



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA
DO PORTO

Francisco Vitor Martins

**O betão, a métrica e a simetria: a sua influência na
percepção da arquitetura**

Trabalho realizado sob a orientação do

Professor António Sérgio Koch de Araújo e Silva

outubro 2021



Francisco Vitor Martins

**O betão, a métrica e a simetria: a sua influência na
percepção da arquitetura**

Dissertação apresentada na Universidade Lusófona do Porto
para obtenção do Grau de Mestre em Arquitectura

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona do Porto
no dia 11/10/2021, perante o júri seguinte:

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

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

Orientador: Professor Doutor António Sérgio Koch de Araújo e Silva
(Professor Auxiliar da Universidade Lusófona do Porto)

outubro 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

Este trabalho não marca o final de percurso, mas sim o início de uma longa jornada. Por mais incerta que seja tenho a certeza que vai correr bem. Por agora saio desta grande instituição com bases e ensinamentos bem consolidados, que me acompanharão para toda a vida.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a todo o elenco de professores, pelo acompanhamento e ensinamentos transmitidos, permitindo assim o alargamento do conhecimento no domínio da arquitetura.

Ao meu orientador Professor António Silva que acompanhou este trabalho sempre com muito rigor.

A toda a turma pela camaradagem e paciência que tiveram ao longo dos anos.

A todos os amigos de longa data que no bom sentido me distraiam e proporcionaram grandes alegrias com todas as suas idiossincrasias.

Agradeço a toda a minha família por estar sempre presente, e acompanhar de perto todo o meu percurso académico. Particularmente à minha mãe e aos meus avós, pois sem eles jamais conseguiria chegar até aqui.

E por fim um agradecimento super especial à Priscila por estar sempre a meu lado, sempre a apoiar-me, e nunca me deixar desistir dos meus objetivos.

A todos um muito obrigado.

Resumo

As construções greco-romanas marcam a entrada do betão na expressão e construção arquitetónica. Com o avanço científico-tecnológico, o betão constitui um dos materiais de eleição nas construções atuais, não só pelo fato de as suas propriedades mecânicas garantirem uma maior resistência, como pela sua maleabilidade. Por seu turno, a métrica e a simetria, assentes no pressuposto da proporcionalidade e racionalidade, potencia a criticidade arquitetónica mediante a aplicação do rigor no processo de desenho.

Como tal, o presente trabalho pretende demonstrar de que forma a conjugação da utilização do betão, da métrica e da simetria, pode influenciar o desenho dos edifícios e o seu processo construtivo, conferindo versatilidade e simultaneamente previsibilidade no processo de construção e potencial manutenção do edifício, através da proposta da projeção de um hotel na Avenida da Boavista.

Apesar do caráter brutalista e atribuído à utilização do betão e da métrica no processo de conceção de um projeto de arquitetura, torna-se evidente que a conjugação de elementos aparentemente paradoxais, permitem que o arquiteto mantenha o rigor na sua expressão criativa sem a perda da flexibilidade inerente a este mesmo processo.

Palavras-chave: construções, betão, rigidez, rigor, métrica

Abstract

The Greco-Roman constructions mark the entrance of concrete in architectural expression and construction. With the advance scientific and technological, the concrete constitutes one of the materials of choice in current constructions, not only because its mechanical properties guarantee greater resistance, but also because of its malleability. In turn, metrics and symmetry, based on the assumption of proportionality and rationality, enhance architectural criticism through the application of rigor in the design process.

As such, the present work intends to demonstrate how the combination of the use of concrete, metric and symmetry can influence the design of buildings and their construction process, providing versatility and simultaneously predictability in the construction process and potential maintenance of the building, through the proposal of the projection of a hotel on Avenida da Boavista.

Despite the brutalist character attributed to the use of concrete and metrics in the design process of an architectural project, it is evident that the combination of apparently paradoxical elements, allows the architect to maintain rigor in his creative expression without the loss of flexibility inherent in this same process.

Keywords: constructions, concrete, rigidity, rigor, metric

Índice

Agradecimentos	iv
Resumo	v
Abstract	vi
Capítulo I – Introdução	1
1.1 Contextualização	2
1.2 Justificação do tema	3
1.3 Objetivos	3
1.4 Estado da Arte	4
1.5 Considerações metodológicas	4
1.6 Estrutura de conteúdos	5
Capítulo II - Enquadramento Teórico	6
2.1 O Betão Armado	7
2.2 Composição do material	8
2.3 História do material	9
2.4 Betões romanos	10
2.5 Processo construtivo	13
2.6 Algumas tipologias de betões atuais	14
2.7 Reforço do betão	18
2.8 Cofragem do betão	19
2.9 Tectónica do betão armado	22
Capítulo III - Métrica e Simetria	29
3.1 Métrica	30
3.2 Métrica nas fachadas	31
3.3 Simetria	33
Capítulo IV - Análise de Casos Arquitetónicos Relevantes do Século XX	35
4.1 Pier Luigi Nervi	36
Estação Rodoviária George Washington em Manhattan	36
Palácio do Trabalho em Turim	38
Burgo Paper Mill	40
4.2 Le Corbusier	42
Unidade de Habitação de Firminy – Vert, França	42

4.3 Oscar Niemeyer	44
Hotel – Casino do Funchal, Ilha da Madeira	44
Capítulo V - Explicação do Projeto do Hotel da Avenida da Boavista	46
5.1 Contextualização	47
5.2 Materialidade no projeto	54
Considerações Finais	55
Bibliografia	56
Índice de Imagens	59
Anexos	64

Capítulo I

Introdução

1.1 Contextualização

A conjugação de um contexto no qual a necessidade de otimizar os recursos financeiros no processo de construção, e o desenvolvimento científico-tecnológico propício à introdução de diferentes inovações na área da arquitetura, permitiu que o betão emergisse como um material de eleição. Deste modo, a introdução do betão como potencial recurso de construção, constituiu um momento marcante no desenvolvimento da história da construção. Amplamente conhecido como uma matéria bruta, a sua utilização não se esgota nas suas vantagens de durabilidade e redução de custos, exigindo, antes, a consideração do seu uso como meio de expressão particular. Aliado à combinação de diferentes materiais, assim como o uso de diferentes técnicas de desenho que favorecem um maior rigor tanto no papel como em obra (e.g. métrica e simetria), o uso do betão continua a inovar o processo de expressão arquitetónica.

Existem, assim, diversas oportunidades que justificam o recurso ao betão como material elementar, tanto a nível estrutural, como a nível arquitetural global (Herzog, Krippner, & Lang, 2004). Dado que o seu uso como elemento integral do processo de desenho e construção de um edifício resulta, de forma regular, em edifícios francamente “monolíticos”, a sua implementação, em conjunto com exigências métricas, providencia uma conjugação de um material de construção bruto e um material de acabamento nobre.

Como tal, o presente trabalho tem como objetivo dar a conhecer alguns dos usos do material em questão no domínio da arquitetura e as potencialidades da sua implementação como recurso elementar. Paralelamente, pretende-se demonstrar as potenciais vantagens da utilização do rigor métrico na expressão arquitetónica no desenho de um edifício, nomeadamente, o tempo de trabalho exigido e a contenção de custos.

1.2 Justificação do tema

A utilização do betão como material de eleição remonta à antiguidade greco-romana, sendo a durabilidade uma das suas características mais relevantes. Com o avanço do progresso científico-tecnológico, foram várias as alterações introduzidas na formulação do betão e, logo, na sua utilização no processo de construção. Paralelamente, a questão da introdução da sistematicidade no delineamento de projetos arquitetónicos, mediante o recurso à métrica, pautada pela previsibilidade e constância no desenho é amplamente utilizada, apesar de ser sub-reconhecida. De facto, apesar de o betão constituir um dos materiais mais utilizados nos desenhos arquitetónicos e de a padronização ser uma característica enaltecida em vários movimentos, permanece para a conjugação sistemática e reflexiva destas duas realidades. Partindo das características positivas atribuídas ao betão – que variam desde a sua durabilidade até ao facto de constituir um material particularmente económico – e da padronização do desenho arquitetónico através da implementação de orientações rígidas, o presente trabalho tenta, assim, conjugar duas perspetivas que aparentam ser mutuamente exclusivas, nomeadamente a maleabilidade do material e o rigor inerente à métrica e à simetria que lhe dá corpo.

1.3 Objetivos

Tal como atrás referido, o betão aparenta permanecer como um material de eleição na construção, sendo transversal a diferentes movimentos arquitetónicos dada a sua plasticidade e maneabilidade. Simultaneamente, os edifícios em betão transmitem uma imagem brutalista, enfatizando a sua forma maciça e fria, com uma aparência semelhante à inacabada, sendo muito comum no movimento moderno. Assim, partindo dos potenciais do betão, enquanto material, e da métrica e simetria, enquanto recurso metodológico e criativo, o presente trabalho pretende conjugar o uso do betão através da proposta da materialização de um projeto arquitetónico que será desenhado pela métrica e pela simetria, pretendendo contribuir para a promoção e reconhecimento destas características como potências aliadas.

1.4 Estado da Arte

De modo a traçar um perfil histórico do betão, e do uso da métrica e da sua simetria no desenho arquitetónico, de maneira a dar forma á proposta de projeto apresentada, o presente trabalho partiu de uma breve revisão da literatura. No que concerne ao betão, salientam-se os exemplos de obras que enaltecem o seu uso como material predominante e que marcaram a sua história, através de nomes como Joseph Monier. O traçar da cronologia do betão inclui, igualmente, a consideração dos avanços científicos que resultaram nas suas mais variadas tipologias e o seu modo de utilização, até à atualidade. Alguns casos de estudo de obras relevantes, e reconhecidas pelo uso do betão como material-chave, são expostas no presente trabalho, nomeadamente: a Estação Rodoviária George Washington, o Palácio do Trabalho, a Burgo Paper Mill, a Unidade de Habitação de Firminy e o Hotel Casino do Funchal. De realçar que os exemplos de casos apresentados não só são amplamente reconhecidos pelo uso do betão tal como o podem ser pela implementação da métrica e simetria como linhas orientadoras do produto arquitetónico. A breve revisão da literatura permitiu a prossecução do processo de desenvolvimento do projeto apresentado, posteriormente detalhado.

1.5 Considerações metodológicas

A metodologia que foi implementada para a elaboração da presente tese de mestrado teve por base uma vasta pesquisa, tanto em bibliotecas como na internet. Todos os elementos recolhidos foram catalogados de modo a selecionar a informação mais importante para ser aplicada neste trabalho. Pretendeu-se dar mais importância ao estudo da história do betão, e ao estudo da simetria e da métrica, tentando sempre usar exemplos de edifícios onde estas diretrizes estivessem simultaneamente aplicadas.

Paralelamente à recolha de informação, seguiu-se uma reflexão sobre o rumo que a tese iria ter, passando por definir que temas iriam ser apresentados, os casos de estudo e as problemáticas que daí advinham.

1.6 Estrutura de conteúdos

O presente trabalho encontra-se organizado em cinco capítulos, de modo a proporcionar uma melhor compreensão sobre a temática apresentada.

O primeiro capítulo inclui a introdução, que parte da contextualização dos temas abordados até aos objetivos do presente estudo.

O segundo capítulo caracteriza-se pelo enquadramento teórico sobre o betão, desde o seu percurso histórico, passando pelo seu desenvolvimento científico.

O terceiro capítulo envolve a análise de um conjunto de obras relevantes para a contextualização do uso do betão ao longo da história da arquitetura, nomeadamente projetos liderados por Pier Luigi Nervi, Le Corbusier e Oscar Niemeyer, num lastro cronológico bem específico e concentrado no período central e definidor da arquitetura que foram os meados do século XX.

O quarto capítulo aborda a temática da métrica e da simetria, enfatizando a sua influência no desenho arquitetónico.

No quinto capítulo é feita uma exposição e análise da proposta de projeto, concluída no âmbito do Mestrado Integrado em Arquitetura, que consistiu na elaboração de um hotel de quatro estrelas. De realçar que além de serem apresentados os resultados do projeto, o processo de tomada de decisão é refletido ao longo do capítulo em questão, alicerçando-se nos conhecimentos adquiridos através da revisão da literatura.

Capítulo II

Enquadramento Teórico

2.1 O Betão Armado

“Há registos do betão ter começado a ser usado há 5000 anos, bem como na época romana, na Europa Medieval e na Grã-Bretanha e na França dos séculos XVIII e XIX, aproximadamente desde 1900 o betão tornou-se o principal material de construção em todos os países do mundo.” (Addis & Bussel, 2003). As diversas versões do betão distinguem-se francamente umas das outras em função dos seus elementos, da mistura dos seus ingredientes, apresentando, por conseguinte, características particulares. De realçar, que a contribuição da civilização romana e a utilização do betão romano revolucionaram a atividade da construção e toda a arquitetura ocidental. Posteriormente, com a invenção do cimento Portland por Louis Vicat em 1817, do betão armado por Lambot e Monier e a intervenção do arquiteto Auguste Perret foram os pontos de partida para o uso generalizado do betão como material de construção responsável por uma nova abordagem na construção do século XX. De facto, o uso do betão tem evoluído nas últimas centenas de anos, uma vez que apresenta uma relação custo-eficácia particularmente apelativa, pelo que diferentes variações ao nível do desenho, método de construção e materiais utilizados resultam em níveis distintos de durabilidade estrutural (Macdonald, 2003).

Atualmente, quando nos referimos a uma construção em betão, falamos mais especificamente de uma construção em betão armado ou “*reinforced concrete*”, que consiste em betão reforçado por barras de aço cuidadosamente posicionadas de forma a suportar as tensões de tração e cisalhamento nos elementos estruturais (Addis & Bussel, 2003, p.15). Consequentemente, as propriedades do betão armado ganham complexidade acrescida quando comparado ao betão, pelo facto de elas dependerem não só das propriedades do material por si só, mas também da eficácia com que as cargas são suportadas pelas barras de aço e o betão. Tais combinações resultam num material que não só providencia alta resistência (ou seja, em geral a tração das barras de aço e compressão do betão) como um material moldável de formas variadas e complexas, contribuindo, assim para uma mudança notória na área da arquitetura (Addis & Bussel, 2003).



Figura 1 – Ponte de Chazelet de Joseph Monier

2.2 Composição do material

“O betão é um composto de agregados de vários tamanhos, normalmente classificados de finos (geralmente areia) e grossos (normalmente pedra ou cascalho), combinados com uma pasta de cimento (uma mistura de cimento e água) que atua como aglutinante.” (Macdonald, 2003). Dado que os agregados têm origem rochosa, a durabilidade e características do betão dependem não só da pedra utilizada na sua composição, como do aglutinante.



Figura 2 – Exemplos de agregados rochosos do betão

Estes pequenos elementos rochosos proporcionam um aumento da consistência ao betão fresco, sustentando-o após secar. Assim que seca, os agregados evitam uma retração excessiva, característica nas argamassas e pasta de cimento.

2.3 História do material

Nas primeiras civilizações, o homem utilizou os materiais disponíveis na natureza e, rapidamente aprendeu a moldá-los e adaptá-los às suas necessidades. Os materiais de construção mais predominantes foram a madeira, o barro e o betão. A importância dos materiais de construção é tão relevante que a história foi dividida de acordo com o uso predominante de outro material, a Idade da Pedra, a Idade do Bronze e a Idade do Ferro. Na maioria dos casos, e principalmente em grandes edifícios e monumentos, os métodos tradicionais de construção usados pelos gregos foram a utilização de pilares de pedra e vigas como elementos estruturais para definir os espaços. Os romanos tiveram uma abordagem diferente e começaram a utilizar o betão como material estrutural, criando grandes espaços com abóbodas e cúpulas de grande envergadura e altura, que foram possíveis através do desenvolvimento e uso do betão (Ferreira, 2010). A civilização romana e o uso do betão (*opus cementicium ou concretus*) revolucionaram a arquitetura ocidental. Quando os romanos conquistaram o Império Grego assimilaram muitos aspetos da Grécia helénica, na cultura e tecnologia.

A Figura seguinte demonstra o Panteon de Roma, com uma cúpula de 50 m de diâmetro realizada com betão de agregados leves.



Figura 3 – Cúpula do Panteon de Roma, 127 d.C

2.4 Betões romanos

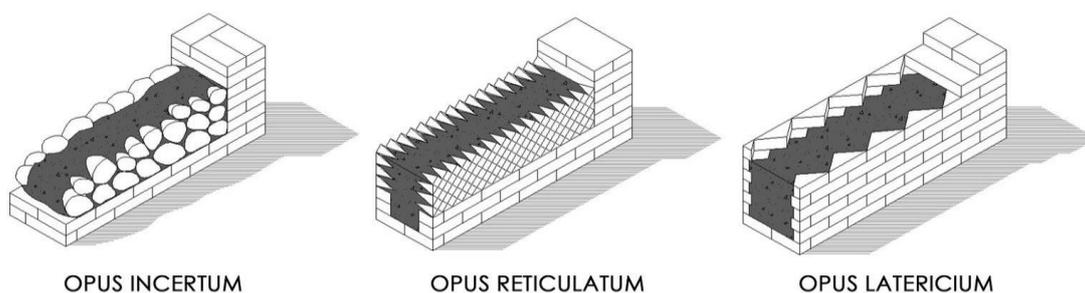


Figura 4 - Alguns betões romanos

A excelente qualidade com que o betão romano foi produzido permitiu que durasse até aos dias de hoje. Este fato deveu-se a um uso extensivo de pozolanas artificiais como a caulinita calcinada (testa) ou pedras vulcânicas calcinadas (carbúnculo) e areia reativa, de origem natural. Para as estruturas simples em betão os romanos utilizavam diferentes expressões, de acordo com o material usado, variavam nos lados externos ou internos das paredes (John Peter Oleson, 2014).

Importa ainda salientar que a introdução do betão armado na passagem do século XX tem sido objeto de vários estudos nas últimas décadas (Heinemann 2013, Van de Voorde 2011, Kuban 2017, Simonnet 2005, Bussell 2001, Wermiel 2009).

Coexistiram vários sistemas e patentes, que resultaram nos vários graus de sucesso em diferentes áreas geográficas. Na Bélgica, e na França, o sistema Hennebique teve grande utilização (Hellebois 2013, Van de Voorde, 2009).

Desde que o *Fonds Bétons armés Hennebique* (BAH) foi acessível no Centro de Arquivos da cidade “*l’architecture et du patrimoine*” em Paris, diversos estudos foram realizados.

E François Hennebique, no contexto internacional analisou a sua estratégia comercial (Ragot, 1996, Delhumeau 1992a, 1992b, 1993, 1999, Simonnet 2005) e concentrou-se nas realizações dentro de uma área geográfica específica a partir de pontos de vista históricos, arquitetónicos ou estruturais (Hellebois, 2013).

