício, Nervi pretendia obter uma grande superfície ondulada que permitisse não só transpor um grande vão, aproximadamente 95 metros, mas também que permitisse a maior iluminação natural possível. A solução foi uma peça pré-fabricada ligeiramente ondulada em “Ferro-Cimento” com 2,50 metros de largura por 4,50 metros de comprimento e altura máxima de cerca de 1,50 metros. A junção destes elementos depois de dispostos na localização correta, deixando um espaço de cerca de 4 cm entre dois elementos adjacentes, posteriormente preenchidos com argamassa com a adição de umas nervuras de betão armado executadas em obra, construídas nas cordilheiras e nas cavidades das ondas, constituiriam a conclusão do sistema resistente estrutural formando uma viga. A utilização deste método construtivo permitiu não só uma solução estrutural fiável e económica, mas também uma velocidade de execução elevada e simples o que permitiu uma taxa de 20 elementos por dia equivalente a 200 m².

Foi desde então que este sistema construtivo de facto se revelou vantajoso como esperado. Não só foram comprovadas as vantagens económicas para o cliente e para o construtor que rentabilizava tempo, mas também revelando um potencial arquitetónico enorme. Além de exigir uma maior criatividade e rigor do arquiteto e engenheiro, no projeto, é exigido também alguns cuidados especiais, primeiro no transporte e toda a logística dos elementos pré-fabricados e no cinzelamento das superfícies, através de um abundante umedecimento e compactação da argamassa ao moldar os nós, para assim garantir uma aderência quase perfeita entre os elementos, quer pré-

19 Procedimento de montagem dos reforços de betão armado e a cofragem das nervuras que completam o sistema estático do edifício.



fabricados ou executados em obra.

Durante a construção do edifício Nervi acrescentou que, sem as qualidades construtivas do “ferro-cimento”, toda a concepção arquitetónica e estrutural da obra teria que ser abandonada ou radicalmente alterada. Esta observação traz mais uma vez o destaque dos laços muito estreitos que combinam a ideia arquitetónica e a realidade da construção e verificar a inutilidade na procura de qualquer ideia arquitetónica e estrutural mais conceptual, sem base do método de construção correspondente.

I Área de intervenção



Hotel na Avenida da Boavista

O terreno para o projeto proposto situa-se numa das mais importantes avenidas da cidade do Porto a Avenida da Boavista, mais concretamente na zona entre o Foco e o Bessa. O terreno é atravessado por um arruamento executado recentemente moldando a proposta de intervenção em dois projetos distintos com programas também diferentes. O terreno mais a Norte, pertence ao quarteirão delimitado pelas Rua Azevedo Coutinho a Oeste, Rua António Maria de Sena a Sul, Rua dr. Marques de Carvalho a Norte e Rua de O Primeiro de Janeiro. A área de implantação nesse terreno está delimitada em dois quadrantes por dois edifícios de grande expressão urbanística e de diferentes funcionalidades. A Norte pelo Hotel Bessa e a Este por um edifício de habitação coletiva.

O segundo terreno, a Sul, faz parte do quarteirão delimitado a Norte pela Rua António Maria de Sena, a Sul pela Avenida da Boavista, Oeste pela Rua Azevedo Coutinho e Este Rua de O Primeiro de Janeiro. Sendo que neste terreno encontra-se uma empena num dos lados do terreno, a Este.

Os terrenos de implantação de estão integradas numa zona consolidada da parte fora da baixa cidade e servida por várias das principais vias rodoviárias da cidade do Porto, tais como a avenida da Boavista e a VCI (Via de Cintura Interna). Esta área de intervenção conta com usos do edificado bastante diversificado desde Habitação, Equipamentos, comercio e ainda espaços públicos e espaços verdes de utilização coletiva.

O programa divide-se em várias partes com diferentes fases de desenvolvimento. Numa fase inicial, consiste na elaboração de um plano geral para a área a uma maior escala. Também deverá ser desenvolvido em paralelo um edifício com aproximadamente 8.000m² a uma escala de maior pormenor.

2 Vista aérea da área de intervenção



Análise do local

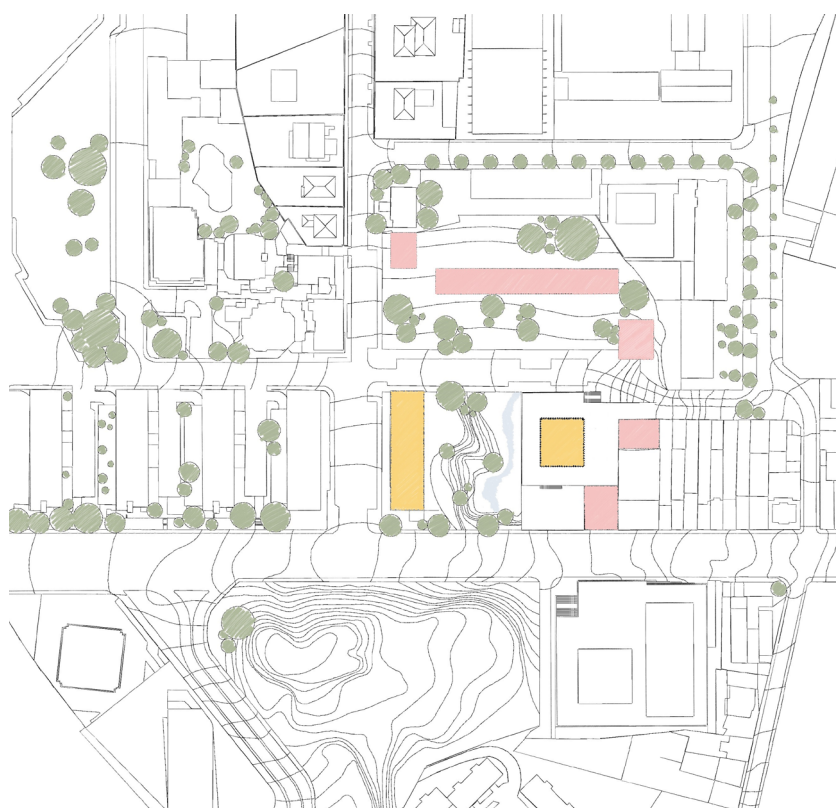
Depois de uma análise a esta área a tipologia de edificação predominante é habitacional, em interação com alguns equipamentos de grande importância para a cidade, como Escola Secundária Clara de Resende, estádio do Boavista Futebol Clube, e o complexo do Foco existindo também edifícios de pequeno comércio juntamente com edifícios de escritórios e ainda uma demarcada presença edifícios hoteleiros. Um pouco mais afastados dos terrenos de implantação podemos encontrar edifícios de grande interesse como a Casa da Música e Casa das Artes. Apesar de ser uma zona habitacional nota-se também uma forte presença de edifícios de escritórios com grande impacto no *skyline* da cidade.

Relativamente às redes viárias da área de intervenção foi possível observar a existência de duas vias principais, a Avenida da Boavista e a VCI, fazendo estas a ligação entre a zona costeira com interior da cidade e uma via principal de distribuição do trânsito automóvel pela cidade e ligação com as cidades adjacentes ao Porto.

Existem também várias vias distribuidoras no eixo Norte/Sul, que juntamente com as vias distribuidoras locais perfazem o perímetro dos quarteirões. Com menor impacto na malha urbana existem algumas vias de acesso local, normalmente associadas a equipamentos ou edifício de habitação coletiva.

Em relação aos espaços públicos e espaços verdes de utilização coletiva é possível encontrar várias pequenas praças e largos junto aos equipamentos e apenas um espaço verde junto à zona habitacional do Foco. Em contrapartida, existem ainda vários espaços verdes de proteção e enquadramento ao longo de algumas vias, verificando-se ainda uma maior concentração destes espaços ao longo da Via de Cintura Interna (VCI) e a Avenida da Boavista.

A área de enquadramento do projeto, é constituída ainda por o que foi considerado terraços de uso público, resultantes de espaços exteriores de edifícios cedidos à cidade, como por exemplo o espaço circundante da Torre do Burgo. Foi também observado alguns edifícios como valor arquitetónico significativo, onde se destacam, o Foco incorporando os 4 blocos habitacionais, a igreja e o edifício do antigo Hotel do Foco e a Torre do Burgo, considerados importantes na malha urbana da área de intervenção.



3 Proposta Hotel

Proposta Geral

A proposta abrange dois terrenos distintos, um a Norte da rua Rua António Maria de Sena e outro a Sul. O programa consiste no desenvolvimento de um Hotel de 4 estrelas juntamente com uma proposta de vários edifícios de tipologias e usos que pareçam adequados juntamente à proposta global.

Deste modo, em primeiro lugar foi obvia a definição do terreno Sul para a implantação do hotel, pois este passava a usufruir de uma relação direta com a Avenida da Boavista, deixando assim o terreno a Norte para os restantes edifícios que seriam sobretudo de uso habitacional com um edifício exceção que poderá ser de uso comercial ou um pequeno equipamento. Outro fator determinante que reforça esta escolha recai sobre, depois de uma análise das tipologias e volumetrias da envolventes à Avenida da Boavista propôs-se um edifício torre no terreno Sul e um conjunto vários edifícios de menor escala de modo a fazer a ligação entre a torre e a maior escala de edifícios presente na Avenida da Boavista e os edifícios de menor escala que integram o quarteirão do terreno Norte.

Para o terreno Norte foram propostos 3 edifícios. Um edifício habitacional de maior área de implantação que perfaz a frente da Rua António Maria de Sena e tenta colmatar a empena causada pelos pisos enterrados do Hotel Bessa sem interferir com a vista dos quartos nos pisos superiores, outro edifício habitacional de uma menor escala que completa a frente da Rua Azevedo Coutinho e fecha o quarteirão e um edifício excecional também na Rua António Maria de Sena de modo a colmatar a vista para a empena e traseiras de um edifício existente e tornando também o limite do terreno com o espaço publico mais claro mas subtil.



4 Distribuição programa

Hotel

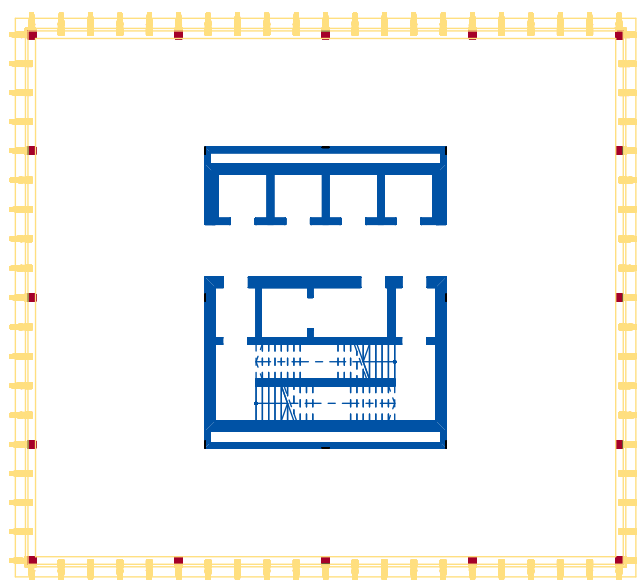
O programa do hotel consiste em 9 áreas: área 1 recepção/Lazer que contem o bar e uma sala de conferencias, área 2 administração, área 3 Restaurante, área 4 sala multiusos, área 5 , 6 e 7 que consistem em 192 quartos duplos, 2 quartos de mobilidade condicionada e 12 suites respetivamente, área 8 lazer/health club do qual inclui uma piscina interior e a zona dos Serviços da qual fazem parte a lavandaria, cais de cargas e descargas e áreas técnicas.

Para a sua Implantação prestou-se maior atenção aos edifícios adjacentes, de um lado marcado pelos quatro blocos habitacionais do Foco e o seu percurso pedonal e no lado oposto as empenas dos edifícios existentes. Foram então propostos três edifícios com volumetrias diferentes de modo a melhor integrar-se com a envolvente. Um pequeno edifício habitacional com frente para a Rua Azevedo Coutinho e dois edifícios pertencentes ao hotel, a torre com todas as funções principais do hotel e um outro volume que vai buscar a forma do Foco e corresponde à sala multiusos que assim se torna completamente autónoma em relação ao hotel.

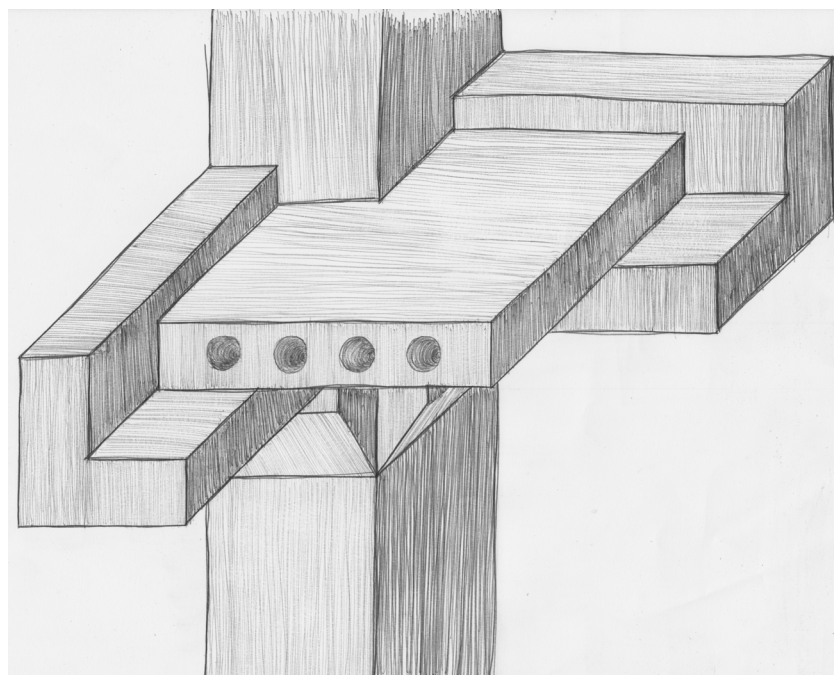
Outro condicionante para o projeto é nos dada pelo terreno, que conta com a presença de uma linha de água que o divide ao meio transversalmente. Depois de acatadas todas estas condicionantes, surge automaticamente o local de implantação do volume principal, que se destinará ao hotel, a torre. A zona da linha de água é mantida, mas redesenhada para permitir incorporá-la num jardim para usufruto do hotel. A torre tem como base uma pequena praça através da qual é feita a entrada para o lobby principal do hotel. Esta praça tenta estabelecer uma ligação entre as diferentes cotas das duas ruas adjacentes, permitindo assim o seu atravessamento pedonal e também é para onde se abrem os espaços comerciais dos outros dois edifícios que constituem este quarteirão. Esta praça corresponde um piso -1 ,semienterrado, abaixo da cota da Avenida da Boavista, mas com entrada de nível com a Rua Azevedo Coutinho para a garagem. Este piso além da entrada do estacionamento corresponde também ao Health Club, piscina e sala de conferencias. Estas áreas obtêm privacidade em repleção à envolvente tirando partido da diferença de cotas e tomando partido em toda a extensão do conforto e proteção cedido pelo jardim e linha de água.

Os restantes pisos do hotel destinam-se, ao bar no piso 1, quartos do piso 2 ao 16, suites piso 17 e 18 e o restaurante no último piso. Conta ainda com um piso -2, totalmente enterrado, destinado exclusivamente a estacionamento e cais de cargas e descargas. Faz também parte do hotel um outro volume, na frente de rua com um dos edifícios do foco, correspondente ao pavilhão multiusos, que deste modo, funciona de forma totalmente independente do resto do hotel fazendo a transição e dando continuidade aos percursos entre os blocos habitacionais do foco e o volume da torre, mas usufruindo também do jardim e linha de água.

5 Esquema de diferentes elementos estruturais
 ■ - betão armado
 ■ - betão armado
 ■ - betão armado
 ■ - betão armado
 ■ - betão armado



6 Axonometria estrutura pré-fabricada standard de betão armado



Escolha pela pré-fabricação

A ideia para uma construção recorrendo à pré-fabricação inicialmente surge como resposta de um método construtivo a uma construção de vários edifícios de grandes dimensões. Não só quando considerado toda a área de construção, mas também o seu impacto a nível de estaleiro de obra e o impacto que isso teria tanto a nível monetário como impacto no ambiente e no normal funcionamento da cidade, visto se localizar de uma zona e numa via das mais importantes da cidade. Mas também o desafio arquitetónico de projetar um hotel tem como base a repetição do seu módulo principal, o quarto. Partindo deste gesto achou-se que seria interessante, fazer transparecer a ideia de partindo da modelação de partes para uma construção que perfaz o todo. Volumetricamente a implantação do edifício em forma de torre enfatiza esta ideia de repetição no sentido em que se reduz a planta do piso a um núcleo de serviço e distribuição rodeado perifericamente pelo elemento principal o quarto, construindo assim em altura, tanto o programa necessário para o hotel como a construção desta ideia arquitetónica da produção de elementos em serie. Assim debruçou-se com maior pormenor no elemento base sobre a repetição que constrói o todo, salvo as exceções dos espaços sociais que exigiram outra atenção no desenho do espaço. Procurou-se para a imagem exterior do hotel enfatizar este noção de verticalidade, como denotar o rigor na repetição do programa ao criar a ilusão que o elemento arquitetónico da janela, moldura, se repete múltiplas vezes o espaço do quarto bem como enfatizar a verticalidade da torre, alterando assim a sua proporcionalidade, tendo em conta que a sua altura ficou limitada pela sua envolvente.

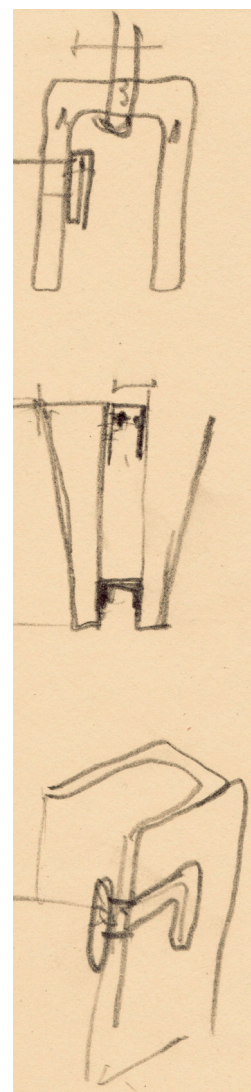
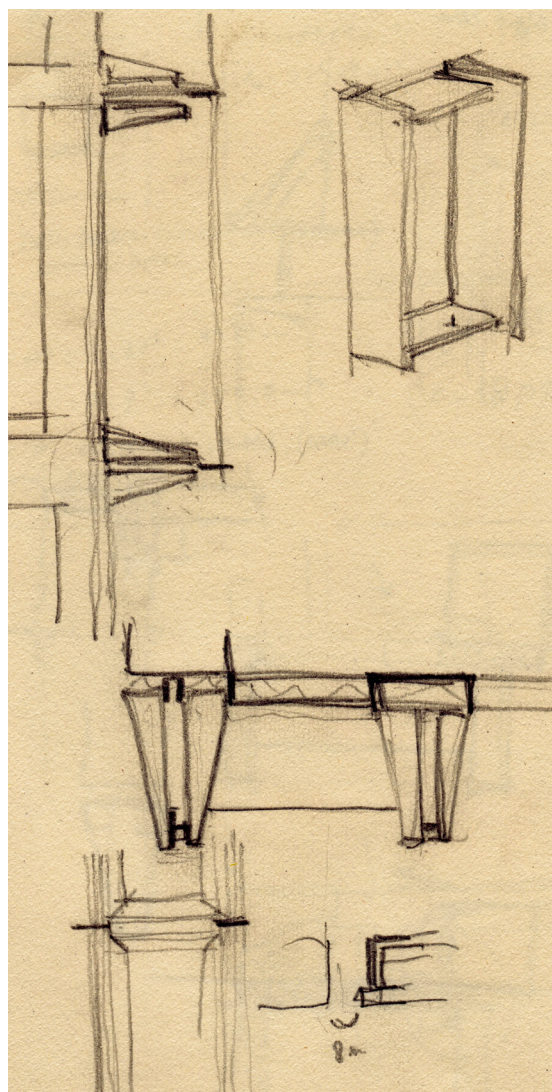
O uso da pré-fabricação não representa apenas a solução ao problema mas dadas as suas características apresenta também o grande desafio na concepção e desenho de todo o projecto. Depois de analisar os projetos dos casos de estudo não só foram identificados todos os cuidados a ter com este tipo de construção, mas também foi verificado uma nova dificuldade nos elementos prefabricados da fachada, que se prende com uma maior atenção e exigência no cumprimento das performances térmicas do edifício. Perante esta opção foi decidido explorar ao máximo este tipo de construção aplicando-a na maior quantidade possível, tentando utilizar elementos prefabricados standard e customizados garantindo uma maior interligação entre eles.

Foram usados componentes prefabricados em elementos estruturais e não estruturais. A estrutura tem como base uma estrutura porticada, com pilares junto à fachada e um núcleo central. O núcleo central corresponde às escadas, elevadores e incorporam também as courettes sendo a única parte de betão armado que é obrigatoriamente executado em obra devido à altura da torre. A restante estrutura é composta por um misto de elementos prefabricados standard tais como pilares e lajes alveolares, e elementos customizados vigas.

Para a fachada foi desenvolvido um elemento prefabricado de betão armado, único em todo o edificio da torre tendo sempre em conta uma intenção de acentuar a sua verticalidade

7 Desenho do elemento
pré-fabricado da fachada

8 Desenho conceptual
do sistema de fixação dos
elementos da fachada



juntamente com uma imagem de leveza. Estas duas fortes intenções foram o mote para desenho do elemento, não só na sua forma e volume, mas também estereotomia.

Usando uma forma que acentua a perspectiva, mais fina no topo causa sensação de subtilidade, ao mesmo tempo que uma diferente profundidade entre as partes verticais e horizontais do elemento, acentuam a verticalidade do edifício. Para além destas características, o elemento foi igualmente concebido de forma a receber o caixilho de fábrica.

Juntamente com o desenho do elemento foi também delineado o sistema de fixação do mesmo à estrutura do edifício. Inspirado na obra *Package Houses* de Walter Gropius, obra estudada no capítulo 3 – casos de estudo. Pretendeu-se dar supremacia à simplicidade de construção ao desenvolver sistema de encaixe que não necessite de acessórios de ligação como parafusos, tornando a sua aplicação o mais direta e célere possível.

No momento de idealização deste projeto foram considerados diversos momentos específicos para a sua execução. Primeiramente, em fábrica são executadas as peças de betão e respetivo sistema de encaixe.; seguidamente é-lhe posta a caixilharia; e por fim, as partes expedidas para colocação em obra. Com esta abordagem à construção do edifício procura-se, o máximo possível, otimizar e agilizar a obra *in situ* ao executar o máximo de componentes em fábrica.