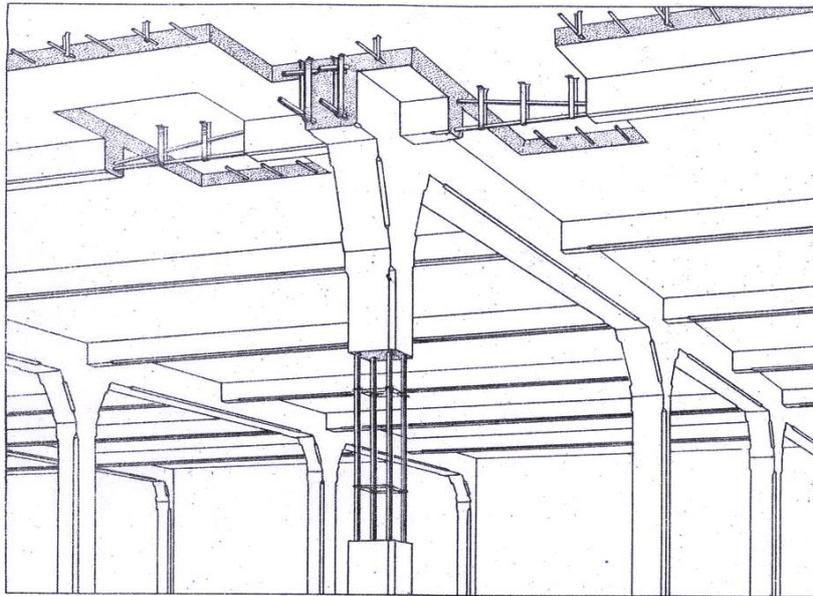


Figura 5 - Sistema Hennebique, reforço do betão armado

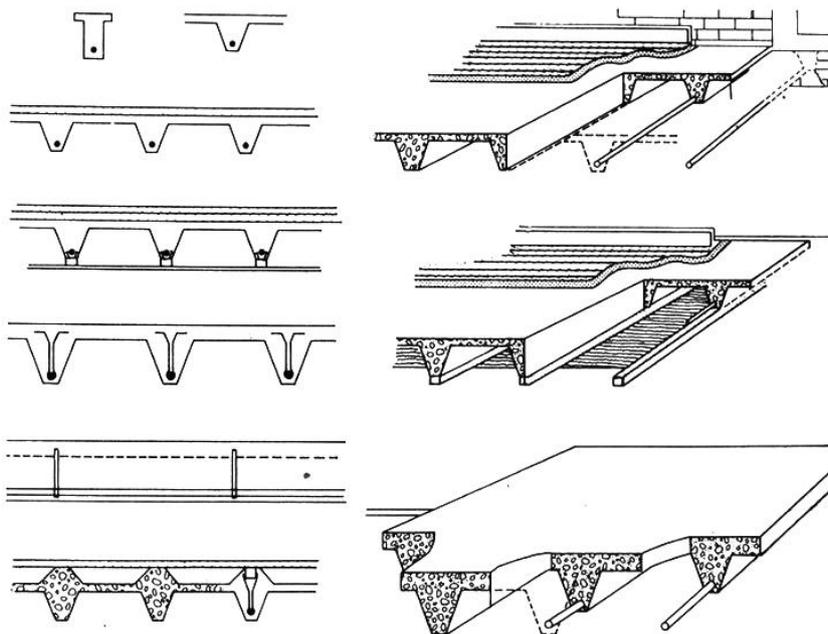


Figura 6 - Sistema Hennebique, detalhes de secções de lages

Em 1847 Joshep-Louis Lambot patenteou um barco em betão (ferrocement), que foi exposto na Exposição Universal de Paris em 1855.



Figura 7 - Barco de estrutura em ferro cimento de Joseph Louis Lambot, 1847

Lambot e Monier podem ser assim considerados os precursores do betão armado. Após a descoberta do betão, a sua aplicação na construção espalhou-se rapidamente. E, nesta altura, diversos métodos de construção foram utilizados e patenteados (Bussel, 2001).

No ano de 1852, François Coignet foi o primeiro a aplicar o betão na construção de placas, iniciando a ideia do pré-fabricado. Em 1854, W. B. Wilkinson de Newcastle registou a patente para um sistema construtivo de betão armado e, a sua primeira aplicação nos EUA ocorreu em 1871 / 1875, na construção do edifício em Por Chester em Nova York por W.E. Ward (Bussel, 2001).

2.5 Processo construtivo

O processo de construção de uma obra em betão é marcado por vários momentos, tendo início nos primeiros desenhos e finalizando-se quando o edifício é entregue ao respetivo proprietário. O processo inclui os trabalhos preliminares, limpeza do local, montagem de materiais, mão-de-obra, escavações e terraplanagem (Bentley, 1994).

Na fase de conceção o arquiteto e todos os envolvidos no projeto, devem ter sempre em conta factores como a localização, topografia, a geotecnia, o movimento do sol, a presença de lençóis de água à superfície ou subterrâneos, as propriedades do material construtivo que se vai usar, entre outros. Quanto mais dados forem obtidos, melhor é o processo que leva à construção, podendo assim contribuir para um melhor resultado.

As estruturas de suporte em betão armado são usadas com muita frequência no quotidiano. Sempre que possível, a indústria da construção utiliza o betão, pois é relativamente barato em comparação com outros materiais. “O betão armado tornou-se um dos materiais mais usados na construção deste século e o símbolo da atividade na edificação em massa.” (Holanda, 2013).

As construções em alvenaria demonstram uma ordem lógica, presente na junção das suas partes, tendo uma noção do raciocínio presente na edificação. A alvenaria é, portanto, mais do que a soma das suas partes, sendo que a sua estrutura é percebida como uma ornamentação estética. (Kuban 2017, Simonnet 2005, Bussell 2001).

O betão exposto não revela o seu funcionamento interno, e esconde a sua estrutura básica sob uma camada externa. Esta camada superficial formaliza e retém o que nossos sentidos poderiam perceber: uma compreensão da composição do betão e como ele funciona. É por isso que o betão não é percebido como o material de construção natural que realmente é, mas sim como um conglomerado artificial.

“Os construtores romanos tentaram neutralizar a inconcebibilidade metamórfica ao expor o interior da estrutura do betão, ocultando os seus componentes, ou seja, a mistura de cascalho, de areia e cimento. O betão junta os mesmos materiais na cofragem, tendo vários tamanhos, os grãos misturados com água e agentes ligantes como cal hidratada ou cimento vão ganhando forma” (Holanda, 2013, p. 57). A aparência monolítica do betão exposto faz com que o edifício pareça uma peça em branco ou uma escultura processada, uma peça de trabalho criada pela remoção de material de um bloco.

Outra característica é que o betão ao ser uma mistura não tem nenhuma forma implícita e pode ser moldado em qualquer formato imaginável. A malha de aço compõe o reforço e não tem quaisquer limitações pré-configuradas. Este implica a possibilidade de uma viabilidade livre e biomórfica de betão armado (Kuban, 2017).



Figura 8 – Sede do Banco da Geórgia, Tbilisi

2.6 Alguns tipos de betões atuais

Graças aos avanços científicos no domínio da indústria da construção é possível hoje em dia ter uma grande variedade de elementos químicos que auxiliam a mesma. Atualmente pode-se escolher betões mais específicos de acordo com a sua função, tais como os que se indicam a seguir.

Betão corrente

É o betão mais usado no quotidiano da construção civil. Sendo que este recorre ao uso de um vibrador para ter um adensamento de maneira correta. Sendo que este betão não é aplicado recorrendo ao uso de bomba, mas sim com o uso de carrinho de mão, gruas ou transporte manual. Ambas as imagens (Figura 9 e 10) são explicativas deste tipo de betão.



Figura 9 – Centro de Interpretação do Românico, Lousada, Portugal



Figura 10 - Cassa Hawthorn de Edition Office, Melbourne, Austrália

Betão auto-compactável (BAC)

Este betão tem na sua composição os mais avançados conhecimentos científicos da sua área, tendo a capacidade de se mover sob o seu próprio peso, permitindo assim o enchimento de toda a cofragem mesmo na presença de uma grande quantidade de armação e sendo sempre fiel à sua homogeneidade.

Este permite a “ausência de ruído e de vibração durante a betonagem, facilidade de colocação em zonas de difícil acesso, diminuição do tempo de construção, redução da mão de obra, maior liberdade na conceção estrutural e artística das estruturas de betão e, tudo isto, conjuntamente com uma óptima qualidade dos elementos betonados, uma alta impermeabilidade e maior durabilidade das estruturas.” (Pinto, 2011). A Casa da Música do Porto e a sede da Vodafone, da mesma cidade, são casos paradigmáticos deste tipo de betão.



Figura 11 – Casa da Música, Porto, Portugal



Figura 12 – Sede da Vodafone, Porto, Portugal

Betão elevado desempenho (BED)

Mais conhecidos como BED ou BER, estes betões apenas são usados em casos muito específicos, como a construção em ambientes agrestes ou a edificação em altura, tendo na sua constituição o importante fator de durabilidade.

Segundo Inácio (2014), propor uma definição universal de BER em função de um valor mínimo de resistência à compressão não é adequado. Neste caso, quando se fala em elevada resistência é redundante, uma vez que a resistência interage com outras variáveis, tais como o processo de fabrico e os materiais usados.



Figura 13 - Marina
City, Chicago, EUA



Figura 14 – Ponte da Arrábida, Porto, Portugal

Betão leve

Segundo Júlio (2004) estruturas de betão de agregados leves, são definidos como “betão leve”, tratando-se de um betão de estrutura fechada de densidade inferior ou igual a 2200 kg/m^3 , contendo uma proporção de agregados minerais naturais ou artificiais com uma densidade de partículas inferior a 2000 kg/m^3 .

Normalmente este betão para diminuir o seu peso usa agregados leves como cortiça ou poliestireno expandido que contribuem para um melhor isolamento térmico e acústico.



Figura 15 – Cobertura do Estádio Municipal de Braga, Portugal



Figura 16 – Cobertura do Pavilhão de Portugal, Lisboa

Betão Projetado

O betão projetado tem sido usado como meio de reforçar estruturas, sendo aplicado com o auxílio de uma bomba este é direcionado á pressão sob a armação reforçando assim o elemento pretendido (Santos, 2011). Este processo é muito usado no reforço de edifícios antigos, na consolidação das paredes de alvenaria. Esta técnica permite a ausência de uma cofragem para o betão, uma vez que é projetado o molde deixa de ser necessário.



Figura 17 – Betão projetado



Figura 18 – Betão projetado alienado a cabos para a contenção de terras

Betão drenante

Como o próprio nome indica é um betão com características drenantes, e também anti-derrapantes uma vez que este é mais utilizado em pavimentos exteriores, como ciclovias, percursos pedonais, campos de ténis e parque de estacionamento. Sendo que a impermeabilização dos solos é e deve ser fundamental para proteger as construções, estes

betões são totalmente permeáveis (Secil, 2020). Tipos claros de betão drenante são as pistas pedonais ou ciclovias, como demonstrado nas figuras seguintes.



Figura 19 – Percurso pedonal em betão drenante



Figura 20 – Betão drenante

2.7 Reforço do betão

O reforço de uma estrutura de betão surge, em geral, no âmbito de uma correção de anomalias decorrentes de algumas deficiências de projeto, construção, utilização ou a necessidade de alterar a finalidade dessa mesma construção. São, ainda, de referenciar situações em que se pretende reforçar uma estrutura para aumentar os seus níveis de segurança, nomeadamente em relação à ação sísmica

O tamanho do reforço é determinado através de uma análise estrutural, que tem em conta os esforços internos da estrutura. Para simplificar o processo, o reforço principal é posicionado nas seções mais importantes para se adequar aos momentos de flexão máximos. Além das exigências estruturais, o arranjo e o espaçamento das barras de reforço, bem como as malhas também devem levar em conta uma ótima compactação (Kuban 2017).



Figura 21 - Perfis de barras de reforço

2.8 Cofragem do betão

“Este tipo de processo implica o uso de um molde para atribuir a forma desejada ao betão e ao qual se atribui correntemente o nome de cofragem. Este molde e todo o sistema cofrante, além de ser concebido de maneira a assegurar a sustentação das pressões exercidas pelo betão, deve garantir o suporte das cargas permanentes como o seu peso próprio, o peso do betão fresco e possíveis cargas não permanentes como a ação de trabalhadores e equipamentos, vento ou acidentes. Caso seja salvaguardada esta condição é garantida a estabilidade local e global da estrutura enquanto é feita a betonagem e no período de cura e conseqüente autossustentação do betão. Esta é uma condição essencial para o nível de segurança de trabalho.” (Pires, 2015, p. 27)

Com a finalidade de atingir a forma final desejada, o betão é moldado na cofragem no estaleiro da obra, designando-se de *in situ*. O betão que é moldado em fábrica para a produção de componentes modulares, apelida-se de pré-moldado ou pré-fabricado. A cofragem para o betão tem de ser produzida com elevado nível de rigor e precisão, sendo geralmente fabricada em madeira ou metal. Todas as juntas de topo do molde devem ser seladas com materiais apropriados, e a cofragem deve ser estanque em todos os lados para evitar que a pasta de cimento escape durante a compactação.

Com a finalidade de combinar as vantagens económicas com as qualidades estéticas, hoje em dia a indústria oferece variados tipos de cofragens, como a modular que é frequentemente usada para apoiar placas e painéis tradicionais, cofragem de piso com sustentação adequada e cofragens deslizante (Heinemann, 2013).

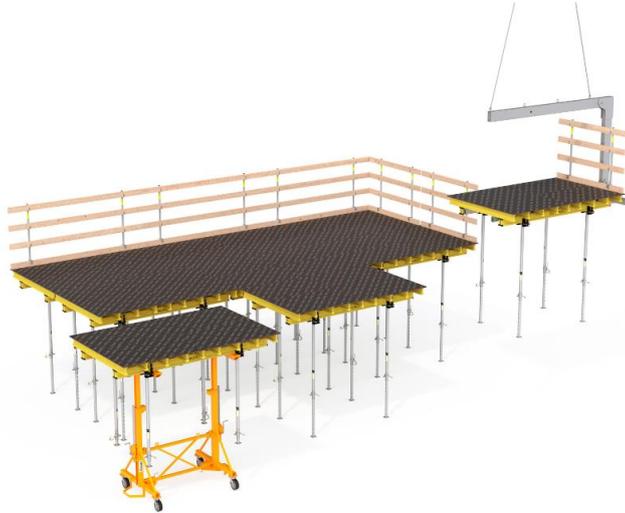


Figura 22 – Cofragem em mesa para laje de piso

As cofragens feitas em chapa de aço para o betão normalmente são montadas no local da obra. O custo destas cofragens é geralmente compensado pelo elevado número de reutilizações que são possíveis.

O objetivo de compactar o betão não é apenas garantir que o molde esteja completamente preenchido, mas principalmente, para eliminar bolsas de ar e distribuir uniformemente a massa de betão e garantir que os agregados estejam densamente espalhados sem deixar espaços vazios. Além disso, a compactação garante que o betão forme uma densa camada limite na superfície que envolve completamente o reforço de aço (Heinemann, 2013).

As estruturas pré-fabricadas podem ser construídas através do uso de elementos lineares, ou submontagens de um conjunto de colunas no espaço. A submontagem de pilares e vigas pré-fabricadas têm a vantagem de ser colocadas com mais prontidão do que os sistemas tradicionais, tendo vantagens como uma maior agilidade no desenho, um menor desperdício, e as imperfeições do material são reduzidas uma vez que o ambiente de fabrico é controlado. O uso de elementos como pilares geralmente significa colocar apoios para as vigas. Assim as vigas podem ser assentes nas mísulas dos pilares, para uma maior facilidade de construção e para auxiliar a transferência de cisalhamento de corte da viga para a coluna (Edward Allen, 2010).

No entanto, as conexões rígidas da coluna em alguns casos, quando a continuidade do reforço longitudinal passa da coluna para as vigas tem necessidade conjunta de ser assegurada e reforçada. Os componentes de uma armação de betão armado pré-moldado são apresentados na figura seguinte.

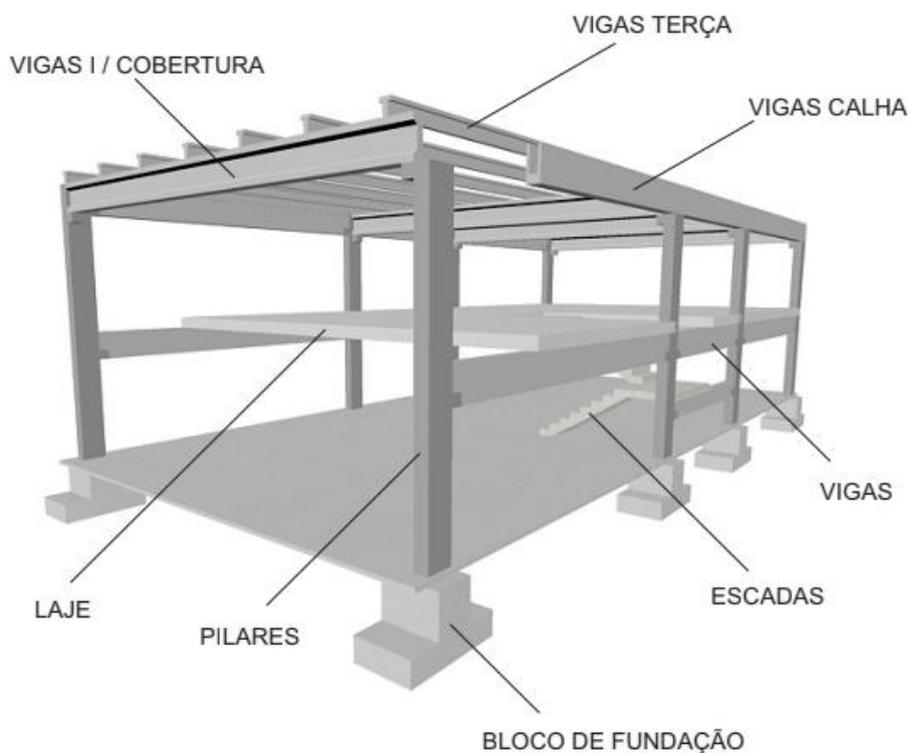


Figura 23 - Componentes de uma armação em betão armado pré-fabricado

Importa salientar que a força da forma necessária para resistir à pressão do betão armado húmido também se coloca como um limite na quantidade de betão que pode ser economicamente mais caro nesta operação. Os serviços de betonagem devem, portanto, ser planeados em etapas e separados por juntas (Heinemann, 2013).

O betão é produzido através da mistura de cimento, agregados grosseiros e finos, e água. Normalmente, 1 m³ de betão contém 300–350 kg de cimento, aprox. 2000 kg de agregados e 130–200 l de água. Dependendo do uso pretendido do betão, os aditivos podem ser misturados (mistura: aprox. 0,5 a 10 kg / m³; aditivo: aprox. 5 a 50 kg / m³). Após a mistura, o betão deve ser colocado e compactado o mais cedo possível.

2.9 Tectónica do betão armado

Desde o uso palavra tectónica no contexto da construção que existe um grande debate sobre o seu significado, levando a discussão para diferentes áreas além da arquitetura, como a sua origem história que advém dos Gregos, da arte e da filosofia. “Só no século XIX, quando novos materiais e métodos construtivos são aplicados de forma determinante na arquitetura, foi necessário um termo plausível que cobrisse uma explicação teórica do fenómeno da construção tecnológica. É neste período que o termo tectónica é introduzido e elaborado no discurso arquitetónico germânico num sentido moderno.” (Frampton, 1997, p. 94) Quando as “novas estruturas em ferro e análises científicas dos hábitos de vida revolucionaram a construção civil e a sua aparência (...) os teóricos procuravam coordenar o mundo observável da construção e a consciência interna da arte. Os seus esforços conduziram ao discurso da tectónica.” (Schwarzer, 1993, p. 167)

Por exemplo, no Museu de Arte Kimbell, Kahn utilizou o betão e a pedras calcárias para criar as paredes do edifício, sendo estas que sustentam parte das cargas das coberturas cicloides. O museu é formado por dezasseis volumes paralelepípedicos e cicloides todos com as mesmas dimensões e que se repetem. A entrada de luz natural para o seu interior é feita através de pátios internos e de aberturas na cobertura.