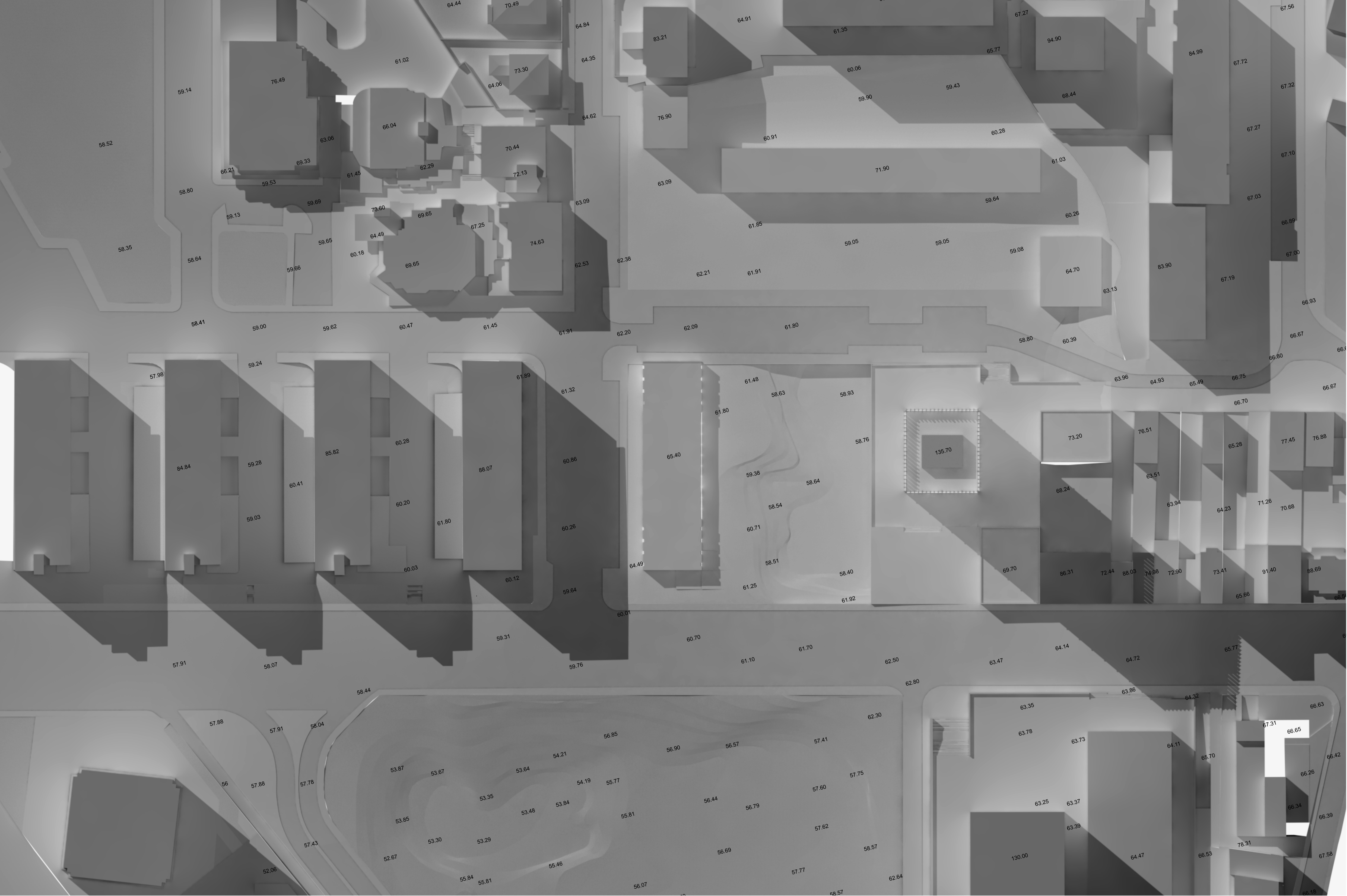
9 Imagem tridimensional da fachada

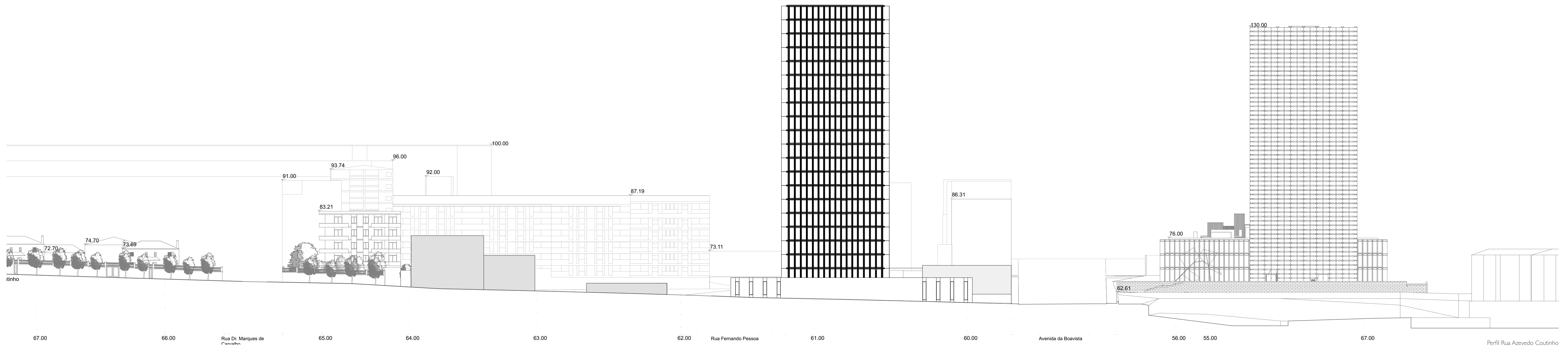
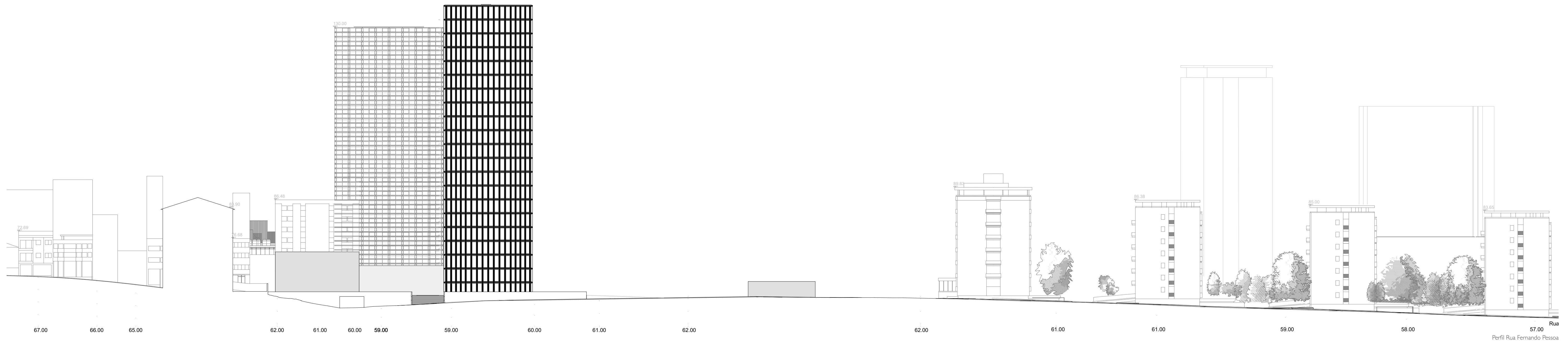
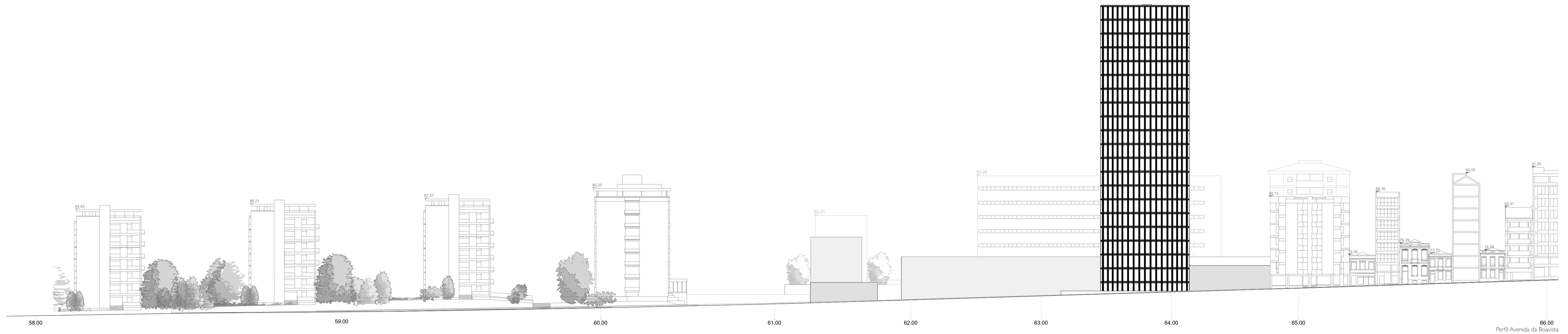


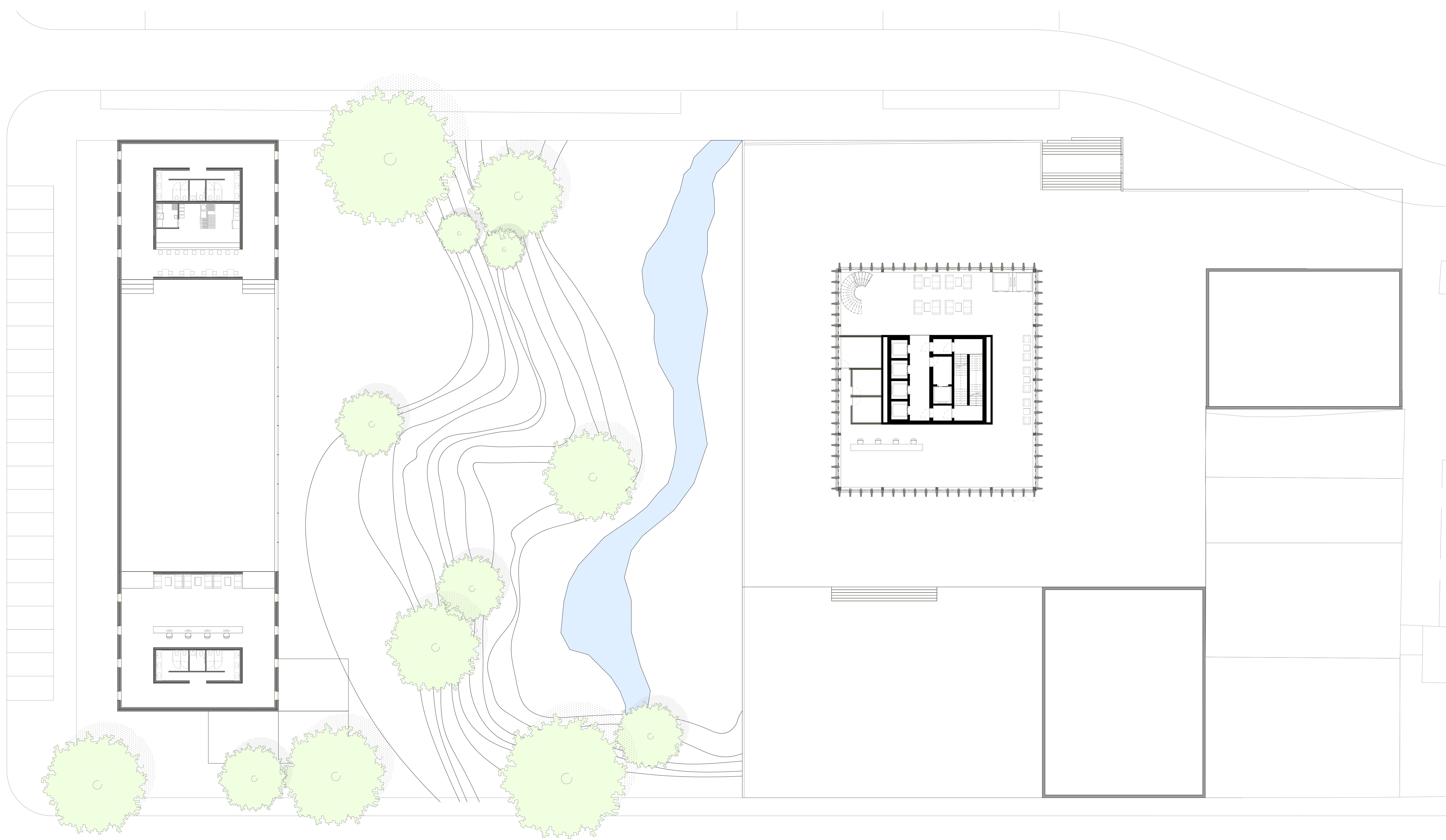
10 Imagem tridimensional
do painel pré-fabricado

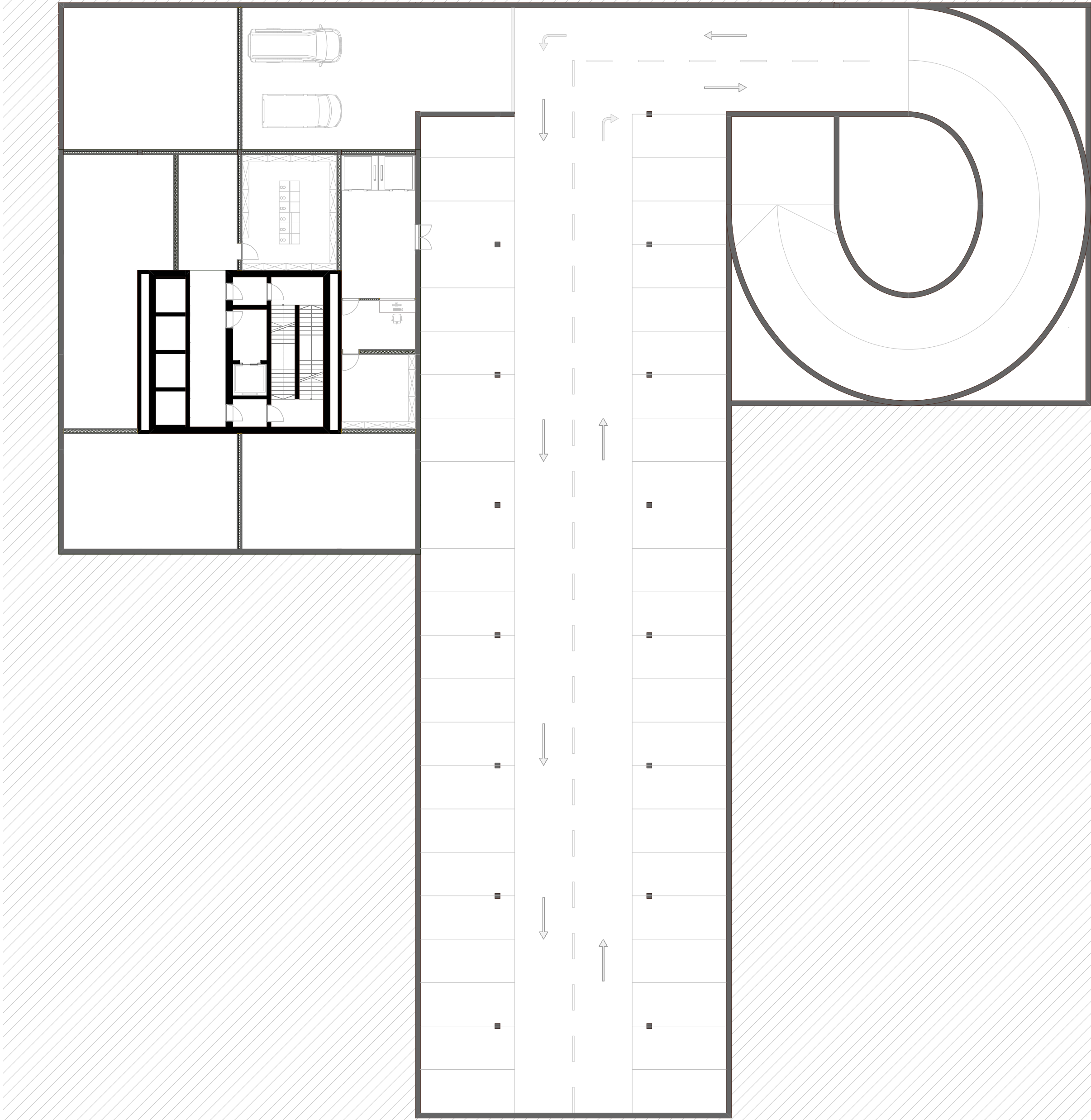
PROJETO
Peças Desenhadas

4.1

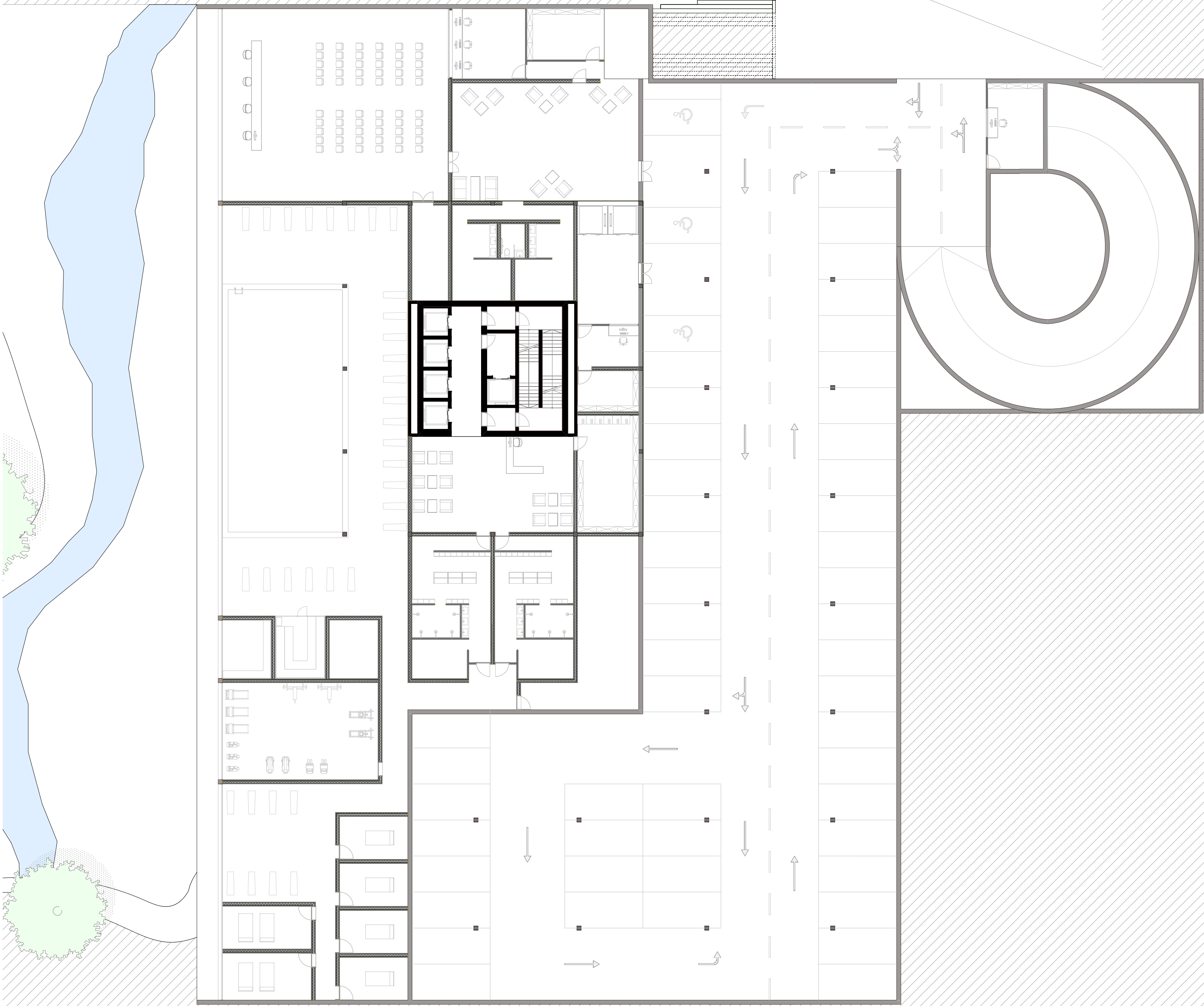




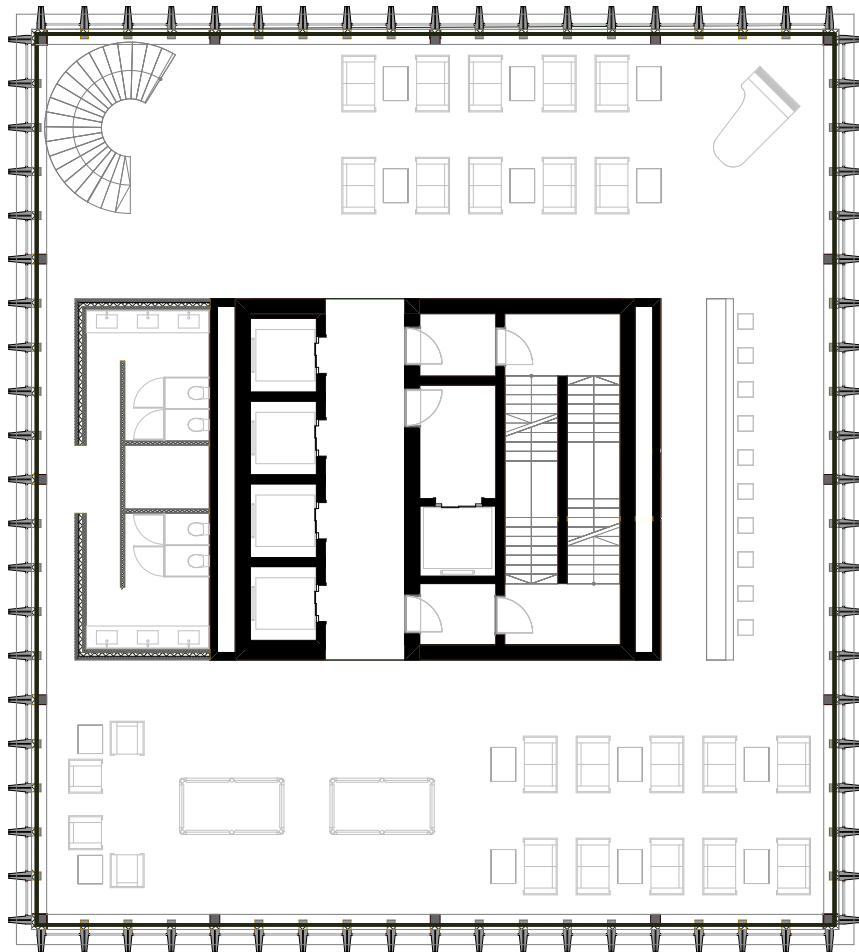




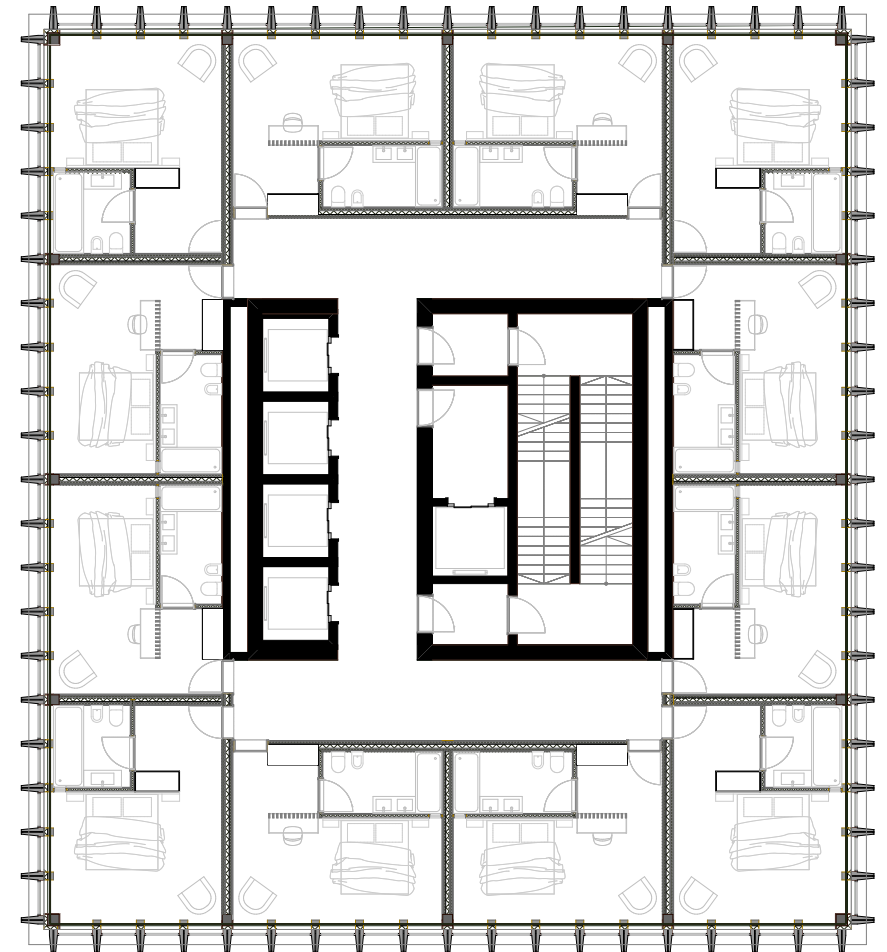