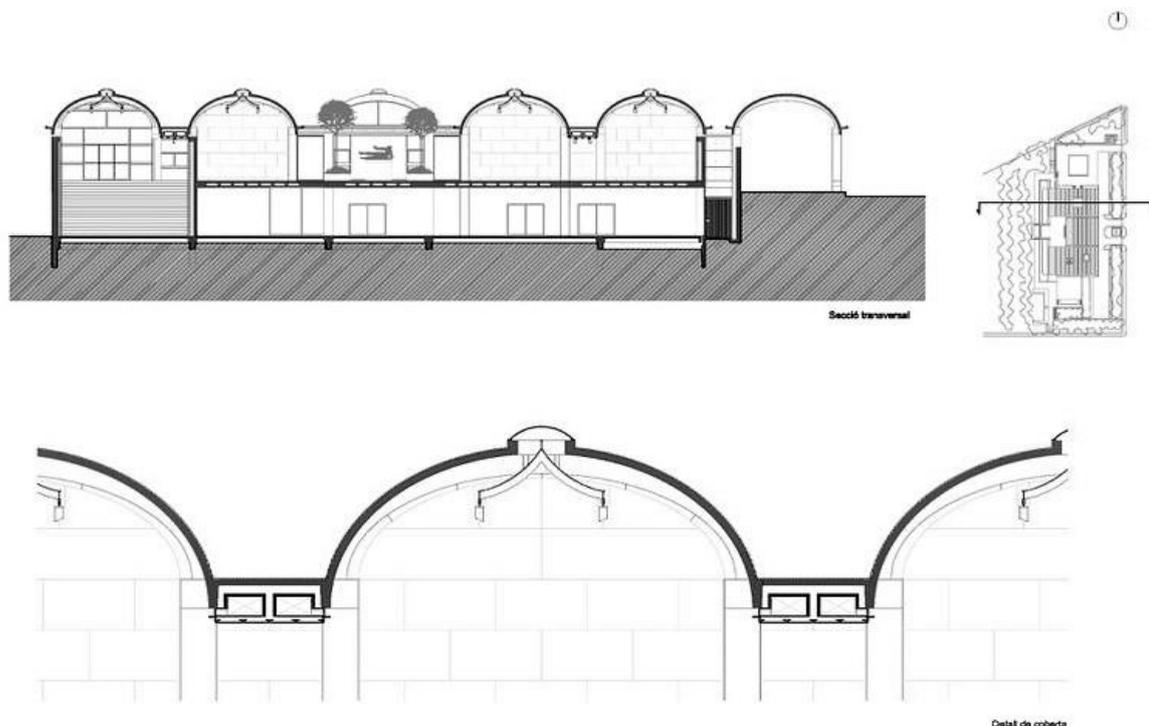


Figura 24 – Planta e Cortes do Museu de Arte Kimbell

O enigma por detrás do sucesso da estrutura em betão armado da cobertura deve-se ao facto de estar apoiada em quatro colunas monolíticas, uma em cada canto sustentando todo o arqueamento que é reforçado com cabos de aço internos para evitar as tensões no distanciamento entre os apoios (Dirk Huylebrouck, 2007).



Figura 25 – Museu de Arte Kimbell, Texas, USA

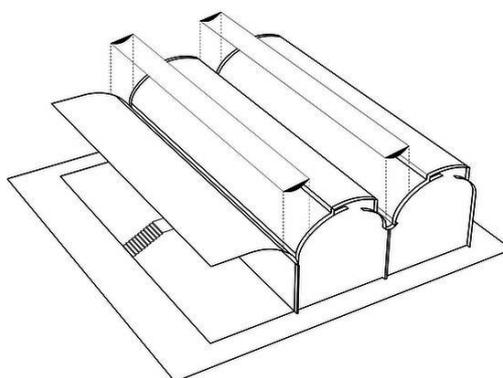


Figura 26 - Relação da estrutura do museu



Figura 27 - Biblioteca de Exeter, EUA

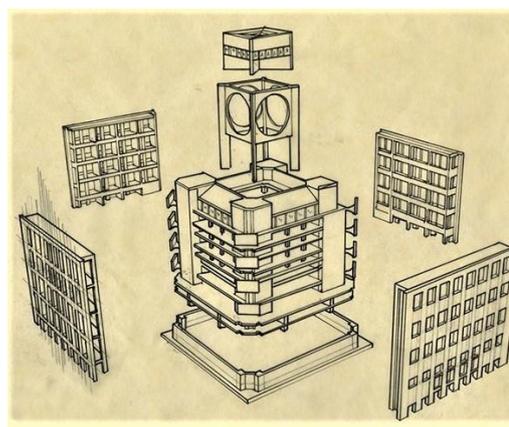


Figura 28 – Relação da estrutura da biblioteca

A maior distinção na forma tectónica estrutural entre as obras arquitetónicas minimalistas antigas e contemporâneas é que, inicialmente, as estruturas dos edifícios são construídas na maior parte em aço ou vidro, betão, tijolo e pedra, como nas obras de Mies e Kahn. O resultado é a complexidade na relação entre a estrutura interna e a estrutura circundante, que são feitas de materiais distintos e com diferentes sistemas estruturais. Por outro lado, os arquitetos minimalistas contemporâneos apresentaram as suas interações pessoais usando materiais mais específicos, misturando tendências, tendo sempre presente a luz natural, e empregando nos seus projetos sistemas estruturais na forma tectónica.

Esta forma integra uma combinação das características imateriais como a luz e a sombra com a sua materialidade do edifício, e os aspetos ontológicos *versus* os representacionais da forma tectónica (Oliveira, 2016).

O estilo de Peter Zumthor é distinto, e enfatiza a apresentação do princípio da mecânica estrutural, tal como Kahn, á exceção da cobertura plana em betão armado coberto cor elementos verdes naturais.



Figura 29 - Termas de Vals, Suíça

Zumthor para a construção das termas de Vals serve-se de materiais naturais do local como o quartzo de vale que aplica em camadas e até de forma monolítica, mas também usa o betão e o vidro. A estrutura é formada por lajes finas que suportam a carga das termas e por paredes grossas e revestidas a pedra, que juntamente com a água e a luz natural procuram a transmitir sensações e criar uma atmosférica única (Macedo, 2009).



Figura 30 - Museu de Arte de Bregenz, Bregenz, Áustria

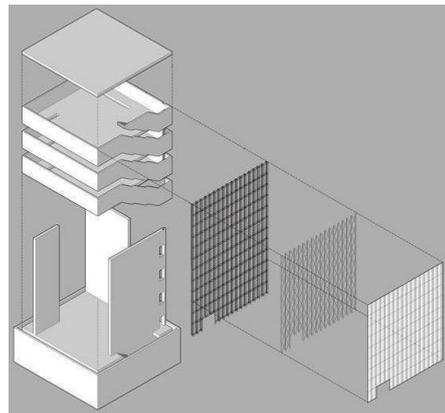


Figura 31 – Relação da estrutura do Museu de Arte

De igual modo, o Museu de Arte Nakagawa-machi Bato Hiroshige, de Kengo Kuma revela uma associação a elementos imateriais (luz e sombra) e a forma tectónica de múltiplas camadas. A estrutura do museu é constituída por paredes combinadas de suporte de carga de betão armado e uma estrutura de aço.



Figura 32 - Museu de Arte Nakagawa-machi Bato Hiroshige, Japão



Figura 33 – Estrutura interior do museu

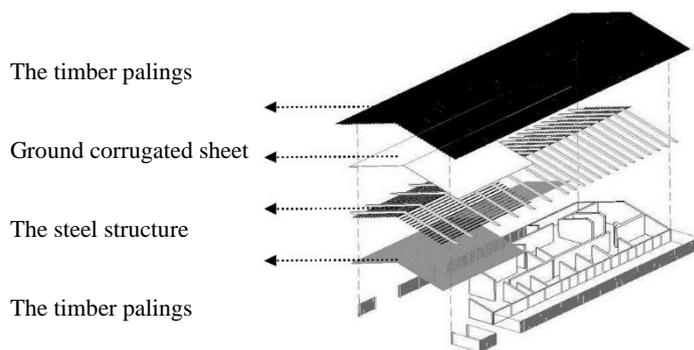


Figura 34 - Museu de Arte Nakagawa-machi Bato Hiroshige, a relação da estrutura com os seus materiais

A estrutura nem sempre é visível, representando assim o material na sua forma tectónica. As zonas verticais e horizontais do museu são construídas com amplos tetos de madeira para criar uma pele de semi-transparência, sendo que a estrutura principal do museu é composta de betão armado.

Puxando o lastro cronológico um pouco atrás, entre 1914 e 1917 o arquiteto Le Corbusier, precursor da arquitetura moderna, foi o responsável pelo sistema construtivo chamado de casa dom-ino. “Sendo um cânone da arquitetura moderna, dom-ino é sempre representada com a sua perspectiva bem conhecida, que manifesta os cinco pontos da arquitetura moderna de Le Corbusier. A casa dom-ino foi projetada tendo uma estrutura em betão armado, composta por três lajes retangulares, seis pilares delgados, seis sapatas de fundação e uma escada de dois lances” (İskenderoglu, 2009). Os pilares são recuados em relação á fachada, permitindo assim a utilização de janelas mais extensas. Estes elementos permitem que a comunicação do edifício e a sua fachada sejam livres da estrutura, alcançando uma maior flexibilidade no desenho das plantas e alçados do edifício (İskenderoglu, 2009). Ao analisar as características formais deste sistema denota-se que há relações entre os seus elementos, além de físicas, dimensionais e proporcionais (Palermo, 2006).a

Esta unidade procurava simplificar a construção de habitações, aproximando-se do conceito de produção em serie dos seus elementos. Tendo presente o carácter económico e social vivido na época do pós-guerra. O arquiteto elaborou este modelo tendo em conta as suas inúmeras possibilidades, podendo ser aplicado nas mais variadas tipologias de edifícios, sendo implicitamente muito usado na atualidade (Palermo, 2006).

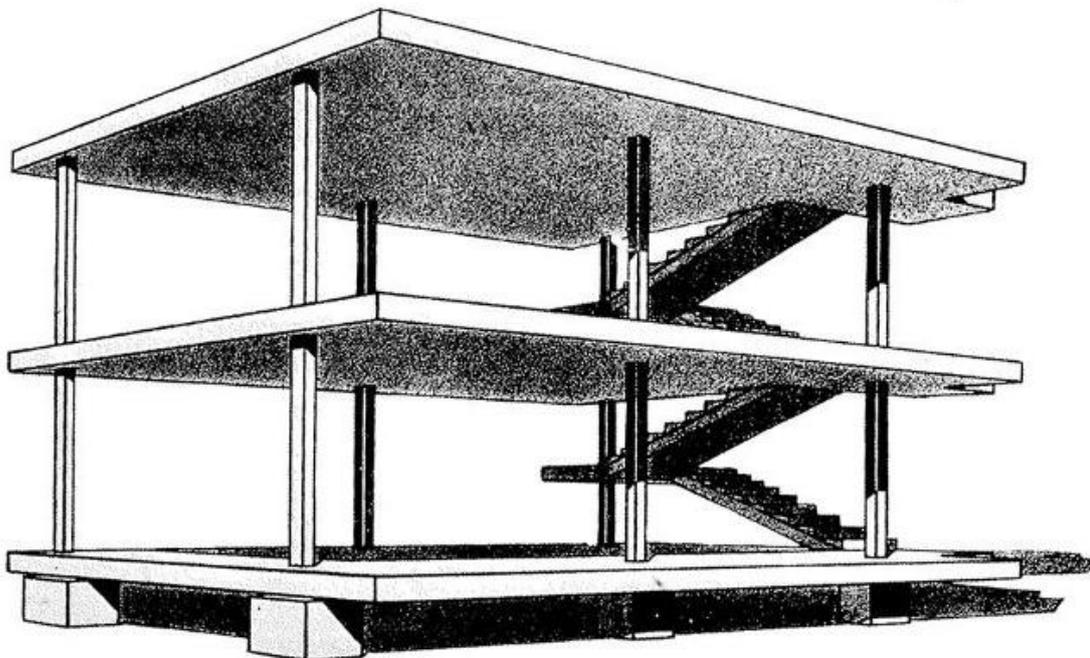


Figura 35 - Estrutura Domino de Le Corbusier

Algumas obras em betão

A maior parte das pontes construídas em Portugal e no mundo são feitas de betão. Estas pontes passam por uma ampla variedade de climas e localizações geográficas. O betão, com uma longa vida e baixa manutenção supera consistentemente outros materiais, sendo uma boa opção para a construção destas passagens. Como exemplo, no contexto nacional a Ponte de Vila Nova de Milfontes sobre o Rio Mira, construída em 1978, tem toda a sua estrutura em betão armado.



Figura 36 - Ponte de Vila Nova de Milfontes sobre o Rio Mira

Outro exemplo da arquitetura em betão, mas na hotelaria.



Figura 37 - Hotel Leninabad Khujand

O complexo hoteleiro Romano de Baile Herculane foi construído no interior de uma zona natural pouco tocada pelo ser humano, sendo que a sua localização pretendia tirar partido da qualidade da água da região para a saúde e para o bem-estar. A arquitetura monumental do hotel enquadra-se no brutalismo europeu, com referências ao modernismo, sendo que a sua construção ocorreu entre 1974 e 1976. No local existem algumas atrações turísticas como uma estátua de Hércules do centro do complexo e os banhos imperiais romanos, cujo fundador foi o próprio Imperador Trajano.

O significado especial deste lugar é atestado pela história, o que garante a eficiência terapêutica das águas minerais e termais, verificadas por dois milênios, razão pela qual os romenos construíram esse resort no limiar do seu império. Deve-se mencionar, que os populares dizem que as águas minerais e termais do local têm efeitos miraculosos de cura, e eram conhecidas e usadas permanentemente muito antes dos romanos conquistarem a Dacia (Munteanu, 2011).



Figura 38 - Hotel Romain Baile na Roménia

Capítulo III

Métrica e Simetria

3.1 Métrica

Quando se fala em métrica no domínio da arquitetura, naturalmente somos direcionados para a maneira de como foi desenhado certo edifício ou objeto. A partir do momento em que se começa a atribuir uma ordem ao desenho, e com isso se tenta aglomerar o máximo de elementos pode-se dizer que seguem um raciocínio métrico. Um dos métodos de desenho sob a influência da métrica pode ser o resultado do traçado do edifício sob uma grelha, sendo esta a fórmula base que possivelmente definirá toda a estrutura da construção, tanto no interior como no seu exterior, como até possivelmente na sua fachada.

“É claro que diferentes tipos de edifícios podem exigir grelhas diferentes devido a requisitos específicos, resultando em diferentes sistemas estruturais” (Knaack, Bilow, Auer, Klein, 2007).

Por exemplo, independentemente da tipologia do edifício, o que pode influenciar o desenho de uma grelha pode ser o dimensionamento dos lugares de estacionamento subterrâneo que por sua vez interfere com o posicionamento dos pilares. Estes lugares de estacionamentos por norma usam medidas como 2.5 m ou 3 m de largura por 5.5 m ou 6 m de comprimento, sendo mais ou menos estas as dimensões dos veículos ligeiros de hoje em dia. Assim os pilares podem situar-se de três em três lugares, sendo que isto depende das dimensões dos pilares e das cargas a que estão sujeitos.

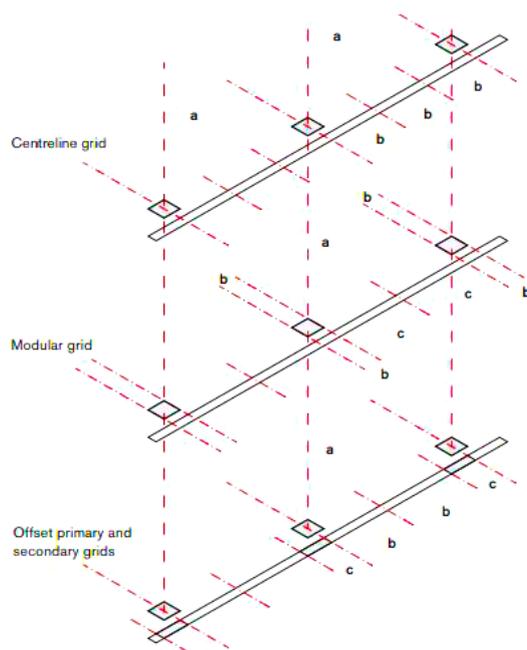


Figura 39 – Desenho estrutural recorrendo à métrica com vários tipos de grelhas

Este sistema de desenhar a partir uma grelha pode subdividir-se e dar origem a outras, como grelhas primárias e secundárias, dependendo das necessidades ou métodos do responsável pelo projeto.

“Um dos atributos mais importantes de uma grelha é que sua definição implica uma decisão no projeto. O princípio organizador da grelha é expresso na fachada. Define a proporção da fachada e o seu ritmo. E escolher uma grelha específica ajuda a determinar a disposição horizontal e vertical dos elementos da fachada.” (Knaack et al, 2004)

3.2 Métrica nas fachadas

Em inúmeros casos pode observar-se que as fachadas dos edifícios tendem a ser sistematizadas, isto é, que tendem a seguir um padrão ou uma certa ordem, que por sua vez resulta do desenho do seu interior. Se porventura este desenho interno recorreu à métrica é normal que a sua fachada resulte num mesmo ritmo ou padrão.

Segundo Knaack e colaboradores (2004), hoje em dia quando se projeta uma fachada é preciso ter em atenção fatores como o coeficiente de transmissão térmica, a impermeabilização, e a resistência face aos elementos naturais como a chuva e o vento. Para que as fachadas cumpram todos estes requisitos de regulamentação tornaram-se elementos da construção particularmente elaborados apesar de na sua génese serem elementos fáceis de desenhar. Nas fachadas a presença de vãos em vidro faz com que sejam meticulosamente desenhados e certificados em fábrica e só depois transportados para a obra. Embora haja casos em que estas janelas sofrem alterações em obra, mas essas situações são mais frequentes no campo da reabilitação.

No planeamento de uma obra deve haver uma divisão de tarefas coordenada e bem organizada, entre todas as equipas responsáveis pelo projeto. Uma vez que tudo é desenhado ao detalhe, pretende-se que na maior parte dos casos seja só chegar á obra e efetuar a montagem. Com este método de cooperação entre as pessoas, as linhas de montagem e fabrico, alcança-se uma execução mais eficiente e um processo muito mais seguro.

A introdução de uma fachada que seja irradiadora de luz numa conjuntura urbana deve ser profundamente ponderada. O propósito destas fachadas em ciclos circadianos é afirmarem-se, mas não negativamente. A sua contextualização com dispositivos variados deve caucionar o impacto reduzido na envolvente, estimulando uma direção para áreas

principalmente públicas e com menos edificações. Igualmente indispensável é um estudo no campo da luminotecnia, onde se analisa e se tem em conta as fontes luminosas, a sua autoridade, a cor da luz e curva fotométrica, só assim sendo exequível estudar a área de preponderância da luz e os seus resultados em termos urbanos (Macdonald, 2003).

Tadao Ando é um dos exemplos perfeitos do uso exaustivo do rigor e da métrica, estando estas presentes em grande parte das suas obras. O arquiteto utiliza o corpo humano como referência de construção, e segundo ele “O edifício deve ser construído em resposta ao corpo humano” (Ando, 2002). E também os elementos geométricos que permitem aos seus edifícios adquirir a ordem e o rigor de forma natural integrada na paisagem. “Quando desenho a partir das arquiteturas grega e romana, especialmente da grega, estou tentando entender como a geometria pode ser combinada ao espírito e ao material para realizar algo que possua uma ordem especial (Ando, 2002).



Figura 40 – Colina do buda, Cemitério Makomanai Takino, Sapporo, Japão.

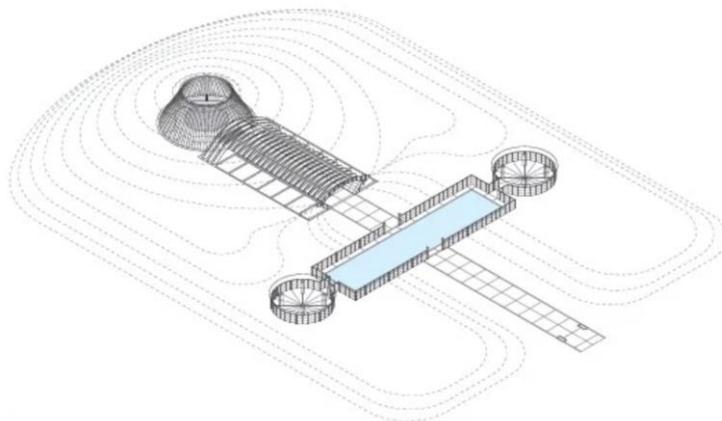


Figura 41 – Axonometria da colina do buda, Sapporo, Japão.