Planta do Piso -2



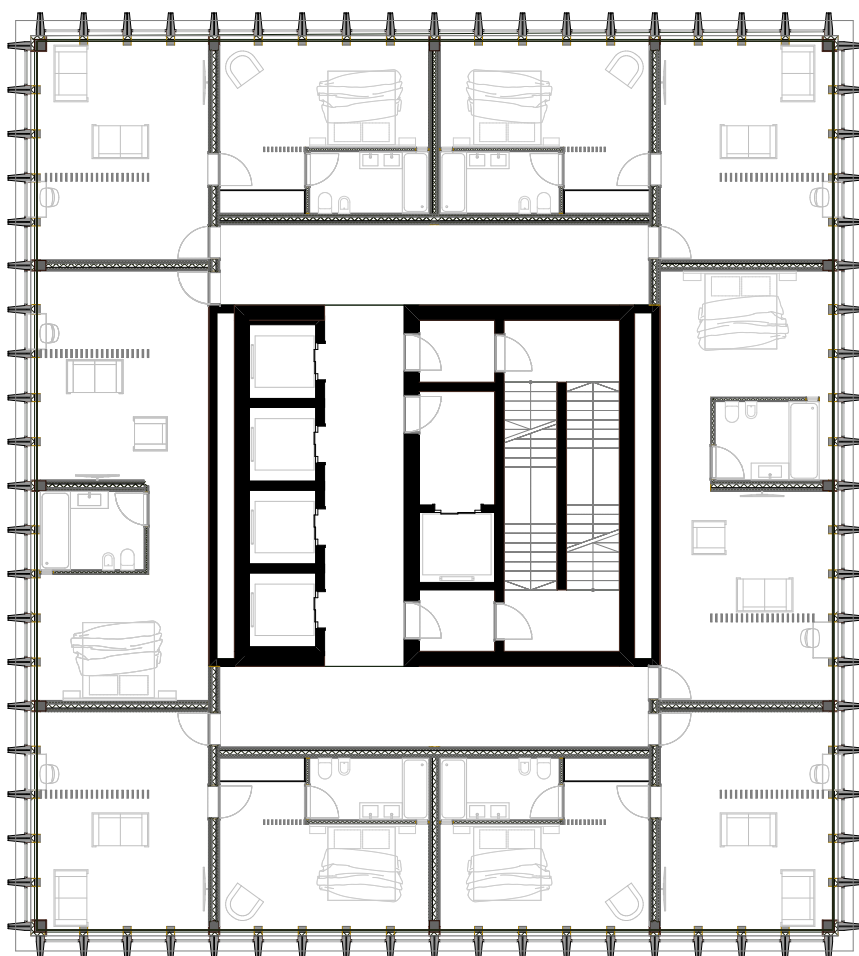
Planta do Piso -I



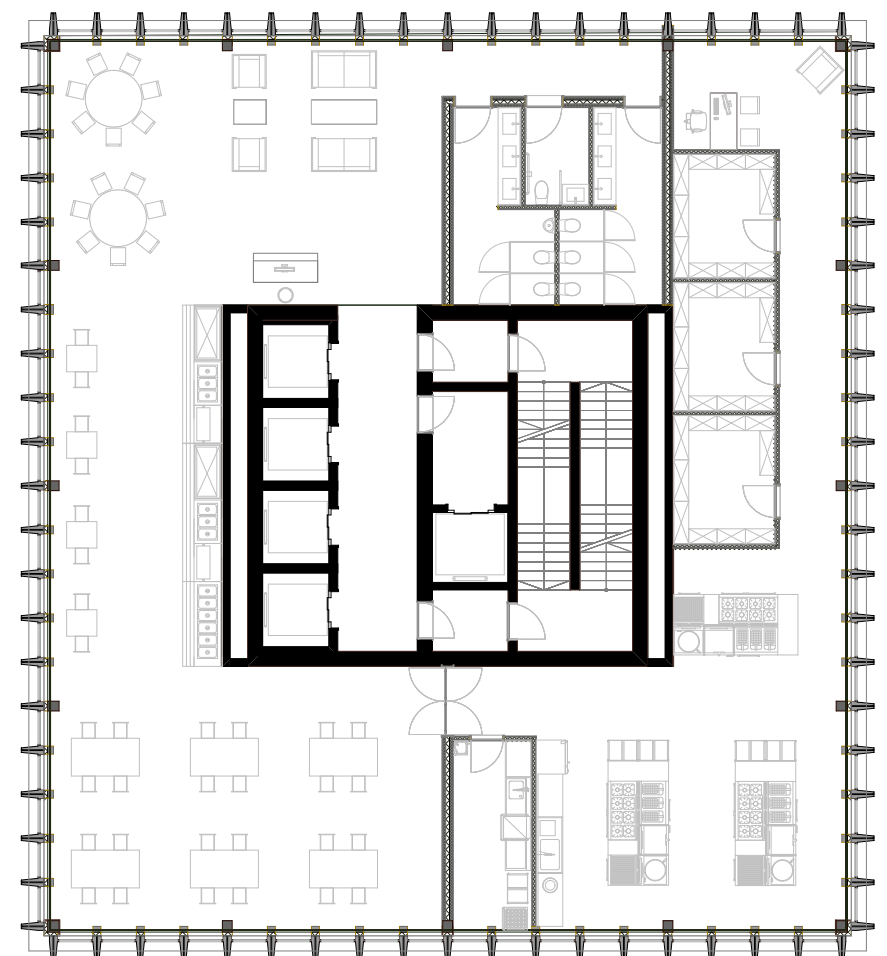
Planta do Piso I



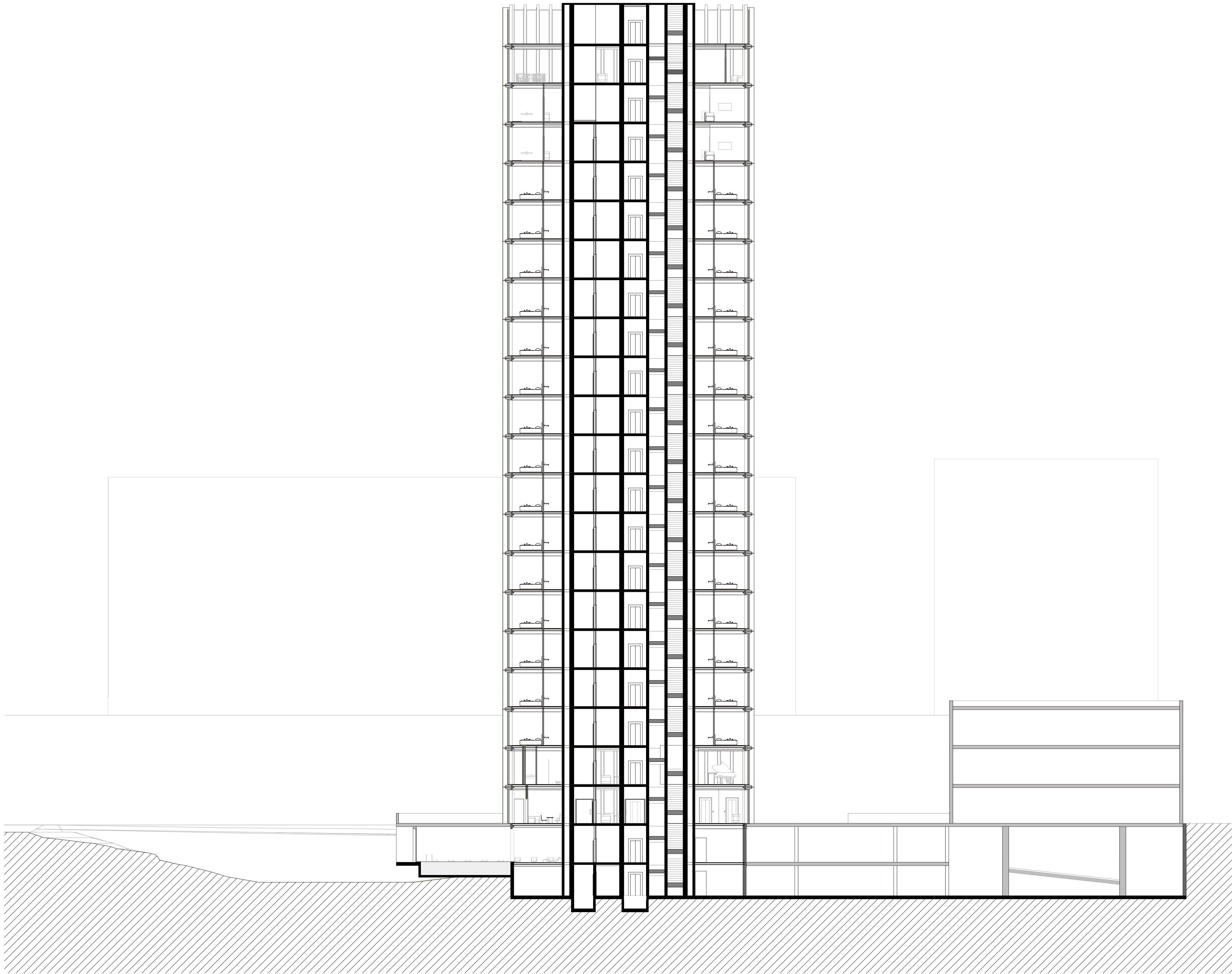
Planta dos Pisos 2 a 16



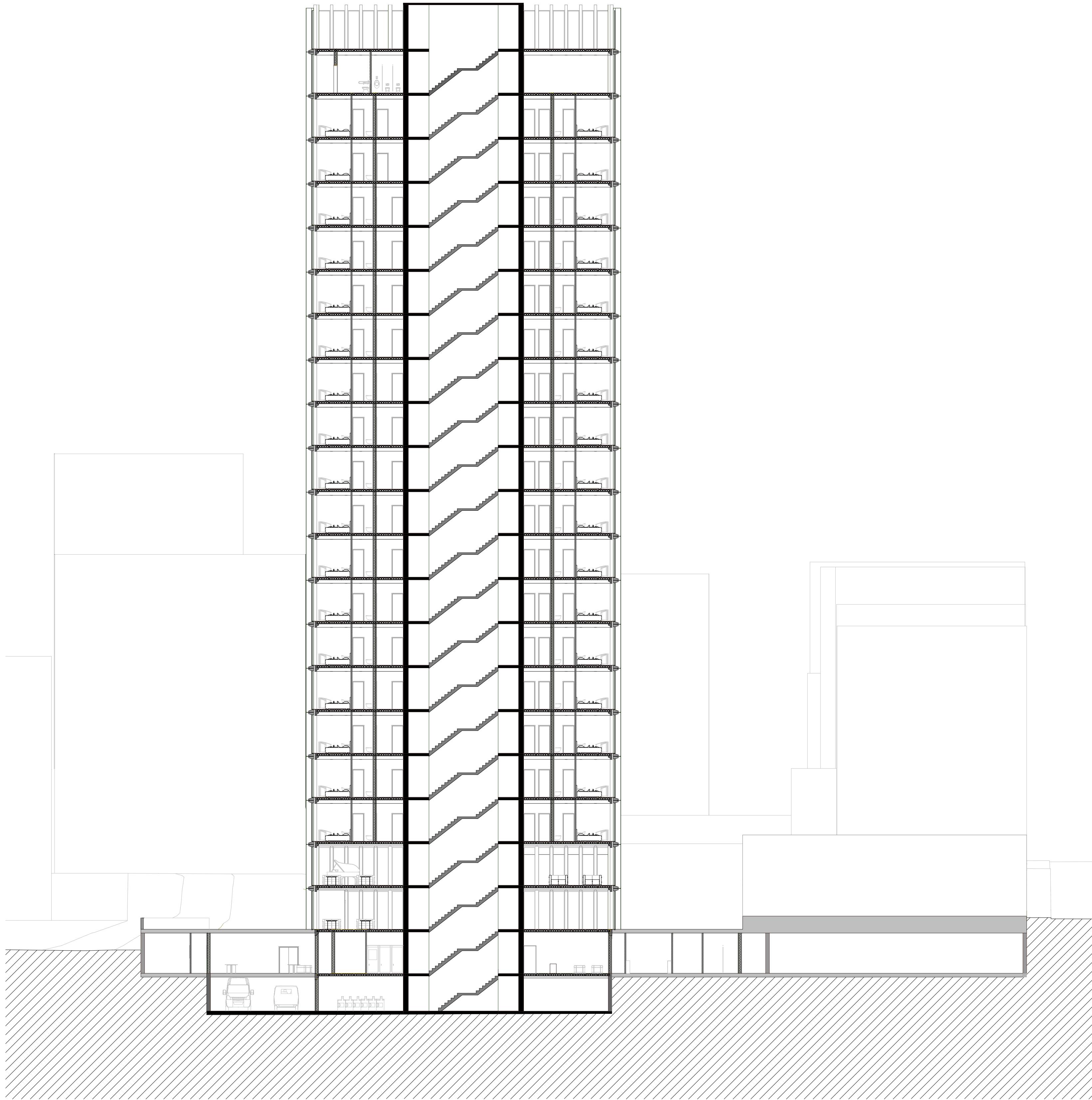
Plantas dos Pisos 17 e 18



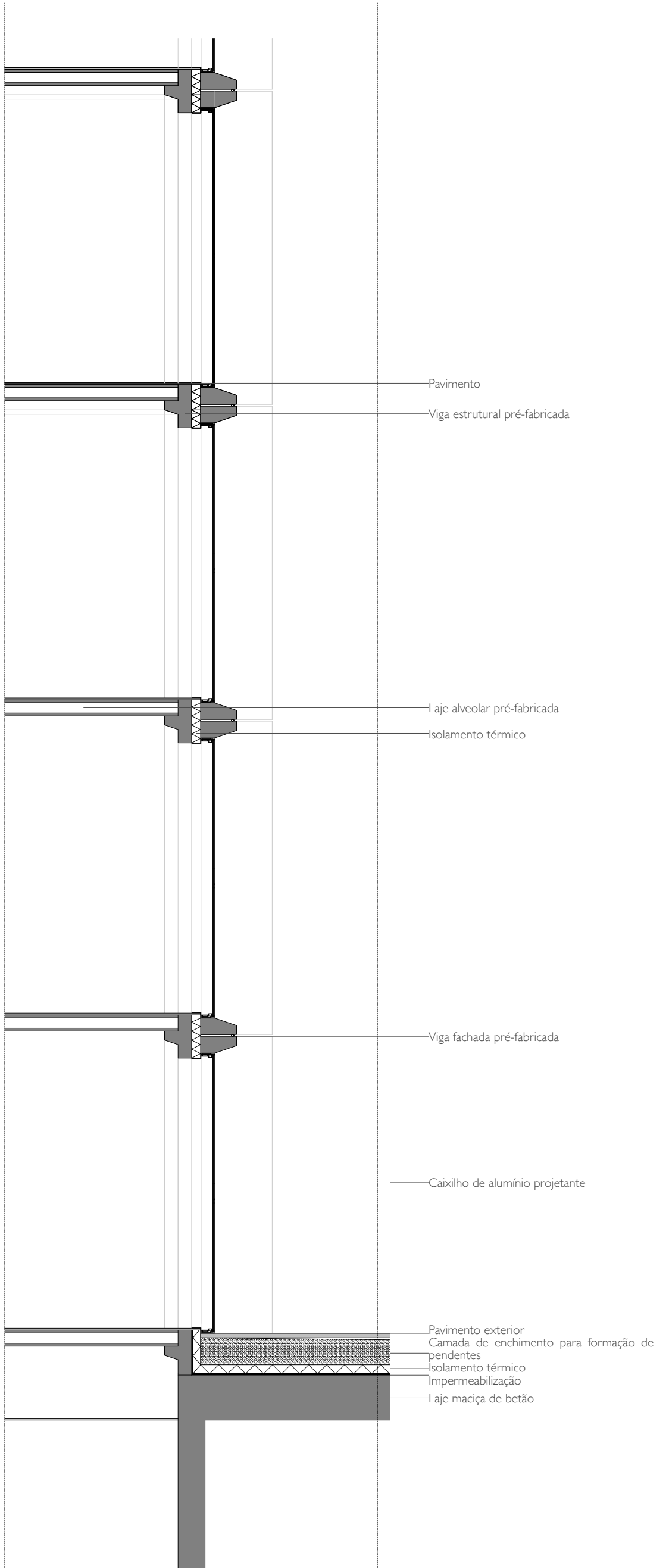
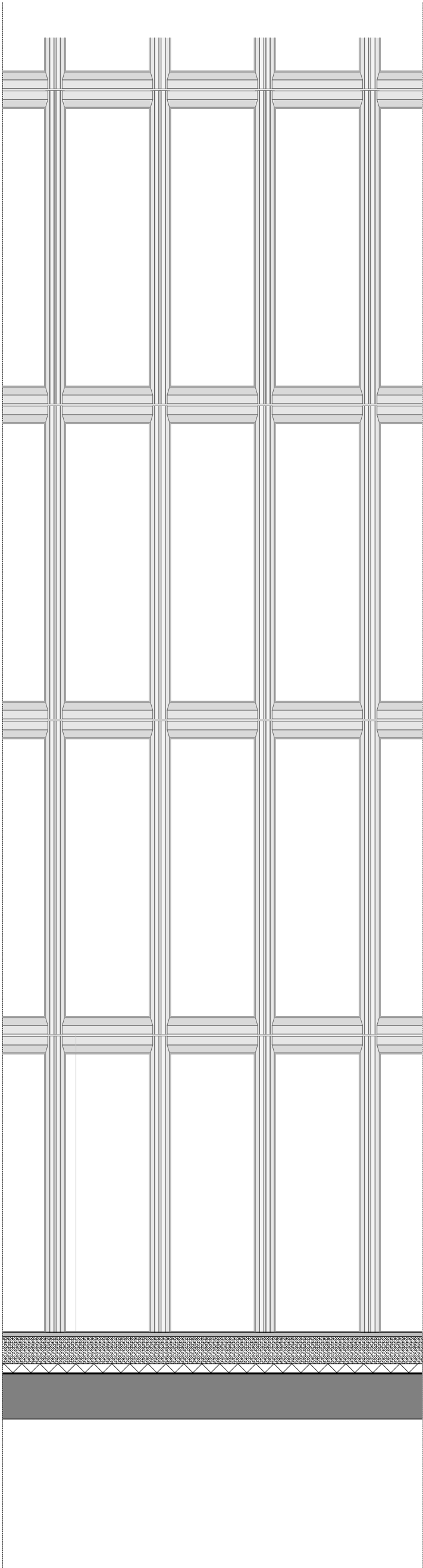
Planta do Piso 19