A Colina do Buda é uma obra em que Tadao Ando recorre ao traçado geométrico e rigoroso com especial cuidado. Estando localizado num cemitério, o projeto visa ser um espaço de tranquilidade, de calma e paz tal como os ideais que regem o budismo. Os visitantes para chegarem ao buda fazem um percurso que é interrompido por um espelho de água, que é sucedido por uma entrada em betão que orienta para o interior da colina, com auxílio da luz e da sombra as pessoas são direcionadas para uma clareira onde se encontra a grande estátua (Anghiler, 2020).

3.3 Simetria

A simetria é um conceito que abrange diversas áreas do conhecimento, como a matemática, as artes, a biologia e a arquitetura. Para as culturas clássicas, greco-romana, isto significava a procura da harmonia através do senso de ordem, a procura da beleza e da perfeição. Pode afirmar-se que a simetria é quando se divide algo ou um elemento ao meio e as suas metades são exatamente iguais. O preciso local onde se divide o elemento em dois iguais denomina-se de eixo de simetria, que pode ser real ou imaginário (Knaack et al., 2004).

Embora seja inteligível reconhecer e alcançar simetrias intuitivamente, é um pouco mais difícil explicá-la em termos precisos mais concretos. No entanto, no plano, a ideia básica é muito clara, assumindo-se como uma figura no plano, nomeadamente simétrica se pudermos dividi-la de tal modo que as partes resultantes desta repartição concordem perfeitamente, quando sobrepostas. Uma das principais coisas que assinalamos a respeito de simetrias é que elas podem ser de dissemelhantes tipos (Stumpp, 2013).

Os dois tipos primordiais são as simetrias axiais e as simetrias centrais. Simetrias axiais ou em encadeamento as retas são aquelas onde pontos, objetos ou partes de objetos são a representação retratada um do outro em conexão com a reta dada, denominada eixo de simetria. O eixo de simetria é a mediatriz da seção que junta os pontos correspondentes.

Esta simetria acima referida denomina-se de refletiva, mais conhecida como espelho ou axial. Nas figuras abaixo pode-se observar que ao imaginar um eixo vertical que divide o centro das imagens, estas são iguais dos seus dois lados.



Figura 42 – Armstrong Rubber Company, Connecticut, USA



Figura 43 – National Theatre, Southbank, London

Quando se gira um elemento ou uma figura ao redor de um ponto e esta fica exatamente como na posição original, ou seja, a aparência do elemento fica igual à aparência inicial, mesmo depois da rotação, estamos então na presença de uma simetria rotacional ou central (Gargiani, 2016).

Na arquitetura a simetria procura transmitir a sensação segurança e estabilidade, criando uma ordem e uma proporção.

Nos seguintes exemplos abaixo, pode observar-se que o objeto mantém a mesma aparência independentemente da sua rotação.



Figura 44 - Catedral Metropolitana Nossa Senhora Aparecida, Brasília, Brasil



Figura 45 - Cemitério de San Cataldo, Módena, Itália

Capítulo IV

Análise de Casos Relevantes do Século XX

4.1 Pier Luigi Nervi

As três principais obras projetadas pelo engenheiro italiano Pier Luigi Nervi são notáveis e considerados marcos históricos na evolução do betão. Os edifícios considerados são a Estação Rodoviária George Washington Bridge, em Nova York (EUA), a fábrica de papel Burgo em Mântua (Itália) e o Palácio do Trabalho em Turim (Itália), sendo todos construídos entre 1961 e 1963. A escala destes edifícios significava que seriam mais tarde conhecidos como mega edifícios, ou seja, grandes estruturas funcionais usadas por muitas pessoas e projetadas para terem uma vida útil para além das construções comuns. Estas megaestruturas foram consideradas na época como uma possível solução para a crescente necessidade de espaços urbanos (Gargiani, 2016).

A capacidade de projetar e construir os seus próprios projetos fez das suas soluções propostas uma interação racional entre os dois processos. A capacidade de Nervi de olhar os seus projetos de ambas as perspetivas e o benefício que possuía de ser capaz de controlar o processo através do design até a conclusão da construção foi inestimável. Essa situação facilitou a melhor e mais fácil introdução da resolução de problemas, melhorando maciçamente a eficácia do processo. As três estruturas são exemplos de processos de engenharia total mais eficiente do seu tempo (Voorde, 2009).

A Estação Rodoviária George Washington em Manhattan, foi projetada por Nervi no ano de 1961. Nesta altura, após o sucesso mundial das suas estruturas olímpicas em Roma, Nervi já tinha recebido reconhecimento internacional como um dos maiores designers estruturais do seu tempo.



Figura 46 - Estação Rodoviária George Washington em Manhattan

Este enorme complexo possui cerca de 10.000 m² e foi concebido para se tornar o único terminal entre Nova Jersey e Nova York. Para conectar a nova estrutura de betão armado do telhado com a estrutura de aço existente da estação de metro, Nervi utilizou pinos de aço aparafusados na base das colunas. A sua construção possui respostas mecânicas dos componentes, especialmente em relação à temperatura.



Figura 47 - Pino de aço duplo na parte inferior da coluna central na Estação Rodoviária George Washington em Manhattan

O espaço interior da estação é funcionalmente dividido em três andares ligados pelo sistema de circulação vertical, para facilitar o movimento dos utilizadores do terminal. O andar subterrâneo que inclui as linhas de metro, o piso térreo onde os passageiros podem encontrar os principais serviços e, no piso superior que representa o terminal adequado onde chegam os autocarros (Inácio, 2016).

Estruturalmente, a estação reflete seu desenho interno, duas enormes treliças, vigas em betão armado no lado mais comprido do edifício.



Figura 48 – Exterior da Estação Rodoviária George Washington

O projeto respeita integralmente a estrutura original do engenheiro italiano e limita qualquer redesenho para os espaços internos de acordo com as necessidades contemporâneas. A capacidade de construir para se adaptar, mantendo a sua própria identidade, é outro sinal da resiliência de Nervi ao desenhar.

O seu outro projeto, igualmente importante foi o Palácio do Trabalho em Turim, construído em 1961, para comemorar o dia do trabalhador e lembrar da importância da luta da classe e da celebração do primeiro centenário pela República Italiana (Gargiani, 2016).

Em julho de 1959, o Parlamento Italiano, por meio de uma organização especial Commission - Italia 61, aprovou uma série de eventos culturais organizados em toda a Itália para celebrar o seu centenário. Esta celebração incluiu uma competição nacional com um pequeno grupo de participantes que tinha como principal intuito elaborar novas práticas de desenho para uma grande sala de exposições a ser construída em Turim. (Knaack et al., 2007).

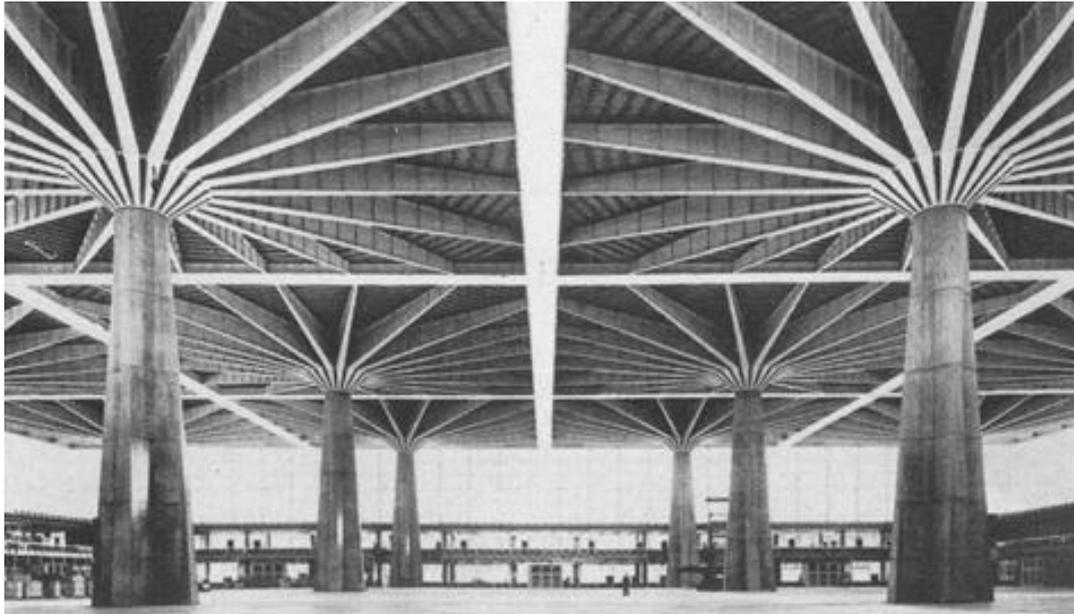


Figura 49 - Palácio do Trabalho em 1961, Turim

Inicialmente, a pretensão de Nervi foi tentar projetar uma cúpula sobre um plano circular, embora tenha chegado à conclusão que era pouco funcional. Posteriormente, com a ajuda do seu filho propôs uma ideia distinta, a de projetar um conjunto de pequenos e independentes telhados em toda a área (Roberto Gargiani, 2016). Por outro lado, a construção de colunas em betão armado à vista apresentou diversas questões. Sendo que a ideia principal foi demarcar um alinhamento vertical perfeito entre as colunas, especialmente no topo onde o capitel de aço seria colocado (Gargiani, 2016).

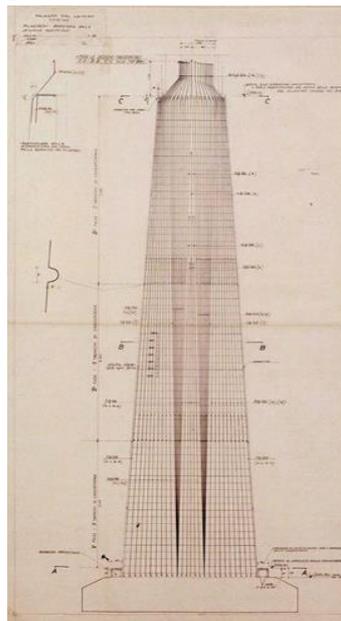


Figura 50 - Colunas em betão armado exposto

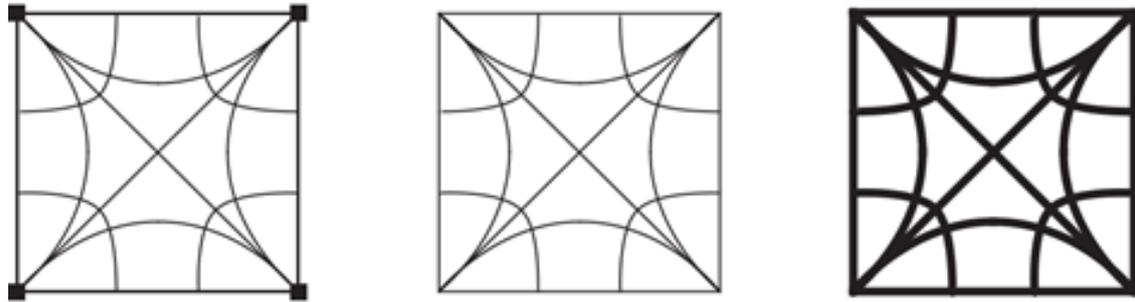


Figura 51 - Diagramas dos isostáticos (A), as linhas de reforço (B), a definição de uma laje nervurada (C)

A Burgo Paper Mill representou, como muitos dos trabalhos de Nervi, um desafio. Em 1960, a Burgo Company estava prestes a construir uma fábrica para acomodar novas máquinas para a transformação da polpa de madeira em papel de jornal. Este processo exigia um comprimento total de 100m para o espaço de produção. O edifício deveria assim, ser bastante longo (Wermiel, 2009).

Toda a área tinha de estar livre de quaisquer elementos estruturais verticais em pelo menos 150 m, o que significa que, após a consideração dos espaços auxiliares e áreas de trabalho, toda a estrutura tinha de ser de aproximadamente 250 m e com 30 m de largura sem colunas internas, uma gigantesca caixa vazia.



Figura 52 - Burgo Paper Mill

Na prática, Nervi propôs duas variações em termos de materiais, o primeiro foi um edifício feito inteiramente de betão armado e o segundo, combinando o betão armado com os elementos de aço. Ambos os materiais forneceram uma cobertura plana, suspensa através de quatro apoios externos. Embora, tenha sido utilizada a opção aço-betão sobre a solução de betão puramente reforçada. A solução da Burgo Paper Mill é um projeto simples, uma qualidade da abordagem de desenho de Nervi, especialmente no que diz respeito a edifícios de grande porte (Gargiani, 2016).

Neste caso pode ser separado em três sistemas distintos:

- 1: A base em dois níveis, que suporta a máquina de papel contínuo.
- 2: As paredes de cortinas de vidro e aço que abrangem todo o edifício.
- 3: A cobertura plana de aço com a sua estrutura composta de suporte.

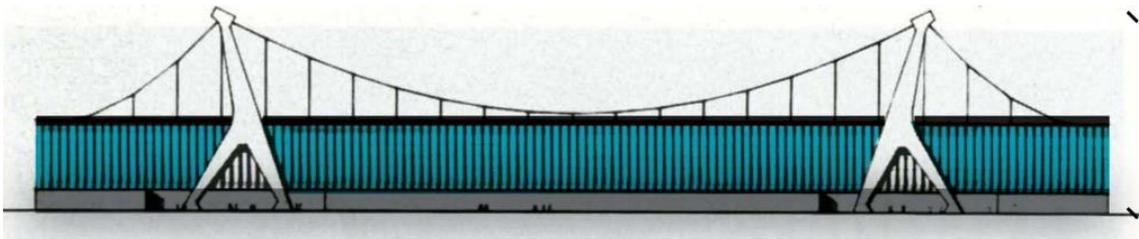


Figura 53 - Diagrama da fábrica de papel Burgo, principais componentes

A capacidade da Nervi de dominar o aço e o betão armado, especialmente no caso dos edifícios italianos, deve-se à colaboração estrita com Gino Covre, o projetista estrutural, e à Badoni Company para a realização das estruturas de aço.

4.2 Le Corbusier

O projeto da Unidade de Habitação de Firminy Vert em França foi iniciado na década de 1950 por Le Corbusier, mas só em 1965 é que o trabalho foi iniciado pelo seu colaborador e substituto André Wogenscky, isto devido ao falecimento do arquiteto principal. Com o aparente crescimento populacional da região foi pedido no projeto inicial a construção de três unidades de habitação para o local, embora acabasse por ser construída apenas uma. Isto porque houve uma estagnação no aumento de habitantes, e os que permaneceram na cidade eram vinculados a seguirem os padrões mais tradicionais de arquitetura, recusando assim os avanços modernistas (Bussel, 2001).

O edifício caracteriza-se por ter numerosos aspetos do desenho de Le Corbusier, como os pilotis de betão da base, que suportam o edifício e ao mesmo tempo deixam um plano livre que maximiza o contacto visual com a natureza. A fachada é aberta e detentora de um traçado rigoroso, respeitando sempre uma ordem que apenas se entrompe em situações peculiares, como no local dos acessos verticais e na rotação dos apartamentos no seu topo (Oliveira, 2016).

O edifício tem um comprimento de 130 metros, uma largura de 21 m e a altura de 56 metros, tendo 17 pisos que albergam 414 apartamentos de variadas tipologias e 7 corredores internos, no piso 18 e 19 existe uma escola, e no piso 20 um terraço.

Após anos de uso, partes do edifício foram encerradas e só anos mais tarde depois de passarem por um processo de renovação, que visava aumentar os apartamentos para darem resposta às exigências dos dias de hoje, é que voltaram a abrir. E alguns elementos foram selecionados para pertencerem aos monumentos históricos e assim serem preservados, como os pilotis, a fachada, a escola e o terraço (Pinto, 2011).



Figura 54 - Unidade de Habitação de Firminy – Vert, França



Figura 55 – Interior da escola da Unidade de Habitação de Firminy

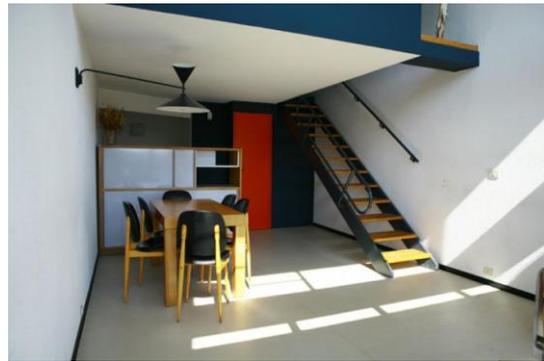


Figura 56 – Interior dos apartamentos da Unidade de Habitação de Firminy

4.3 Oscar Niemeyer

O projeto do Hotel Casino do Funchal situado na ilha da Madeira é da autoria de Oscar Niemeyer e de Viana de Lima, que trabalhando em parceria projetaram o edificado. A obra está datada de 1966 a 1979, sendo que os primeiros esquiços são da autoria de Niemeyer que os executou numa reunião em Paris com o proprietário da grande empreitada, Eurico Barreto. Logo nesse primeiro contacto com o futuro dono, ficaram definidos os primeiros traços e a forma que o projeto iria tomar (Castro, 2011).

Dada a racionalidade de Viana de Lima o projeto ganhou e prosperou com um maior detalhe, isto já há muito sabido por Niemeyer uma vez que os dois arquitetos já tinham trabalhado em conjunto no projeto do Empreendimento da Pena Furada (que acabou por não ser construído).

Desde início que houve um especial cuidado para a preservação da natureza envolvente, deixando a topografia do terreno intacta, tirado partido disso. Como o hotel está implantado no alto de uma colina, com declive um pouco acentuado, tem-se assim uma surpreendente vista para a baía do Funchal. O programa atribuído ao projeto era compreendido entre hotel, casino e um cine-teatro. A construção que adquiriu maior volume foi o hotel, sendo o mais alto dos três edifícios, tendo oito pisos. Para complementar o hotel foram feitos dois campos de ténis, uma piscina e espaços exteriores, que ofereciam aos seus visitantes uma vivência mais completa e integrada com o meio natural (Castro, 2011).

Os pisos do hotel estavam organizados segundo três grandes funções, no primeiro piso encontrava-se uma área mais técnica e os serviços. O segundo piso era onde havia uma mistura organizada de funções, como serviços administrativos e serviços que estavam responsáveis pelo restaurante, cabine telefónica e salão de beleza. No terceiro e no quarto piso encontrava-se uma área mais social que acomodava a receção, a sala de espera, o bar e algumas lojas. Do quinto piso ao oitavo estava a zona mais privativa de todo o complexo, albergando 380 quartos e 20 suites (Macdonald, 2003).

O casino é o elemento diferenciador de todo o desenho, este aparenta ter ecluído do solo, enquadrado perfeitamente na natureza, como se de uma forma natural nascida no local se tratasse, e tendo a mais prestigiada vista sobre o oceano. É neste edificado que estava a discoteca, a boíte, o restaurante, a sala de jogos e o cine-teatro. Este último a sua génese derivou da ideia de uma concha que á medida que a sua construção foi avançando

foi-se verificando que mais se assemelhava a um trapézio, tendo também a função de servir de remate de todo o complexo hoteleiro (Kuban, 2017).

O responsável pelo projeto do espaço interior foi Daciano da Costa, sendo ele que tratou do mobiliário e da decoração, colaborou com José Rodrigues, Fernando Conduto, Maria Velez, Sá Nogueira e Charrua na parte artística do hotel. Apesar da complexidade e da grande envergadura de todo o complexo a obra teve a duração de treze anos, mas a sua inauguração foi antecipada, tendo sido em 1976.



Figura 57– Hotel – Casino do Funchal, Ilha da Madeira



Figura 58 – Casino do hotel



Figura 59 – Hotel e rampa que conecta os diferentes níveis da topografia

Capítulo V

Memória Descritiva do Hotel da Avenida da Boavista

5.1 Contextualização

O terreno atribuído para a prática da disciplina de projeto de quinto ano situa-se a norte da Avenida da Bovista na Cidade do Porto, entre o Foco e o estádio do Bessa.