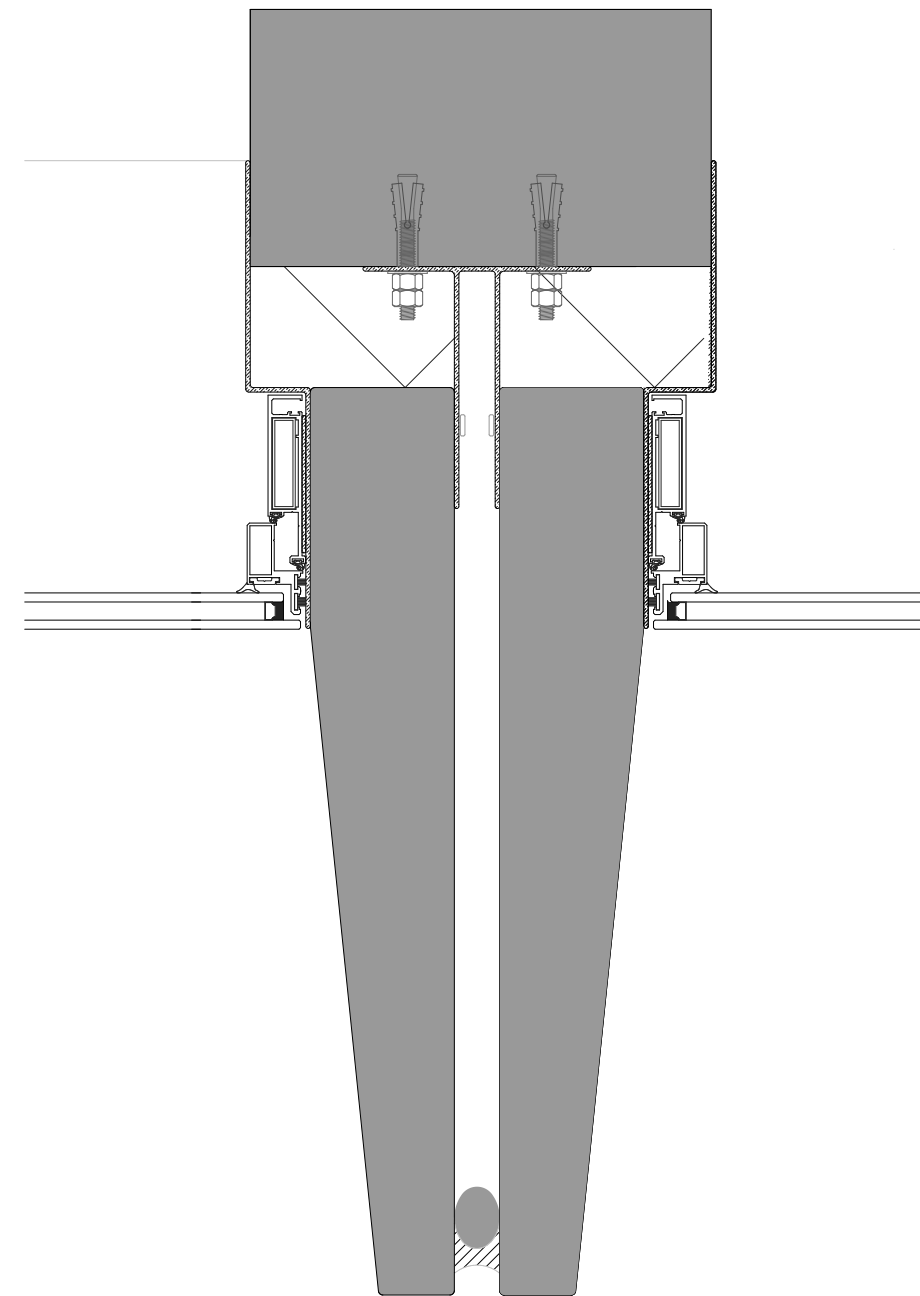
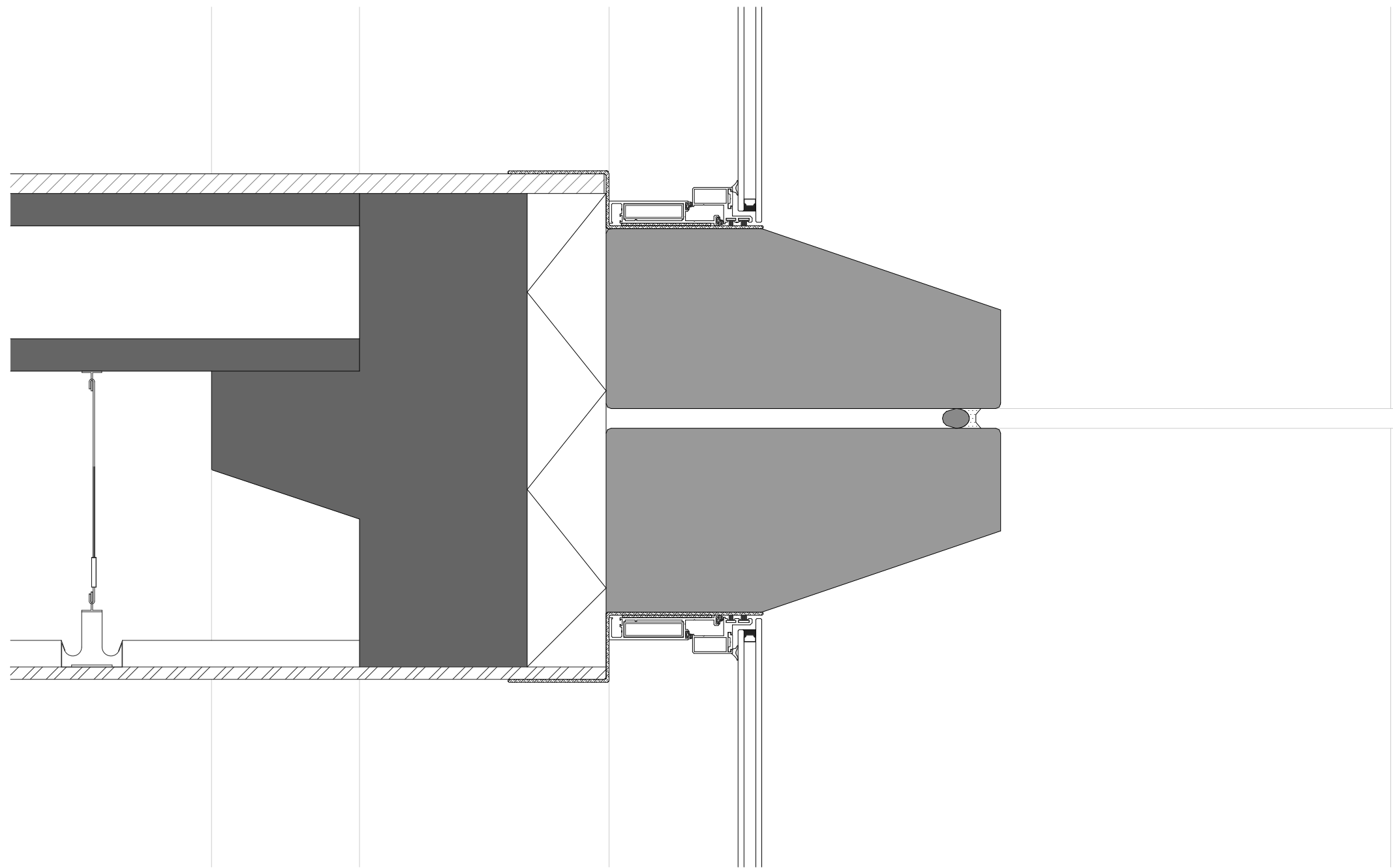


Corte Longitudinal



Corte Transversal





Conclusão

Neste trabalho diligenciou-se uma análise da prefabricação na construção, através de uma aplicação prática deste método construtivo num projeto de um Hotel na avenida da Boavista, realizado na unidade curricular de Projecto 5.

Compreendeu-se não só a evolução dos materiais, tecnologias e processos de fabricação, mas também as necessidades da sociedade ao longo da história, que levou a uma procura por um método construtivo menos moroso, menos exigente e mais económico. A prefabricação foi a solução para a habitação pequena, elementar e acessível a todos como a *Package House* do Walter Gropius, mas também foi a solução que tornou possível a construção de edifícios complexos de grandes dimensões como *Opera House*, em Sydney do Jørn Utzon.

Tendo em conta as características, potencialidades deste método construtivo juntamente a análise dos diferentes tipos e aplicações presentes nos casos de estudo foi então elaborado um projeto, no qual foram incorporados os dois métodos da prefabricação, com elementos Standard e elementos desenhados especificamente para este projeto, com funções distintas desde a estrutura à fachada e também a sua junção com construção executada em obra.

Talvez por serem usados materiais mais recentes na sua composição por isso desconhecidos e pouco viáveis ou pelo maior potencial de ser explorada como um bom produto de obter lucros elevados sem grandes custos quando se torna standard, a prefabricação é quase como um método construtivo pobre na arquitetura. Uma arquitetura na qual, em teoria, se procura feita à medida o uso de prefabricação standard não atrai muito interesse de arquitetos e mesmo clientes que quase sempre procuram que a obra tenha o custo mais baixo possível. Este quase estigma com a prefabricação quase faz esquecer que também pode ser desenhada como elemento diferenciativo de um edifício e deve estar presente desde a concepção dum projeto. Contudo, neste caso, este método construtivo constitui uma maior exigência no rigor aplicado tanto no projeto como no planeamento da construção e a dimensão do edifício com impacto no número de repetições dos elementos prefabricados pode fazer com que a sua vantagem económica seja menos pronunciada. Mesmo assim esta dissertação pretendeu tornar mais visível e apelativo o uso da prefabricação na arquitetura demonstrando as suas potencialidades através da história, atributos e aplicação prática.

Índice de Imagens

2. TIPOS DE PRÉ-FABRICAÇÃO

2.1 Do passado ao futuro

Imagem 1- Uso de tijolo de adobe num zigurate

Fonte- https://il.wp.com/realizarengenharia.com/wp-content/uploads/2019/05/ziggurat-1322581_1920.jpg?w=1920&ssl=1

Imagem 2- Edifício Cristal Palace

Fonte- <https://www.flickr.com/photos/24364447@N05/13264774833/in/photostream/>

Imagem 3- Primeiro edifício construído em betão armado

Fonte- https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/72_rue_Charles-Michels_drawing_1855.jpg

Imagem 4- Sistema Dom-inó

Fonte- <http://photos1.blogger.com/x/blogger/250/4253/1600/167906/07.jpg>

Imagem 5- Casa pré-fabricada desenhada por Walter Gropius

Fonte- https://www.mdpi.com/arts/arts-07-00095/article_deploy/html/images/arts-07-00095-g020.png

Imagem 6- Conceito Stiff Dom-ino de James Stirling

Fonte- <https://www.cca.qc.ca/img/70BDjm5MjXvsQWy34RnxPs-SJ0Q=/1920x0/5814/5286/API40.S2.SS1.D3.P1.1.jpg>

Imagem 7- Fachada em painéis de betão pré-fabricados, Residência Estudantes Universidade St. Andrew, J. S.

Fonte- https://farm9.staticflickr.com/8394/28634575462_0fc2c4bdaf_b.jpg

Imagem 8- Esquema de construção da Universidade St. Andrew, J. S.

Fonte- https://lh3.googleusercontent.com/proxy/zLedNs_d87TcPrINEA-uA4bCIWTvJa_8MxPAW-oatPJdfsUklG03qZDoGdbhFHWMQlJkiIqlbhnT3dY-UyaueV3HMvKgXT0tNs

Imagem 9- Axonometria da estrutura utilizando pré-fabricação standard e personalizada por Miguel Fisac

Fonte- ARQUES SOLER, Francisco, *Miguel Fisac*. Madrid: Pronaos, 1996, pág. 214

Imagem 10- Axonometria do esquema construtivo do edifício de Laboratórios JORBA, Madrid, Miguel Fisac

Fonte- ARQUES SOLER, Francisco, *Miguel Fisac*. Madrid: Pronaos, 1996, pág. 215

Imagem 11- Casa Monsanto - Casa do Futuro, Califórnia, 1957, Marvin Goody e Richard Hamilton

Fonte- <https://www.plasticstoday.com/sites/plasticstoday.com/files/monsanto-house-of-future-thomas-hawk-flickr-650.jpg>

Imagem 12- Construção da Casa Monsanto - Casa do Futuro com elementos pré-fabricados customizados de betão

Fonte- https://www.sgh.com/sites/default/files/styles/max_1440/public/m00003.00-bdev/17874_6.jpeg?itok=msBRa6sW

2.2 Pré-Fabricação

Imagem 13- Tempo dispendido nas três fases da construção

Fonte- <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/8520/2/132.pdf>

Imagem 14- Simplicidade de montagem em obra

Fonte- https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/56dce2e3a3360c8bedcf6829/1470184828166-6Z0KS3GXYM73MMEKSTO4/ke17ZwdGBTodd18pDm48kEK6ked0OwuCM0j0mOMpL857gQa3H78H3Y0txjaiv_0fDoOvxcdMmMKkDsyUqMSsMWxHk725yiiHCCLfrh8OIz4YTzHvnKhyp6Da-NYroOW3ZGjOBKy3azqku80C789I0qN_-Z3B7EvygvPOPmeOryVEO7QkDaoftbnxMtWU8KPXScuOetRFJV2sZTtC8KyIPA/image-asset.jpeg?format=1500w

Imagem 15- Exemplo de elementos prefabricados disponíveis por uma marca de betão

Fonte- <https://secilpro.com/upload/documents/5b067b3ac8c0c.pdf>

Imagem 16- Construção com elementos pré-fabricados standard

Fonte- <https://www.archiexpo.com/pt/prod/pujol/product-89366-915588.html>

Imagem 17- Miguel Fisac e elementos pré-fabricados customizados

Fonte- <https://www.hoyesarte.com/wp-content/uploads/2019/08/Fisac-I-412x231.jpg>

Imagem 18- Processo de fabricação de elemento pré-fabricado customizado do Palácio do

Desporto em Roma do Arq. Pier Luigi Nervi

Fonte- NERVI, Pier Luigi, *Construire Correttamente*. Milão, Editore Ulrico Hoepli, 1964, pág. 115

Imagem 19- Construção da cobertura em elementos pré-fabricados da Casa da Opera de Sydney

Fonte- https://www.globalconstructionreview.com/client_media/images/opera.jpg

3. CASOS DE ESTUDO

3.1 A ideia de arquitetura moderna por Walter Gropius

Imagem 1- Diagrama de propaganda do programa da Bauhaus

Fonte- https://www.bauhaus.de/en/das_bauhaus/45_unterricht/

Imagem 2- Desenhos gerais da casa tipo A

Fonte- <https://www.harvardartmuseums.org/collections/object/165051?position=102>

Imagem 3- Kit de componentes à construção de uma casa

Fonte- <https://www.harvardartmuseums.org/collections/object/51289?position=186>

Imagem 4- Axonometria do esquema estrutural

Fonte- <https://www.harvardartmuseums.org/collections/object/147849?position=131>

Imagem 5- Sistema de uniões entre elementos

Fonte- <https://www.harvardartmuseums.org/collections/object/51783?position=182>

Imagem 6- Vista geral sobre o edifício

Fonte- <https://www.flickr.com/photos/cityofbostonarchives/34437191302/in/photostream/>

Imagem 7- Torre em construção numa fase estrutural

Fonte- <https://skyriscities.com/news/2017/03/and-after-bostons-government-center>

Imagem 8- Pormenor construtivo da fachada, do elemento pré-fabricado que se repete e a sua união à estrutura do edifício