Pretendia-se projetar um hotel de quatro estrelas no qual o edifício se desenvolveria em dois lotes que se encontram vazios, tendo apenas como principal característica um pequeno declive que apenas é interrompido por uma estrada que passa a eixo. O edifício teria uma área de 8000,00 m², mais as áreas de circulação e as suas paredes, que se aproximaria de uma área total de 10 800,0 m².

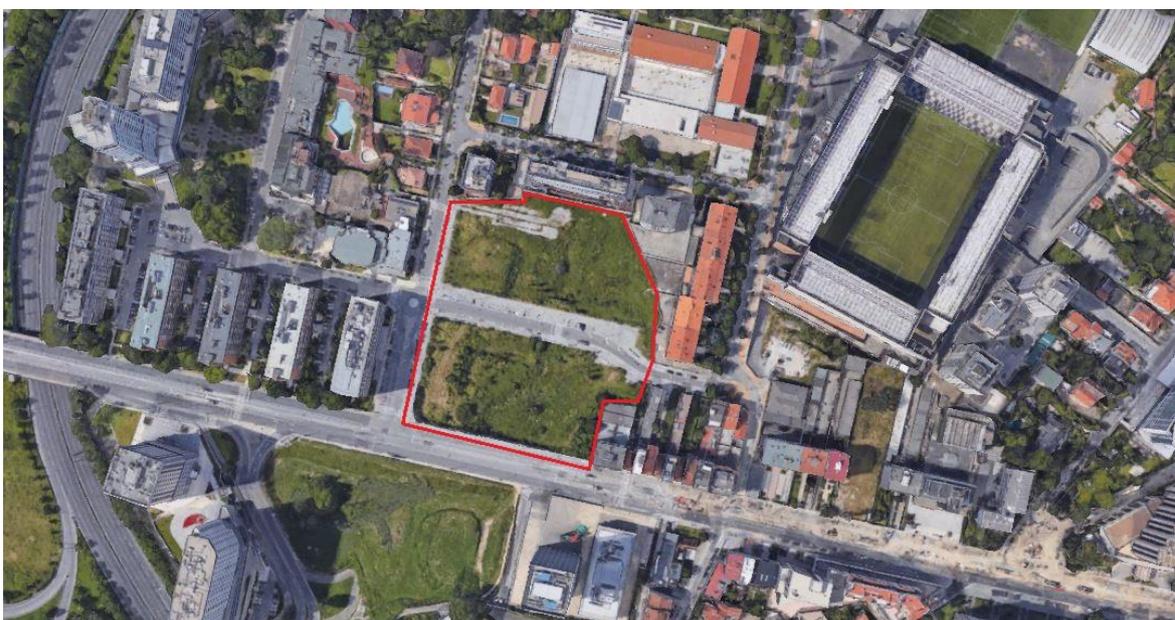


Figura 60 – Vista aérea sob a Avenida da Boa Vista com o terreno de trabalho identificado

O programa do projeto determinava que as áreas seriam distribuídas da seguinte forma	
Receção / lazer 645 m ²	Quarto duplo de mobilidade condicionada 25 m ²
Administração 75 m ²	Suíte 40 m ²
Restaurante 475 m ²	Lazer / health club 433 m ²
Sala de multiusos 705 m ²	Serviços 337 m ²
Quarto duplo 25 m ²	Estacionamento coberto para 100 viaturas

Este local pode considerar-se de grande relevância do ponto de vista da arquitetura, próximo ao denominado Foco, encontrando-se a sudoeste o edifício de escritórios e edifícios de apartamentos projetados por Agostinho Ricca. A noroeste está a Igreja de Nossa Senhora da Boavista e o antigo complexo hoteleiro, com cinema e piscina do mesmo autor. A Sudeste situa-se a torre do Burgo que é um magnífico conjunto de escritórios projetado por Eduardo Souto Moura.

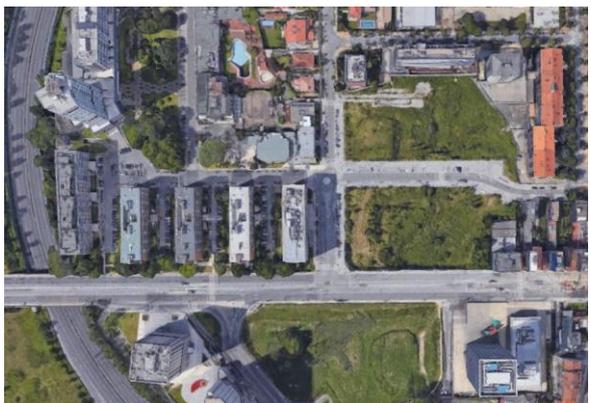


Figura 61 – Zona de Intervenção



Figura 62 – Edifícios relevantes

A grande ideia que orientou e definiu o desenho do projeto foi pensar num edifício que fosse de um traçado simples, em que a métrica fosse sempre controlada independentemente da evolução e das alterações do desenho em que viriam a ser feitas. Depois da fase inicial dos esboços, determinou-se a volumetria do edifício, sendo uma grande superfície retangular cheia de relações entre si.

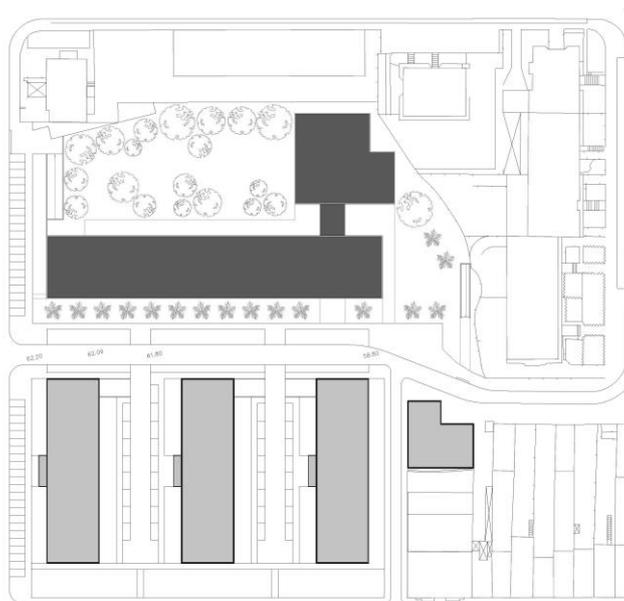


Figura 63 – Implantação do hotel

Na porção de terreno mais a norte foi implantado o hotel, sendo que esta decisão foi tomada devido a uma caracterização de zonas do tecido urbano. Uma vez que a norte se situa o atual Hotel Bessa, não existe razão para não completar o lote com outro hotel e assim determinar uma zona hoteleira naquele local da cidade. No terreno a sul implantaram-se três edifícios de forma retangular que davam uma ideia de continuidade dos edifícios de habitação e escritórios do Foco, sendo estes da mesma categoria. No limite a este deste seguimento, traçou-se uma estrada que permitisse uma melhor acessibilidade à população local ao interior destes quarteirões. Também se desenhou um pequeno estabelecimento comercial que apoiaria os locais, e que remataria o lote a este da nova estrada. Todos os edifícios projetados relacionam-se entre si e também com a envolvente.

Para se entender qual seria a proporção entre a largura e o comprimento do edifício do hotel começou-se por analisar as dimensões dos lugares de estacionamento, sendo que cada lugar é de 2.5m de largura por 5.5m de comprimento e os pilares encontram-se distanciados a três lugares ou a 7.5m entre si, isto visto numa razão longitudinal na planta. O parque subterrâneo foi projetado de modo a que não houvesse situações de congestionamento no trânsito, havendo para isso um espaço de circulação com duas faixas de 3 metros cada, onde os carros dão a volta completa ao parque.

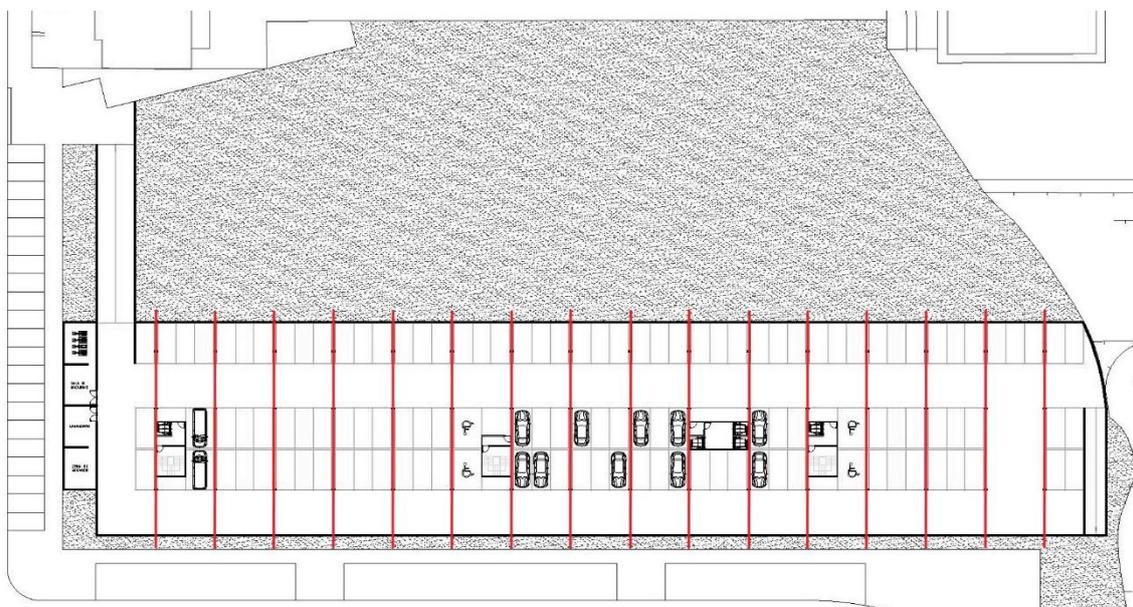


Figura 64 – Piso -1 com a sua métrica a vermelho

A entrada principal no hotel é feita através da rua António Maria de Sena, acedendo assim ao piso térreo. Neste encontram-se todos os serviços necessários à agitada vida de um hotel, cozinha com arrumos, sala de jantar, sala de estar, sala de refeições dos funcionários, sala de conferências, sala de jogos, bar, receção, bagageira, salas administrativas e instalações sanitárias. Desde então, começaram a surgir algumas questões do campo da métrica. Este piso desenhou-se de forma a ser semelhante a uma espinha de peixe, tendo um corredor central que permitisse a união das extremidades do edifício, e que fizesse com que todas as divisões ficassem próximas umas das outras.

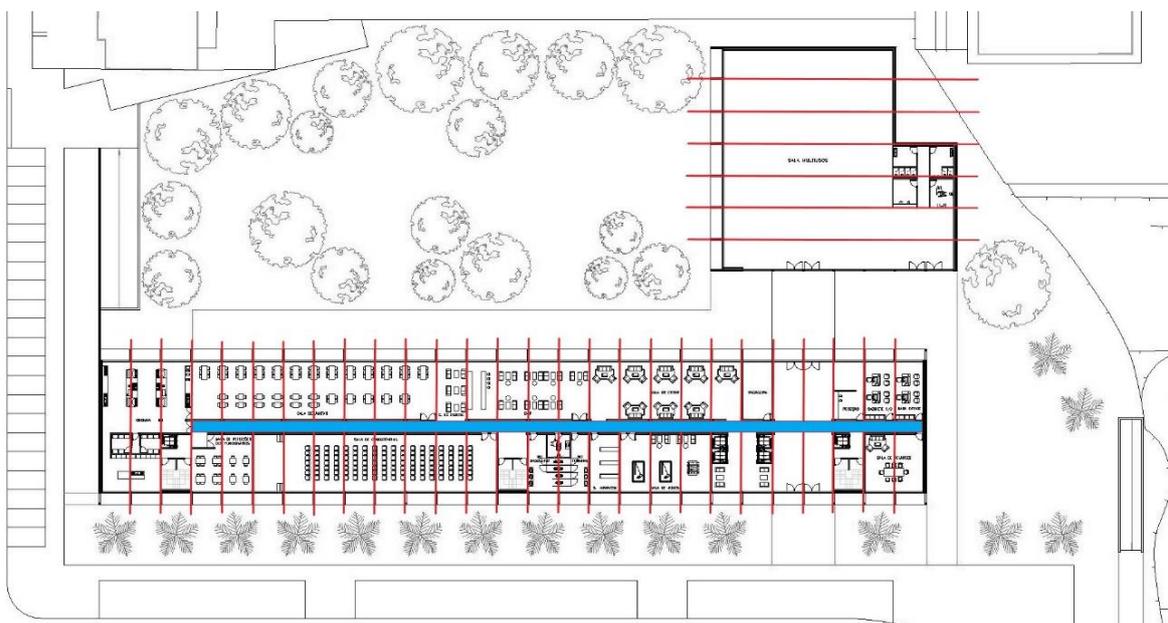


Figura 65 – Piso 0 com a sua métrica e a sua circulação central a azul

Este hotel tem a particularidade de ser percorrido, na totalidade, por uma galeria no seu exterior, o que faz com que as pessoas se desloquem sempre acompanhadas por um passeio e protegidas de possíveis intempéries. Para além dessa galeria existe também um passeio de maior dimensão destinado a ser uma esplanada ao ar livre, situada no jardim privado do hotel, apelando á contemplação do exterior.

O piso térreo do hotel é circundado por elementos verdes, como relva, arbustos de médio porte que coexistem com a fachada principal e árvores de diferenciados portes que interagem com a fachada virada para o jardim privado.

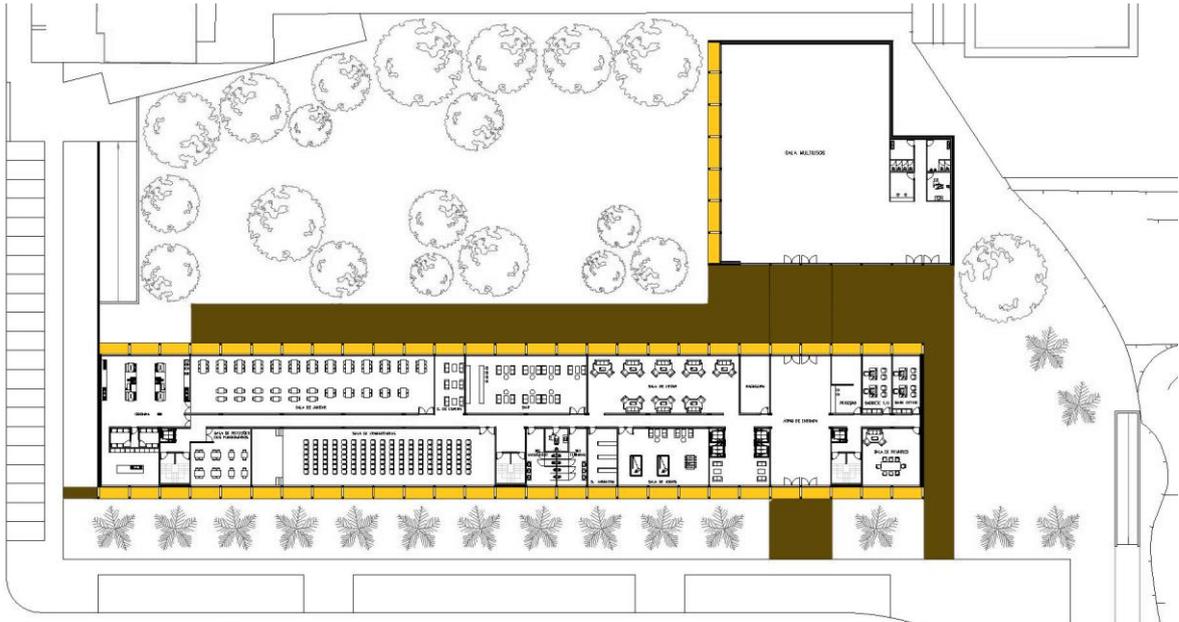


Figura 66 – Piso 0, galeria exterior a amarelo e passeios exteriores a castanho

Todos os acessos verticais foram concentrados a sul do corredor central, o que permitiu ganhar área a norte para os espaços que necessitavam de mais dimensões. Tanto as escadas como os elevadores distanciam-se entre si de acordo com as dimensões estabelecidas pelas regras de segurança atualmente em rigor. As três escadas têm uma peculiaridade, uma divisória no piso térreo que faz com que os hóspedes não consigam ter uma ligação direta entre o parque de estacionamento e os quartos, por questões de privacidade.



Figura 67 – Acessos verticais, estacas a rosa e elevadores a laranja

Nos pisos 1, 2 e 3 encontramos os quartos duplos, cada um com uma casa de banho privativa. Para além do corredor e dos acessos verticais, tem-se também uma copa de apoio á limpeza, á higienização e manutenção do piso. Relativamente ao dimensionamento dos quartos duplos, as medidas tornaram-se uma consequência da métrica usada no estacionamento subterrâneo. Ou seja, a cada três lugares de estacionamento existem dois quartos, e a galeria exterior do piso térreo dá lugar às varandas, isto nos pisos superiores.



Figura 68 – Piso 1, 2 e 3 com varandas a castanho

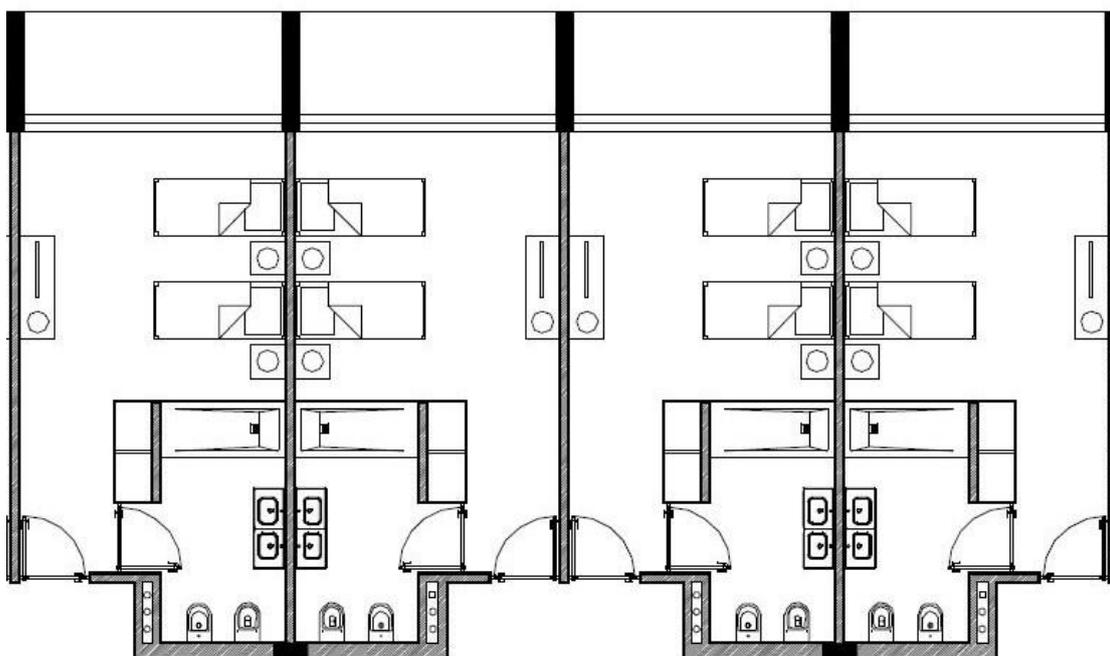


Figura 69 – Quartos duplos

No último piso do hotel encontram-se as suites de maiores dimensões, constituídas por um hall de entrada, uma sala de estar, um quarto com cama de casal e uma casa de banho com duas zonas distintas, uma destinada ao relaxamento e à assimilação de sensações, onde se tem um lavatório duplo e uma banheira próxima a uma janela de vidro interior que permite o recebimento de luz natural do exterior, e outra zona mais recatada onde se tem uma base de duche, a sanita e o bidé.

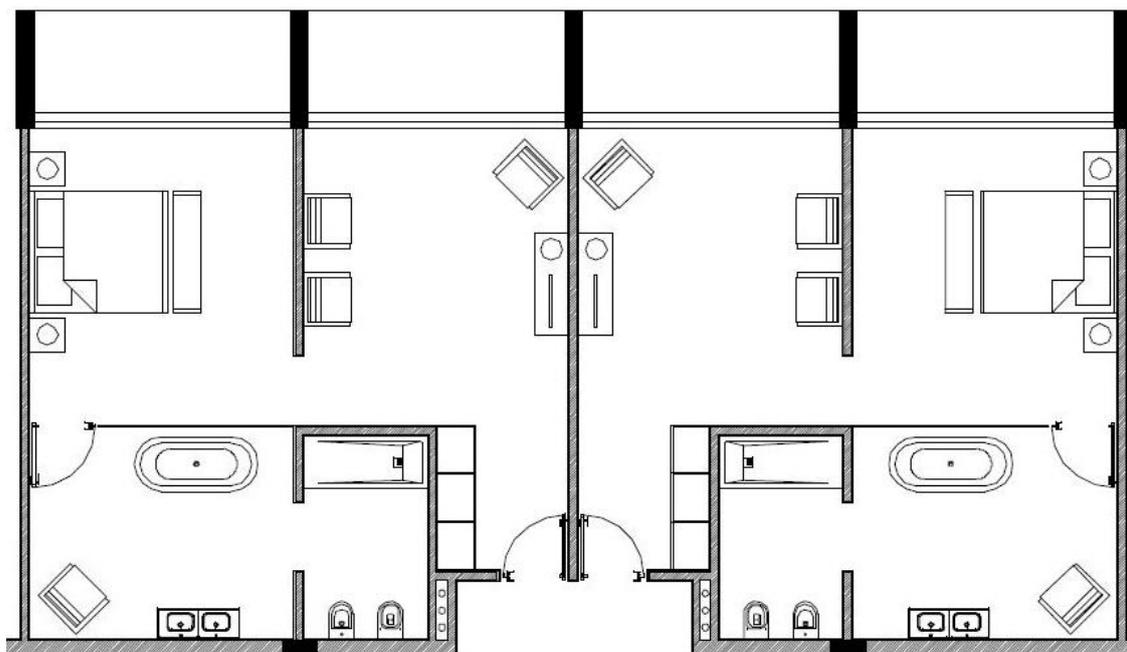


Figura 70 – Suites

No quinto e último piso é onde se materializam mais peculiaridades, isto é, alberga as suites, alguns quartos duplos e a zona de lazer. Nessa parte diferenciada destinada ao lazer temos a norte do corredor central, uma piscina interna com os seus balneários e um banho turco e a sul do corredor temos o spa e o ginásio.

5.2 Materialidade no projeto

Pretendeu-se atribuir á fachada do hotel uma leitura mais modernista, servindo-se do betão autocompactável á vista para ter uma homogeneidade idêntica em todo o edifício. Tencionando que este betão fosse concebido no local de obra e depois de seco alcançasse uma textura lisa, semelhante ao pré-fabricado sem imperfeições e fácil de ser aplicado. Idealizando uma tonalidade branca acinzentada clara para todo o exterior do edifício, isto para acentuar a importância da luz quando incide sobre o betão, propagando-se de forma racionar pelos cheios e vazios da fachada fazendo assim um jogo de sombras entre claros e escuros durante todo o ciclo circadiano.

A fachada é toda ela marcada pelo traçado das lamelas verticais, estas têm uma dupla função, a de marcar todo o desenho da fachada que se alastra maioritariamente para as divisões internas e também a função estruturar direcionando as cargas para o subsolo. A fachada também é pautada pelo traçado horizontal das lajes que ao prolongarem-se vão ao encontro das lamelas verticais e assim formam as varandas. Tendo um desenho de alçado que se aproxima a favos de mel, ou semelhante ao hotel Ashgabat.

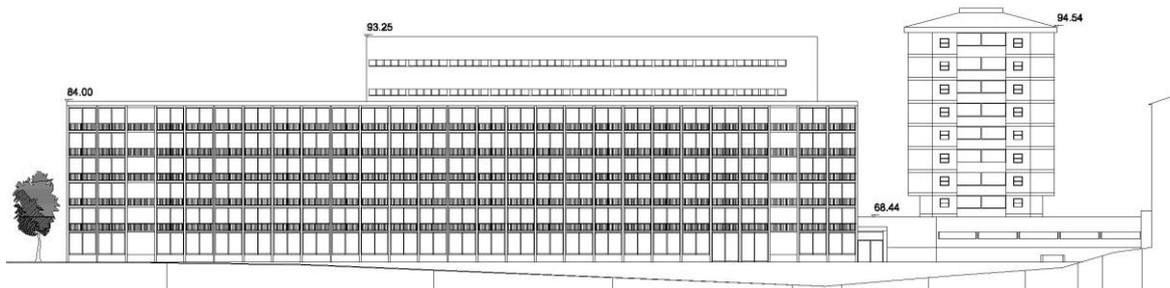


Figura 71 – Alçado da fachada principal do hotel



Fig 72 - Hotel Ashkhabad, Ashgabat, Turkmenistan

Considerações Finais

Ao longo dos tempos consegue-se perceber que o betão tem acompanhado a humanidade nas questões relativas à construção. Durante esse período apercebemo-nos que vão existindo impulsos na evolução científico-tecnológica que permitem que o material e a arquitetura avancem. Atualmente encontra-se uma plêiade de escolhas sobre o betão, como a tonalidade, a densidade, a pureza, a rugosidade, a expressão e a textura. E quando se aprofunda esta questão, vê-se que a quantidade de materiais que, misturados formam o betão, podem ser adulterados em função do resultado que se quer obter. Embora este elemento de construção ainda tenha certas limitações o certo é que com ele se resolvem grande problemas na arquitetura e na engenharia. A sua plasticidade, a facilidade com que é aplicado e a maneira como fica depois de secar, densamente resistente dão-lhe as qualidades necessárias para se propagar e ser tão usado nos dias de hoje.

Importa salientar que, no que diz respeito à personalização e manipulação do betão, já se deu um grande salto científico, mas observando a pegada ecológica que este elemento deixa, muitas questões surgem em perspectiva. No entanto, mesmo assim continua a haver variados avanços que aos poucos vão melhorando o material e o seu processo de fabrico em todos os aspetos, nomeadamente o de ser mais amigo do ambiente.

Relativamente à métrica e à simetria denota-se que estas têm influenciado o desenho em todas as suas vertentes, fazendo uma possível padronização que mais tarde resulta numa mais fácil montagem dos elementos no local da obra. Assim sendo, o tempo dedicado ao desenho e à execução do projeto são maximizados, sendo uma mais valia para o rigor da execução.

Durante o período dedicado ao trabalho de projeto de último ano de faculdade, foram-se redescobrimo todas estas propriedades presentes nos materiais, mais concretamente no betão, acabando este por ser o elemento selecionado. Em parte, esta eleição deveu-se a ser um composto fácil de moldar e padronizar, proporcionando assim uma integração com a vertente da métrica e da simetria relativamente inteligível. Assim desde a formação dos primeiros esquiços, o trabalho de projeto tentou seguir sempre uma ordem no desenho que organizasse toda a junção de ideias que poderiam ter sido ou foram utilizadas.

Bibliografia

Addis, B. (2012). *Structural Concrete Textbook* (second ed., Vol. 5). The International Federation for Structural Concrete.

Ando, T. (2002). *Michael Auping. Seven interviews with Tadao Ando*. (G. Gili, Ed.) Barcelona, Espanha: Modern Art Museum.

Anghiler, B. (Julho de 2020). <https://champ-magazine.com/travel/japan/hokkaido/hill-of-the-buddha/>. Obtido de champ-magazine.

Castro, C. (2011). *Viana de Lima*. Vila do Conde, Portugal: Quidnovi.

Delhumeau, G. (1992). *Hennebique and Building in Reinforced Concrete around 1900* (Vol. 1). (Compositori, Ed.) Bologna, Emília-Romanha, Itália: Rassegna.

Delhumeau, G. (1992). *Hennebique, les architectes et la concurrence* (29 ed.).

Dirk Huylebrouck, P. J.-H.-G. (January de 2007). Cycloids in Louis I. Kahn's Kimbell Art Museum at Fort Worth, Texas. (D. Huylebrouck, Ed.) *The Mathematical Intelligencer*, 29, 7.

Eduardo Júlio, J. L. (2004). *Betões de Agregados Leves de Argila Expandida*. APEB.

Edward Allen, W. Z. (2010). *Form and Forces*. (B. S. Group, Ed.) Boston, EUA: Wiley.

Ferreira, J. A. (2010). *Técnicas de diagnóstico de patologias em edifícios*. Porto, Portugal.

Frampton, K. (2002). *Labour, work and architecture : collected essays on architecture and design*. Phaidon Press.

Gwenaël Delhumeau, I. f. (1999). *L'invention du béton armé: Hennebique, 1890-1914*. Paris, France: Norma.

Gwenaël Delhumeau, J. G. (1993). *Le béton en représentation*. Paris, France: F. Hazan, Institut français d'architecture.

Heinemann, H. (2013). *Historic concrete: from concrete repair to concrete conservation*. Delft, Holanda do Sul, Holanda: Technische Universiteit Delft.

Hellebois, A. (2013). *Theoretical and experimental studies on early reinforced concrete structures*. (U. L. Bruxelles, Ed.)

Ian Bently, A. A. (1994). *Resposive Environments* (first ed.). (A. Press, Ed.) Elsevier.

Inácio, M. M. (2014). *Punçamento em Lajes Fungiformes de Betão de Elevada Resistência*. Estudo Experimental, 5ª Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas, Encontro Nacional de Betão Estrutural 2014, Lisboa, Portugal.

İskenderoglu, Y. (2009). *An Inquiry Into The Design Potentials Of Le Corbusier's Dom-ino Clusters*. Middle East Technical University.

John Peter Oleson, M. D. (2014). *Building for Eternity: The History and Technology of Roman Concrete Engineering in the Sea*. Oxbow Books.

Kuban, S. (2017). *Construção em um tempo aleatório*. Dresden, Saxônia, Alemanha: Werner Lorenz.

Macdonald, S. (2003). *Concrete Building Pathology* (4 ed.). (Science, Ed.) Blackwell.

Macedo, J. (2009). *Peter Zumthor: Um estado de graça entre a tectónica e a poesia*. Faculdade de Ciências e Tecnologias .

Michael Bussell, J. S. (2001). *Historic Concrete: The Background to Appraisal*. London: James Sutherland.

Munteanu, C. (2011). Băile Herculane Resort. (Balneo, Ed.) *Balneo Research Journal*, 17-23.

Oliveira, F. X. (2016). *O Elogio Da Estrutura - Um Sintagma Arquitectónico*. (U. d. Lisboa, Ed.) Lisboa, Portugal: Faculdade de Arquitetura.

Palermo, N. S. (2006). *O Sistema Dom-ino*. Porot Alegre, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Pinto, H. A. (2011). *Propriedades do Betão Auto-compactável com Incorporação de Agregados Finos Reciclados* (Universidade da Beira Interior ed.). Covilhã, Castelo Branco, Portugal.

Pires, R. P. (2015). *Análise de diferentes sistemas de cofragem para realização de edifícios com estrutura parede*. Porto, Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Ragot, G. (1996). *The Hennebique Archives: Toward a New Corpus for Contemporary Architectural History* (2 ed., Vol. 59). American Archivists.

Roberto Gargiani, A. B. (2016). *The rhetoric of Pier Luigi Nervi: concrete and ferrocement forms*. (Lausanne, Ed.) Switzerland: EPFL Press.

Santos, M. O. (2011). *Avaliação do desempenho do betão projectado em reparação de estruturas*. Universidade Técnica de Lisboa.

Schwarzer, M. (September de 1993). Ontology and Representation in Karl Bötticher's Theory of Tectonics. (U. o. Press, Ed.) *Journal of the Society of Architectural*, 267-280.

Secil, U. (2020). <https://secilpro.com/upload/documents/5547886404fd1.pdf>. Obtido em 06 de Janeiro de 2021, de secilpro.

Simonnet, C. (2005). *Le béton: histoire d'un matériau: économie, technique, architecture*. (P. Editions, Ed.)

Stumpp, M. M. (2013). *A Simetria Modolar e as Villas de Andrea Palladio*. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Thomas Herzog, R. K. (2004). *Facade Construction Manual*. (E. Detail, Ed.) Munich, Bavária, Alemanha: Birkhauser.

Ulrich Knaack, T. K. (2007). *Façades*. Birkhäuser.

Voorde, S. V. (May de 2009). Hennebique's journal 'Le Béton armé. (K. Kurrer, Ed.) *Proceedings of the Third International Congress on Construction History*(1453).

Voorde, S. V. (2011). *Bouwen in beton in België (1890-1975)*. (G. University, Ed.) Ghent, Belgium.

Wermiel, S. E. (May de 2009). California Concrete (1876-1906). Em Karl-Eugen (Ed.), *Proceedings of the Third International Congress on Construction History* (p. 8). Boston, Massachusetts, USA: Boston Architectural College.

William F. Baker, D. S. (2 de November de 2007). Burj Dubai: Engineering The World's. (O. & Skidmore, Ed.) *The Structural Design Of Tall And Special Buildings*.

Índice de Imagens

Data: 8 /02/2020

Figura 1 - Ponte de Chazelet de Joseph Monier

Fonte: <http://www.fauxboisconcrete.info/history.html#>

Figura 2 - Alguns agregados rochosos do betão

Fonte: <https://materioteca.paginas.ufsc.br/brita/>

Figura 3 - Cúpula do Panteon de Roma

Fonte: <https://www.flickr.com/photos/lfcastro/5814047888>

Figura 4 - Aguns betões romanos

Fonte: <http://www.diccionariohistoriadelarte.com/2012/09/opus.html>

Figura 5 - Sistema Hennebique, reforço do betão armado

Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Hennebiques-construction-system_fig3_271422662

Figura 6 - Sistema Hennebique, detalhes de secções de lages

Fonte: <https://i.pinimg.com/originals/a9/03/3d/a9033d636578a601d9b63a924699a2cb.jpg>

Figura 7 - Barco de estrutura em ferro cimento de Joseph Louis Lambot, 1847

Fonte: <https://www.maisonlambot.com/en/joseph-louis-lambot/>

Figura 8 – Sede do Banco da Geórgia, Tbilisi

Fonte: <https://i.redd.it/mkx753eqth651.jpg>

Figura 9 - Centro de Interpretação do Românico, Lousada, Portugal

Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/928754/centro-de-interpretacao-do-romanico-spaceworkers>

Figura 10 - Cassa Hawthorn de Edition Office, Melbourne, Austrália

Fonte: <https://www.archdaily.com/920206/hawthorn-house-edition-office>

Figura 11 - Casa da Música, Porto, Portugal

Fonte: <https://www.timeout.pt/porto/pt/musica/casa-da-musica>

Figura 12 - Sede da Vodafone, Porto, Portugal

Fonte: <https://www.skyscrapercity.com/showthread.php?p=156005830>

Figura 13 - Marina City, Chicago, EUA

Fonte: <https://pt.wikiarquitectura.com/constru%C3%A7%C3%A3o/marina-city/#marina-city-bertrand-goldberg-281429>

Figura 14 - Ponte da Arrábida, Porto, Portugal

Fonte: <https://nit.pt/wp-content/uploads/2018/07/205c86314d24723990be9a6d246e7bad.jpg>

Figura 15 - Cobertura do Estádio Municipal de Braga, Portugal

Fonte: <https://www.cm-braga.pt/pt/1201/conhecer/historia-e-patrimonio/outros-espacos-patrimoniais-relevantes/item/item-1-678>

Figura 16 - Cobertura do Pavilhao de Portugal, Lisboa

Fonte: <https://www.visitportugal.com/pt-pt/content/pavilhao-de-portugal>

Figura 17 - Betão projetado

Fonte: http://www.ancorportgroup.com/services/betao-projetado_9

Figura 18 - Betão projetado alienado a cabos para a contenção de terras

Fonte: http://www.ancorportgroup.com/services/betao-projetado_9

Figura 19 - Percurso pedonal em betão drenante

Fonte: <http://valejornal.com.br/novo-selante-asfaltico-colorido-sinalizacao-vias/>

Figura 20 - Betão drenante

Fonte: <http://www.maxasphalt.com/solucoes/pavimentos-e-revestimentos/betuminoso-colorido-max-ir/betao-colorido/>

Figura 21 - Perfis de barras de reforço

Fonte: <http://ferrolimiana.pt/produtos/varao-nervurado.php>

Figura 22 - Cofragem em mesa para laje de piso

Fonte: <https://www.ulmaconstruction.pt/pt-pt/cofragens/cofragem-lajes/cofragem-laje-premontada-mesa-vr>

Figura 23 - componentes de uma armação de betão armado pré-moldado

Fonte: <http://www.salemaprefabricados.com.br/predio-pre-moldado>

Figura 24 - Planta e Cortes do Museu de Arte Kimbell

Fonte:

https://www.urbipedia.org/images/thumb/7/74/Louis_Khan_MuseoKimbell.planos4.jpg/800px-Louis_Khan_MuseoKimbell.planos4.jpg

Figura 25 - Museu de Arte Kimbell, Texas, USA

Fonte: <https://www.inexhibit.com/mymuseum/kimbell-art-museum-fort-worth-texas-kahn-piano/>

Figura 26 - Relação da estrutura do museu

Fonte: <http://priji.com/portfolio/light-at-the-kimbell-art-museum/>

Figura 27 - Biblioteca de Exeter, EUA

Fonte: <https://www.archdaily.com/63683/ad-classics-exeter-library-class-of-1945-library-louis-kahn>

Figura 28 - Relação da estrutura da biblioteca

Fonte: <https://www.caddownloadweb.com/product/exeter-library-louis-kahn-2/>

Figura 29 - Termas de Vals, Suíça

Fonte: <https://www.esdrasantos.com.br/single-post/2017/10/07/Termas-de-Vals>

Figura 30 - Museu de Arte de Bregenz, Bregenz, Áustria

Fonte: <https://www.damuels.at/en/summer/kunsthhaus-bregenz-1.html>

Figura 31 - Relação da estrutura do Museu de Arte

Fonte: <https://i.pinimg.com/originals/af/ce/63/afce63b537973c003d29f41bbd832c99.jpg>

Figura 32 - Museu de Arte Nakagawa-machi Bato Hiroshige, Japão

Fonte: <https://www.hisour.com/pt/nakagawa-machi-bato-hiroshige-art-of-museum-nasugun-japan-6220/>

Figura 33 - Estrutura interior do museu

Fonte: https://www.flickr.com/photos/y_seto/14488959254/in/photostream/

Figura 34 - Museu de Arte Nakagawa-machi Bato Hiroshige, a relação da estrutura com os seus materiais

Fonte: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3130/jaabe.10.15>

Figura 35 - Estrutura Domino de Le Corbusier

Fonte: <http://oarquitectopresente.blogspot.com/2016/09/estrutura-domino.html?sref=pi>

Figura 36 - Ponte de Vila Nova de Milfontes sobre o Rio Mira

Fonte: <https://www.flickr.com/photos/casasbrancas/3764868005>

Figura 37 - Hotel Leninabad Khujand

Fonte: <https://hereaselsewhere.wordpress.com/tag/anzob-tunnel/>

Figura 38 - Hotel Romain Baile na Roménia

Fonte: <https://b-a-c-u.tumblr.com/post/166720476293/hotel-roman-baile-herculane-rom%C3%A2nia-construit>

Figura 39 - Desenho estrutural recorrendo à métrica com vários tipos de grelhas

Fonte: Retirado do livro, Façades: Principles of Construction de Ulrich Knaack, Marcel Bilow, Thomas Auer, Tillmann Klein

Figura 40 – Colina do buda, Cemitério Makomanai Takino, Sapporo, Japão.