Fonte- BERDINI, Paolo, *Walter Gropius*. Barcelona, 1986, pág. 192

3.2 Pier Luigi Nervi

Imagem 9- Interior do Hangar

Fonte- NERVI, Pier, *Costruire Correttamente*. Milão, 1965, pág. 8

Imagem 10- Estrutura pré-fabricada da cobertura do hangar

Fonte- NERVI, Pier Luigi, *Construire Correttamente*. Milão, Editore Ulrico Hoepli, 1964, pág. 9

Imagem 11- União dos elementos pré-fabricados das vigas da cobertura

Fonte- NERVI, Pier Luigi, *Construire Correttamente*. Milão, Editore Ulrico Hoepli, 1964, pág. 11

Imagem 12- Produção dos elementos pré-fabricados

Fonte- NERVI, Pier Luigi, *Construire Correttamente*. Milão, Editore Ulrico Hoepli, 1964, pág. 11

Imagem 13- Armazém experimental em ferrocimento

Fonte- NERVI, Pier Luigi, *Construire Correttamente*. Milão, Editore Ulrico Hoepli, 1964, pág. 13

Imagem 14- Planta e alçado do armazém

Fonte- NERVI, Pier Luigi, *Construire Correttamente*. Milão, Editore Ulrico Hoepli, 1964, pág. 12

Imagem 15- Corte do armazém

Fonte- NERVI, Pier Luigi, *Construire Correttamente*. Milão, Editore Ulrico Hoepli, 1964, pág. 12

Imagem 16- Cobertura do pavilhão de exposição de Turim

Fonte- NERVI, Pier Luigi, *Construire Correttamente*. Milão, Editore Ulrico Hoepli, 1964, pág. 27

Imagem 17- Cortes longitudinal e transversal do pavilhão

Fonte- NERVI, Pier Luigi, *Construire Correttamente*. Milão, Editore Ulrico Hoepli, 1964, pág. 22

Imagem 18- Corte construtivo do elemento pré-fabricado da cobertura

Fonte- NERVI, Pier Luigi, *Construire Correttamente*. Milão, Editore Ulrico Hoepli, 1964, pág. 14

Imagem 19- Procedimento de montagem dos reforços de betão armado e a cofragem das nervuras que completam o sistema estático do edifício

Fonte- NERVI, Pier Luigi, *Costruire Correttamente*. Milão, Editore Ulrico Hoepli, 1964, pág. 24

4. PROJETO

Imagem 1- Área de intervenção

Fonte- Autor

Imagem 2- Vista aérea da área de intervenção

Fonte- Google Earth

Imagem 3- Proposta Hotel

Fonte- Autor

Imagem 4- Distribuição programa

Fonte- Autor

Imagem 5- Esquema de diferentes elementos estruturais

Fonte- Autor

Imagem 6- Axonometria estrutura pré-fabricada standard de betão armado

Fonte- Autor

Imagem 7- Desenho do elemento pré-fabricado da fachada

Fonte- Autor

Imagem 8- Desenho conceptual do sistema de fixação dos elementos da fachada

Fonte- Autor

Imagem 9- Imagem tridimensional da fachada

Fonte- Autor

Imagem 10- Imagem tridimensional do painel pré-fabricado

Fonte- Autor

Bibliografia

Livros:

- ARGAN, Giulio Carlo, *Architetti del Movimento Moderno*, Vol. I I Pier Luigi Nervi, Milão.
- ARGAN, Giulio Carlo, *Walter Gropius e a Bauhaus*. Lisboa, Editorial Presença, 1990
- BERDINI, Paolo, *Walter Gropius*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1986
- DESIDERI, Paolo, *Pier Luigi Nervi*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1982
- ELLIOT, Kim S., *Precast Concrete Structures*. Oxford, Butterworth Heinemann, 2002
- LEVITT, M., *Precast concrete: materials, manufacture, properties, and usage*. London, Applied Science, 1982
- LEWICKI, B., *Draft guide for the design of precast wall connections*. Lausanne, CEB, 1985
- MOKK, László, *Construcciones con materiales prefabricados de hormigón armado*. Bilbao, Ediciones URMO, 1969
- MOKK, László, *Prefabricated concrete for industrial and public structures*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 1964
- NERDINGER, Winfried, *Walter Gropius*. Berlin, Bauhaus-Archiv, 1985
- NERVI, Pier Luigi, *Costruire Correttamente*. Milão, Editore Ulrico Hoepli, 1964
- GARGIANI, Roberto e BOLOGUA, Alberto, *The Rhetoric of Pier Luigi Nervi concrete and ferrocement forms*. Epfl Press, 2016
- Arques Soler, Francisco, *Miguel Fisac*. Madrid: Pronaos, 1996
- GARGIANI, Roberto e BOLOGUA, Alberto, *The Rhetoric of Pier Luigi Nervi concrete and ferrocement forms*. Epfl Press, 2016
- ARQUES SOLER, Francisco, *Miguel Fisac*. Madrid: Pronaos, 1996
- ### Revistas e artigos:

AV Monografias, N. 101 Miguel Fisac. Madrid, Arquitectura Viva SL, 2003

Documentos de Arquitectura, no 10. Almería: Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Oriental, Delegación de Almería, 1989

European Committee for Standardization, Precast concrete products: Hollow core slabs. Brussels, CEN, 2005

European Committee for Standardization, Precast concrete products - Linear structural elements. Brussels, CEN, 2004

Fédération Internationale du Béton, Special design considerations for precast prestressed hollow core floors. Lausanne, FIB, 2000

FLETCHER, Norman C., *The John F. Kennedy Federal Office Building in Boston.* New York, National Gallery of Art, 1995

Precast/Prestressed Concrete Institute, Architectural Precast Concrete. Chicago, PCI, 1989

WebSites:

https://www.bauhaus.de/en/das_bauhaus/610_programm/

https://www.bauhaus.de/en/das_bauhaus/45_unterricht/

Programa

UNIVERSIDADE LUSOFONA DO PORTO

MESTRADO INTEGRADO EM ARQUITECTURA 2018/2019

PROJECTO 5.1

OPÇÃO DE EDIFICAÇÃO

TABELA DE ÁREAS ÚTEIS, HOTEL****

1. RECEPÇÃO/LAZER			
1.1	ÁTRIO	60,0	
1.2	RECEPÇÃO	20,0	
1.3	BAR		
1.3.1	SALA DO BAR	100,0	
1.3.2	COPA DO BAR	30,0	
1.4	SALA DE ESTAR	150,0	
1.5	SALA DE JOGOS	80,0	
1.6	SALA DE CONFERÊNCIAS	150,0	
1.7	I.S. PÚBLICA FEMININA	25,0	
1.8	I.S. PÚBLICA MASCULINA	25,0	
1.9	I.S. PÚBLICA DE DEFICIENTES	5,0	645,0
2. ADMINISTRAÇÃO			
2.1	BACK-OFFICE	15,0	
2.2	SALA DE REUNIÕES	25,0	
2.3	GABINETE 1	15,0	
2.4	GABINETE 2	15,0	
2.5	I.S. DE SERVIÇO	5,0	75,0
3. RESTAURANTE			
3.1	ZONA DE ESPERA	30,0	
3.2	SALA DE REFEIÇÕES	250,0	
3.3	COZINHA		
3.3.1	COPA	15,0	
3.3.2	CONFECÇÃO QUENTES	25,0	
3.3.3	CONFECÇÃO FRIOS	25,0	
3.3.4	CONFECÇÃO PASTELARIA	25,0	
3.3.5	LAVAGEM DO TREM	15,0	
3.3.6	ZONA DE PREPARAÇÃO	15,0	
3.3.7	CÂMARA DE SUJOS	10,0	
3.3.8	CÂMARAS DE CONGELAÇÃO	10,0	
3.3.9	CÂMARAS FRIGORÍFICAS	10,0	
3.3.10	DESPENSA DO DIA	10,0	
3.3.11	GABINETE DO CHEFE	5,0	
3.3.12	ARMAZENAMENTO	30,0	475,0
4. SALA DE MULTIUSOS			
4.1	ÁTRIO	50,0	
4.2	SALA MULTIUSOS	600,0	
4.3	I.S. PÚBLICA FEMININA	25,0	
4.4	I.S. PÚBLICA MASCULINA	25,0	
4.5	I.S. PÚBLICA DE DEFICIENTES	5,0	705,0

5. QUARTO DUPLO		192	
5.1	ANTECÂMARA	2,5	
5.2	QUARTO	17,5	
5.3	SANITÁRIO	5,0	25,0
6. QUARTO DUPLO - MOBILIDADE CONDICIONADA		2	
6.1	ANTECÂMARA	2,5	
6.2	QUARTO	17,5	
6.3	SANITÁRIO	5,0	25,0
7. SUITE		12	
7.1	ANTECÂMARA	2,5	
7.2	QUARTO	17,5	
7.3	SANITÁRIO	5,0	
7.4	SALA	15,0	40,0
8. LAZER / HEALTH CLUB			
8.1	LOJA	15,0	
8.2	GINÁSIO	50,0	
8.3	TURCO	8,0	
8.4	TEPIDÁRIO	8,0	
8.5	BALNEÁRIO PÚBLICO MASCULINO	20,0	
8.6	BALNEÁRIO PÚBLICO FEMININO	20,0	
8.7	POSTO SOCORRO	20,0	
8.8	SALA DE TRATAMENTO INDIVIDUAL 1	18,0	
8.9	SALA DE TRATAMENTO INDIVIDUAL 2	18,0	
8.10	SALA DE TRATAMENTO INDIVIDUAL 3	18,0	
8.11	SALA DE TRATAMENTO INDIVIDUAL 4	18,0	
8.12	SALA DE TRATAMENTO DUPLA 1	25,0	
8.13	SALA DE TRATAMENTO DUPLA 2	25,0	
8.14	PISCINA INTERIOR	120,0	
8.15	ÁREA TÉCNICA DA PISCINA	30,0	
8.16	ARMAZÉM	20,0	433,0
9. SERVIÇOS			
9.1	BAGAGEIRA	20,0	
9.2	SALA DO SERVIDOR	10,0	
9.3	LAVANDARIA	40,0	
9.4	COPA DE PISO (1 POR PISO)	60,0	
9.5	ÁREA TÉCNICA DAS MECÂNICAS	60,0	
9.6	ÁREA TÉCNICA DAS ELÉCTRICAS	50,0	
9.7	ÁREA TÉCNICA DAS HIDRAÚLICAS	50,0	
9.8	CAIS-CARGAS E DESCARGAS	40,0	
9.9	POSTO DE CONTROLO	7,0	337,0
		TOTAL	8 000,00
CIRCULAÇÃO E PAREDES : MÁX. 35%			2 800,0
		TOTAL	10 800,0

Nota: Deve ainda ser considerado estacionamento coberto para 100 viaturas

PROJECTO 5.1

Prof. João Pedro Serôdio, Nuno Graça Moura, Rui Furtado, Sofia Albuquerque

A cadeira de Projecto 5.1 contém duas opções : Edificações e reabilitação.

Os alunos deverão analisar com cuidado os programas e todo o material relativo a ambas as opções,

A escolha da opção por cada um deverá acontecer até 04.10.

A.

Opção Edificações

1.Apresentação

O terreno para o projecto deste semestre situa-se na Avenida da Boavista, entre o Foco e o Bessa, conforme plantas e perfis apresentados. É atravessado por um arruamento executado recentemente.

O trabalho consiste, numa primeira fase, na elaboração de um plano geral para a área. O programa deverá integrar um edifício com aproximadamente 8.000m², que se destinará a um hotel. Os alunos são livres de propor todos os restantes volumes de construção e respectivas funções que bem entendam.

O plano deve ser elaborado à escala 1:500.

O projecto para um hotel deverá ser desenvolvido em paralelo. O respectivo programa e quadro de áreas (a definir pelos padrões de 4 estrelas) será entregue oportunamente.