Fonte: <https://umbigomagazine.com/wp-content/uploads/2018/12/7-33-Colline-du-Bouddha-2015-Hill-of-the-Buddha-2015-Photo-Shigeo-Ogawa.jpg>

Figura 41 - Axonometria da colina do buda, Sapporo, Japão.

Fonte: <https://i.prcdn.co/img?regionKey=jf0ky8E9J1pGJV6ZDw4BXQ%3D%3D>

Figura 42 - Armstrong Rubber Company, Connecticut, USA

Fonte: https://static.dezeen.com/uploads/2020/01/pirelli-tire-building-marcel-breuer-news-hotel-architecture-brutalism-new-haven-connecticut-usa_dezeen_sold-hero.gif

Figura 43 - National Theatre, Southbank, London

Fonte: <https://pbs.twimg.com/media/EEQXZI9XsAM12FW.jpg>

Figura 44 - Catedral Metropolitana Nossa Senhora Aparecida, Brasília, Brasil

Fonte:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2d/Brasilia_Catedral_08_2005_03.jpg

Figura 45 - Cemitério de San Cataldo, Módena, Itália

Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/01-45884/classicos-da-arquitetura-cemiterio-de-san-cataldo-aldo-rossi>

Figura 46 - Estação Rodoviária George Washington em Manhattan

Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Photograph-showing-the-two-lattice-beams-and-the-structure-of-the-roof-Manuel_fig2_263405876

Figura 47 - Pino de aço duplo na parte inferior da coluna central na Estação Rodoviária George Washington em Manhattan

Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Photograph-of-the-double-steel-pin-at-the-bottom-of-the-central-column-Manuel_fig1_263405876

Figura 48 - Exterior da Estação Rodoviária George Washington

Fonte: <http://wirednewyork.com/forum/showthread.php?t=4995&page=3>

Figura 49 - Palácio do Trabalho em 1961, Turim

Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Photograph-of-Palace-of-Labour-in-1961-Turin-MAXXI-Architettura-Rome-Italy_fig5_263405876

Figura 50 - Colunas em betão armado exposto

Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Diagram-of-the-reinforcement-of-the-25-m-column-CSAC-Parma-Italy-color-figure_fig8_263405876

Figura 51 - Diagramas dos isostáticos (A), as linhas de reforço (B), a definição de uma laje nervurada (C)

Fonte:

https://www.researchgate.net/publication/263405876_Three_Resilient_Megastructu
Meg_by_Pier_Luigi_Nervi

Figura 52 - Burgo Paper Mill

Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Photograph-taken-on-the-roof-of-the-Burgo-Paper-Mill-in-1961-Mantua-Burgo-Mantua_fig14_263405876

Figura 53 - Diagrama da fábrica de papel Burgo, principais componentes

Fonte:

https://www.researchgate.net/publication/263405876_Three_Resilient_Megastructu
res_by_Pier_Luigi_Nervi

Figura 54 - Unidade de Habitação de Firminy – Vert, França

Fonte: <https://www.flickr.com/photos/7554428@N02/5059079021>

Figura 55 - Interior da escola da Unidade de Habitação de Firminy

Fonte: <http://ritournelle.over-blog.com/2014/07/le-corbusier-a-firminy-2-1-unite-d-habitation-l-ecole.html>

Figura 56 - Interior dos apartamentos da Unidade de Habitação de Firminy

Fonte: <http://www.zoomdici.fr/actualite/Journees-du-patrimoine-nos-10-coups-de-coeur-dans-la-Loire-id167011.html>

Figura 57 - Hotel – Casino do Funchal, Ilha da Madeira

Fonte: <https://funchalnoticias.net/2017/08/31/conferencia-regional-do-premio-duque-de-edinburgh-realiza-se-na-madeira-de-10-a-13-setembro/>

Figura 58 - Casino do hotel

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Casino_da_Madeira

Figura 59 - Hotel e rampa que conecta os diferentes níveis da topografia

Fonte: <https://q-cf.bstatic.com/images/hotel/max1024x768/166/166274552.jpg>

Figura 60 - Vista aérea sob a Avenida da Boa Vista e o terreno de trabalho identificado

Fonte: Elaboração própria auxiliada do google maps

Figura 61 - Zona de Intervenção

Fonte: Elaboração própria auxiliada do google maps

Figura 62 - Edifícios relevantes

Fonte: Elaboração própria

Figura 63 - Implantação do hotel

Fonte: Elaboração própria

Figura 64 - Piso -1 com a sua métrica a vermelho

Fonte: Elaboração própria

Figura 65 - Piso 0 com a sua métrica e a sua circulação central a azul

Fonte: Elaboração própria

Figura 66 - Piso 0, galeria exterior a amarelo e passeios exteriores a castanho

Fonte: Elaboração própria

Figura 67 - Acessos verticais, estacas a rosa e elevadores a laranja

Fonte: Elaboração própria

Figura 68 - Piso 1, 2 e 3 com varandas a castanho

Fonte: Elaboração própria

Figura 69 - Quartos duplos

Fonte: Elaboração própria

Figura 70 - Suites

Fonte: Elaboração própria

Figura 71 - Alçado da fachada principal do hotel

Fonte: Elaboração própria

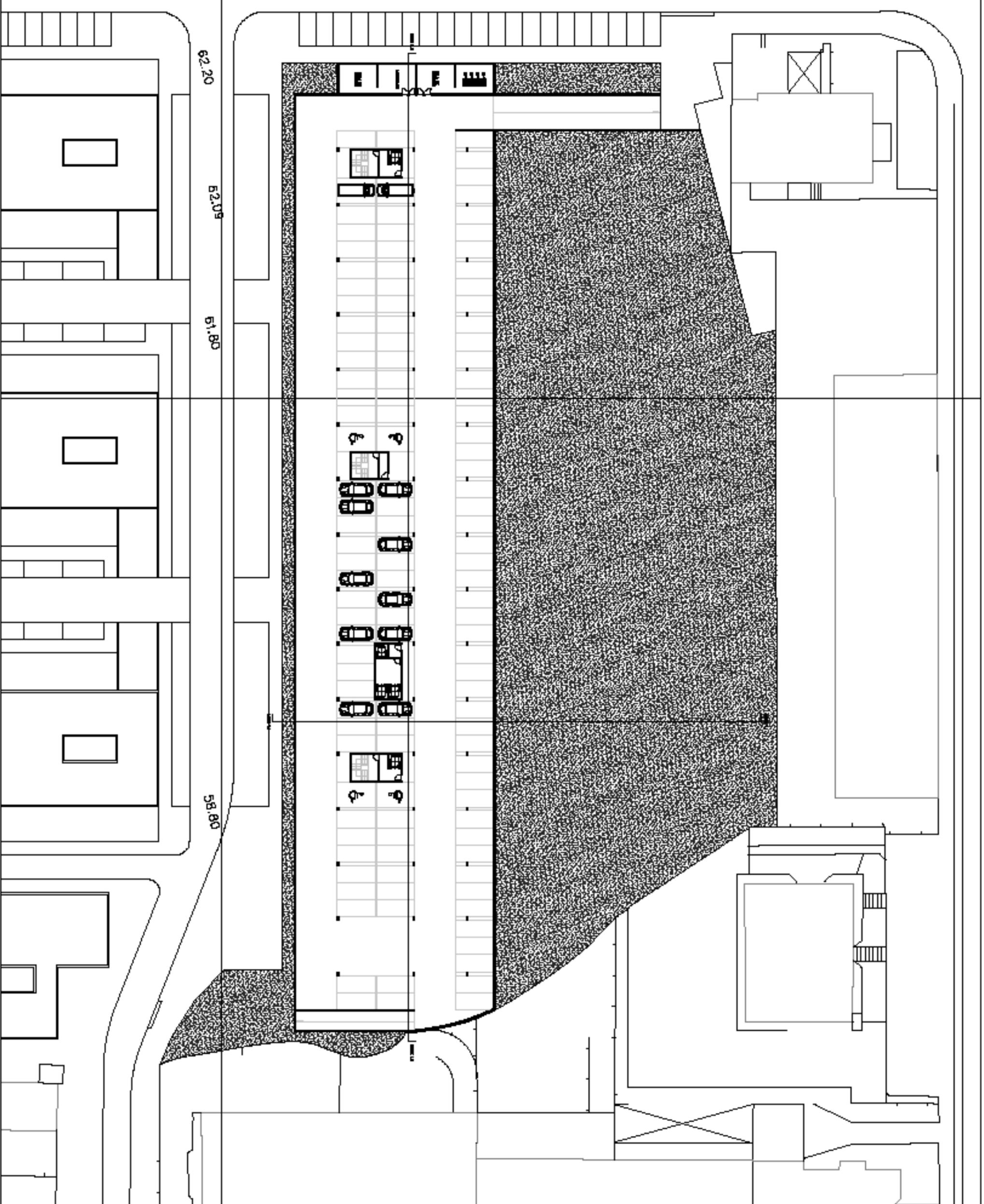
Fig 72 - Hotel Ashkhabad, Ashgabat, Turkmenistan

Fonte:

https://64.media.tumblr.com/4c1df13473b1632c413015272f20d735/tumblr_mgj0c27OK11qzglyyo1_1280.jpg

Anexos

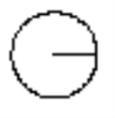
Planta do piso -1	Pg.1
Planta do piso 0	Pg.2
Planta do piso 1 / 2 / 3	Pg.3
Planta do piso 4	Pg.4
Planta do piso 5	Pg.5
Planta de coberturas ou planta de implantação	Pg.6
Perfis B e C	Pg.7
Perfis D e F	Pg.8
Corte Transversal	Pg.9
Corte Longitudinal	Pg.10
Planta e alçado dos quartos	Pg.11

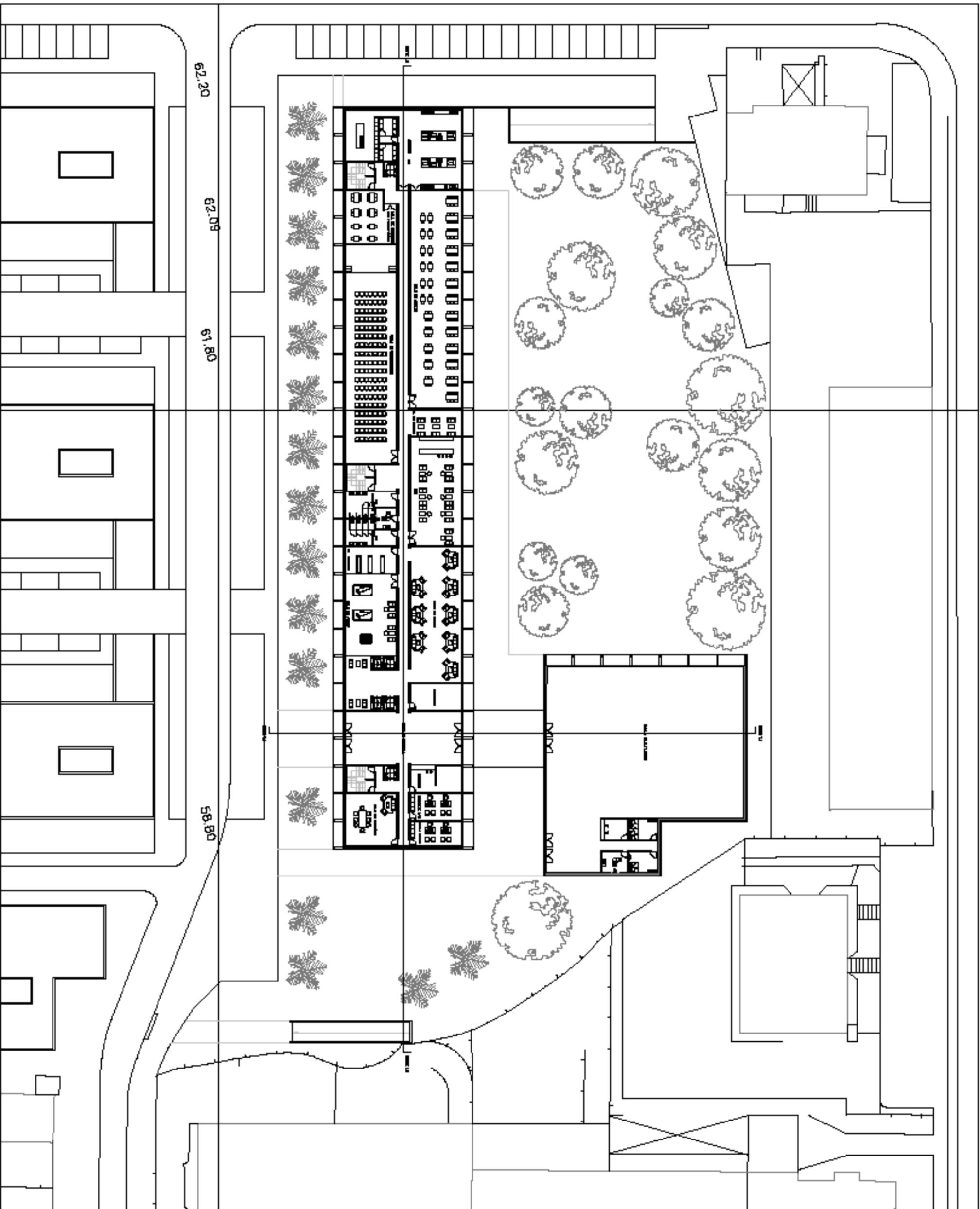


Hotel 4*
na Avenida da Boa Vista

Planta Piso -1
Escala 1:500

Francisco Vitor Martins

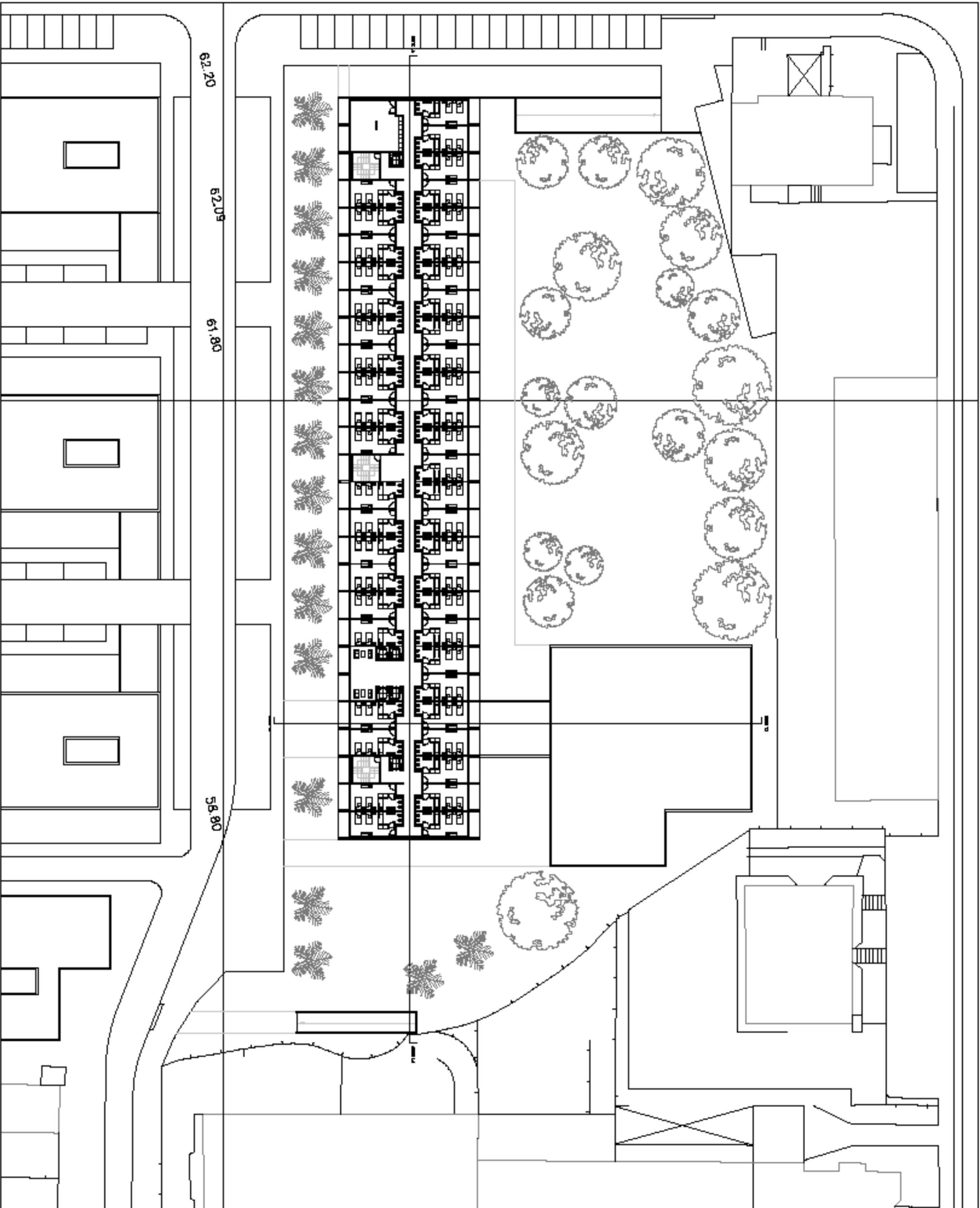




Hotel 4*
na Avenida da Boa Vista

Planta Piso 0
Escala 1:500

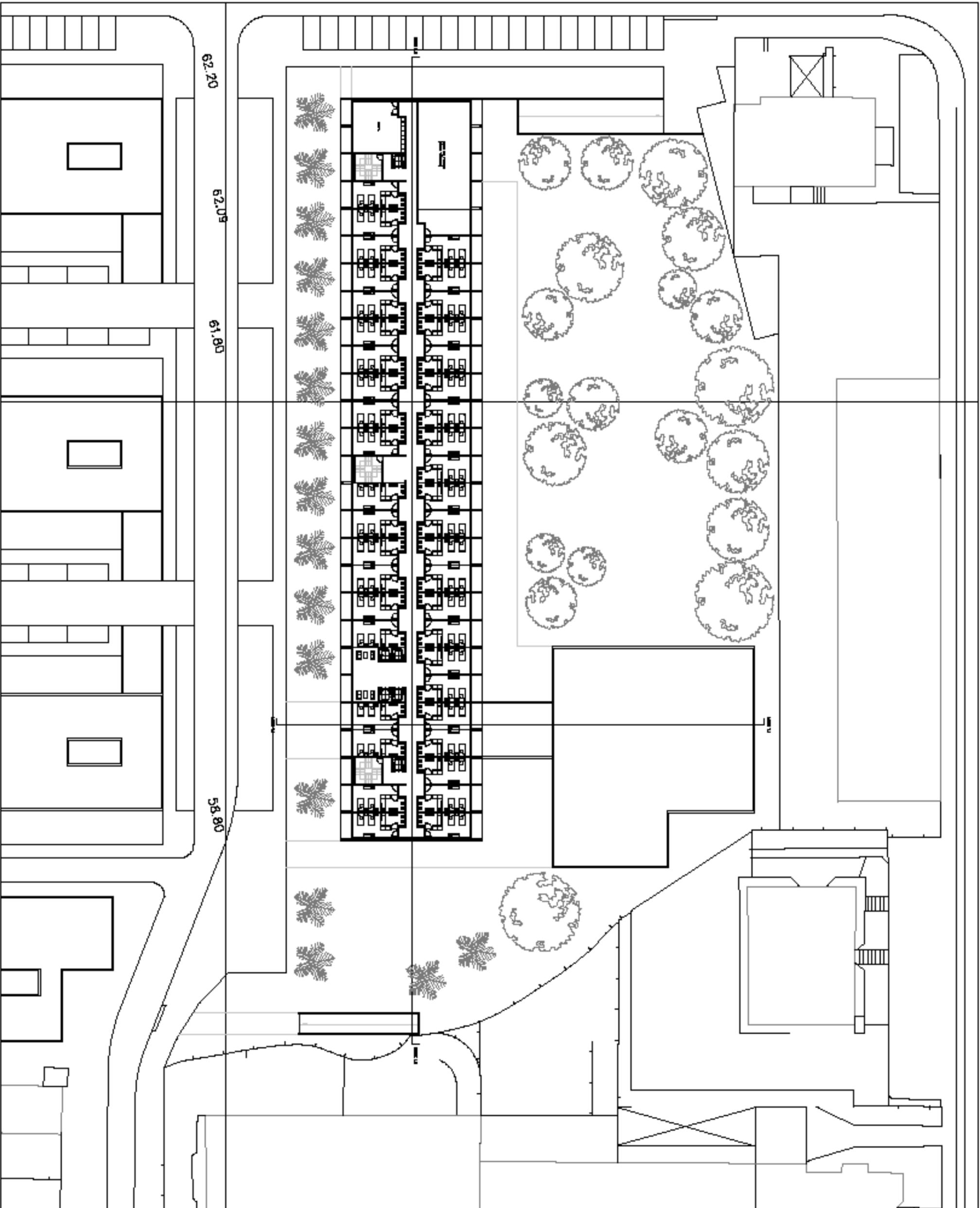
Francisco Vitor Martins



Hotel 4*
na Avenida da Boa Vista

Planta Piso 1/2/3
Escala 1:500

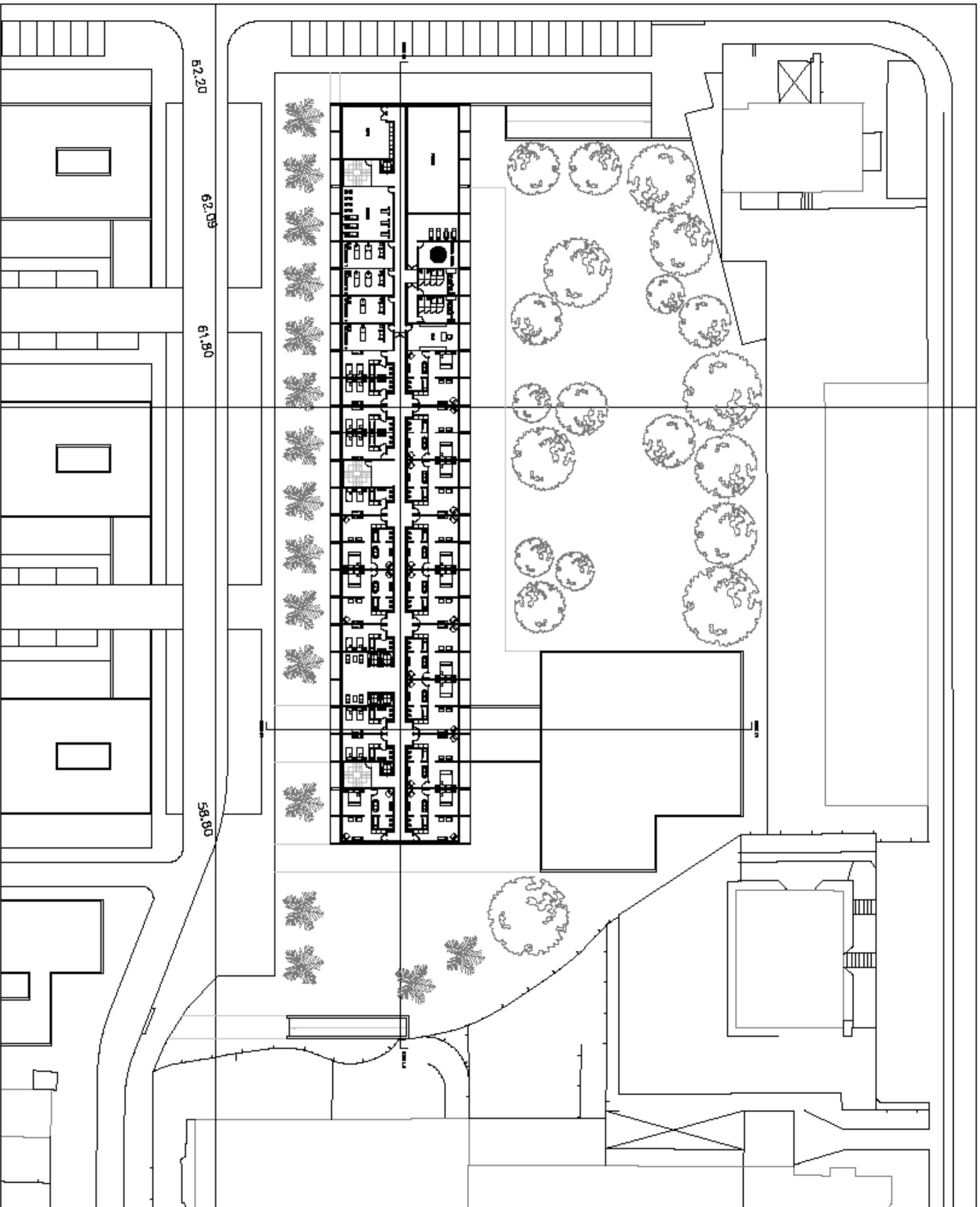
Francisco Vitor Martins



Hotel 4*
na Avenida da Boa Vista

Planta Piso 4
Escala 1:500

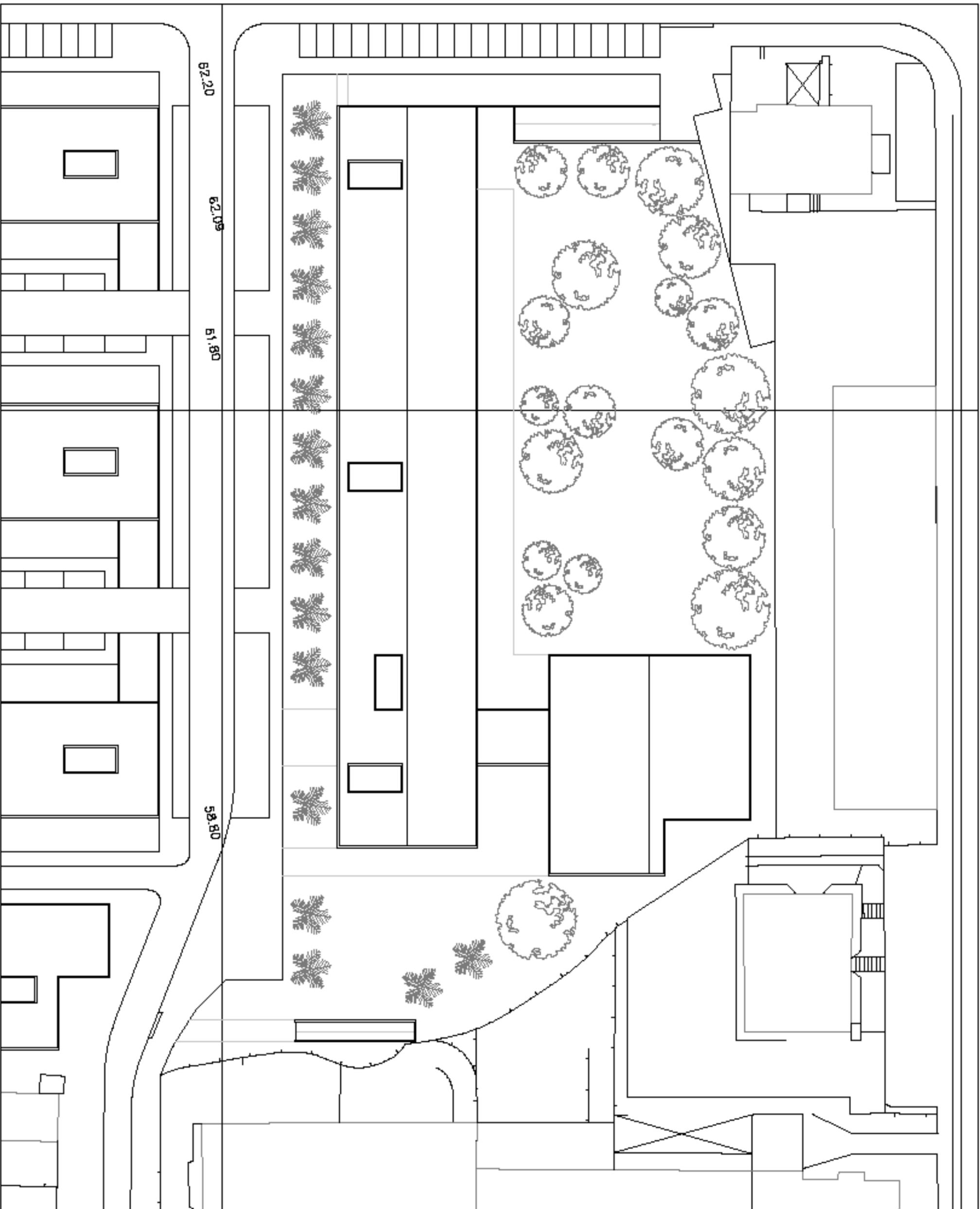
Francisco Vitor Martins



Hotel 4*
na Avenida da Boa Vista

Planta Piso 5
Escala 1:500

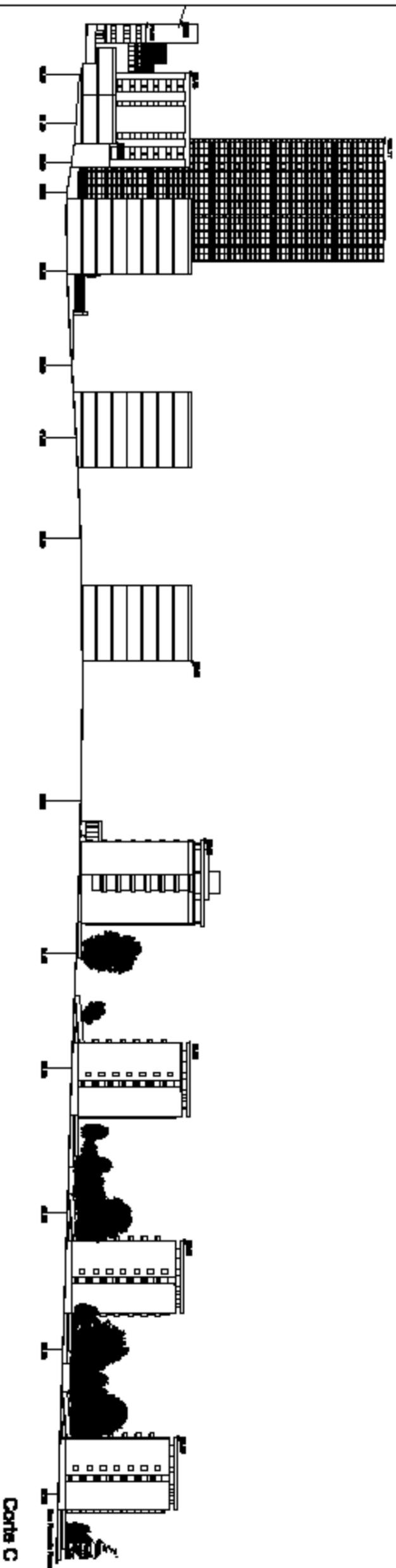
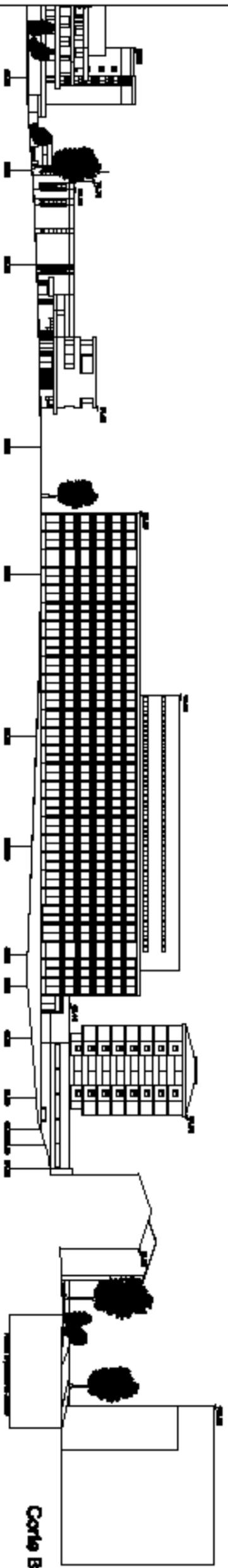
Francisco Vitor Martins



Hotel 4*
na Avenida da Boa Vista

Planta de Implantação
Escala 1:500

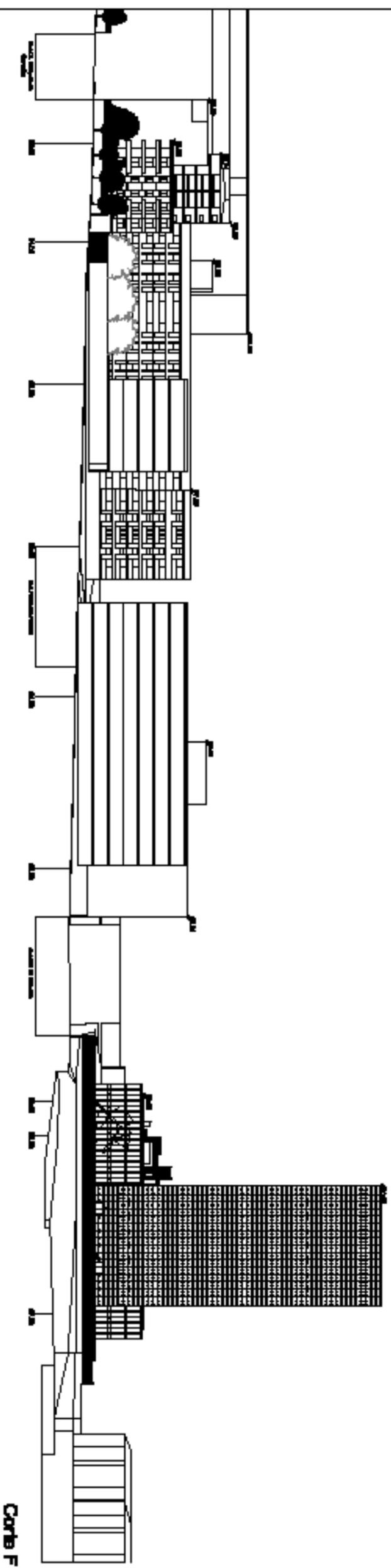
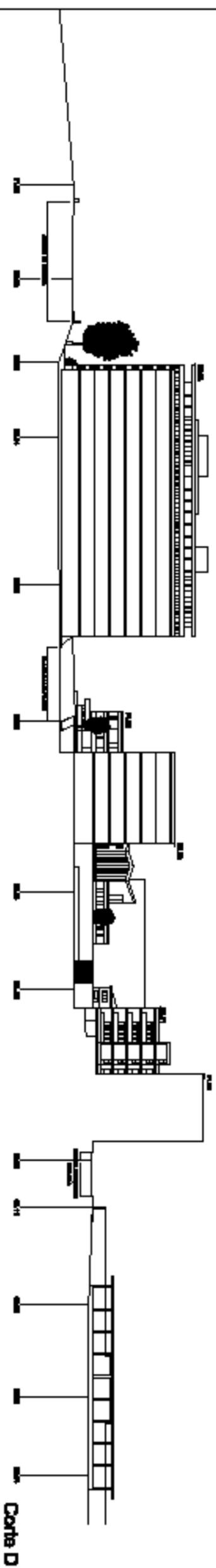
Francisco Vitor Martins



Hotel 4*
na Avenida da Boa Vista

Perfis do terreno
Escala 1:1000

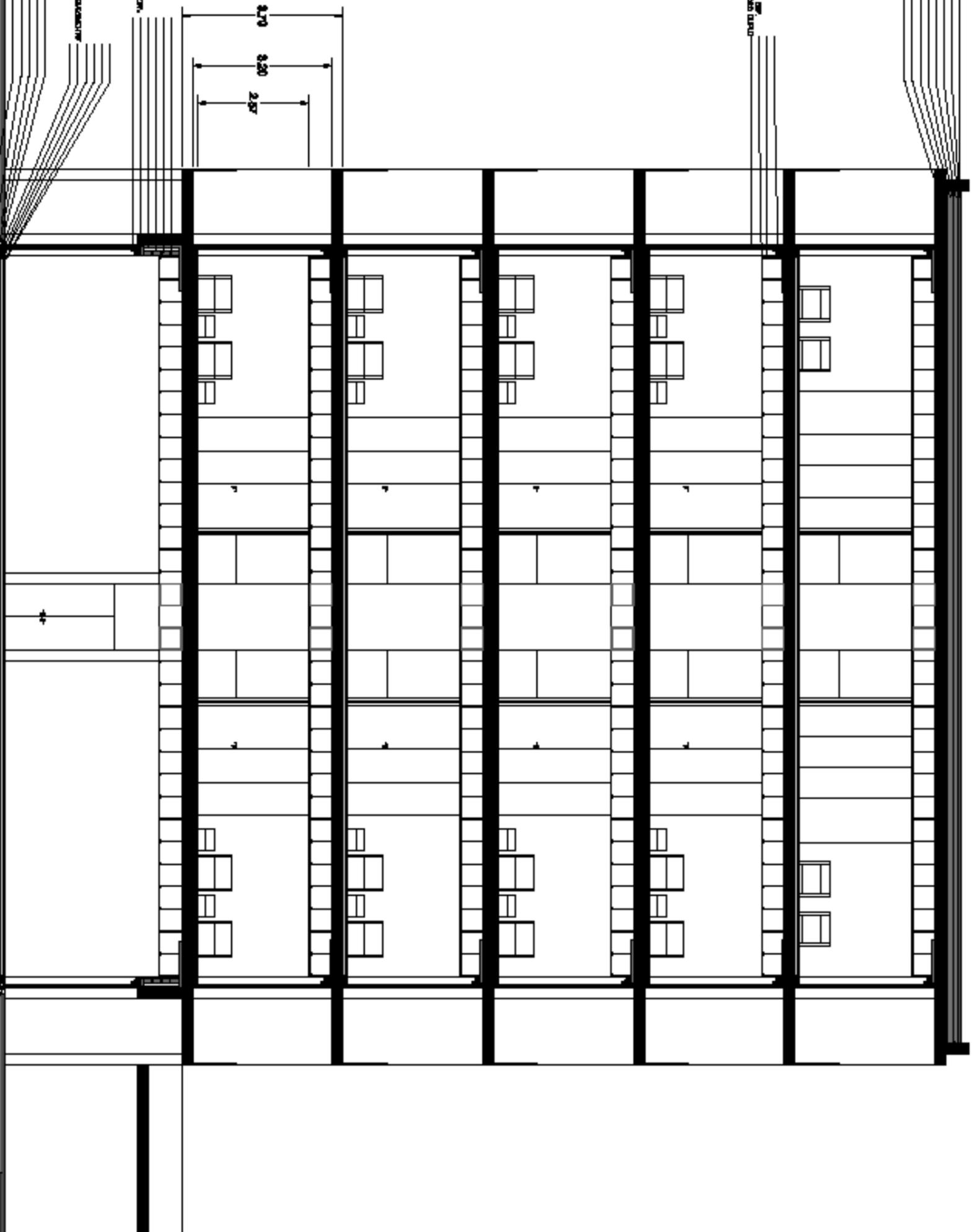
Francisco Vitor Martins



- 1- ESCALA DE 2:100
- 2- COORDENAÇÃO E LEGENDA
- 3- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 4- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 5- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 6- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 7- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 8- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 9- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 10- PLANTA DE INSTALAÇÃO

- 11- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 12- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 13- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 14- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 15- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 16- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 17- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 18- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 19- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 20- PLANTA DE INSTALAÇÃO

- 21- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 22- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 23- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 24- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 25- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 26- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 27- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 28- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 29- PLANTA DE INSTALAÇÃO
- 30- PLANTA DE INSTALAÇÃO



Hotel 4*
na Avenida da Boa Vista

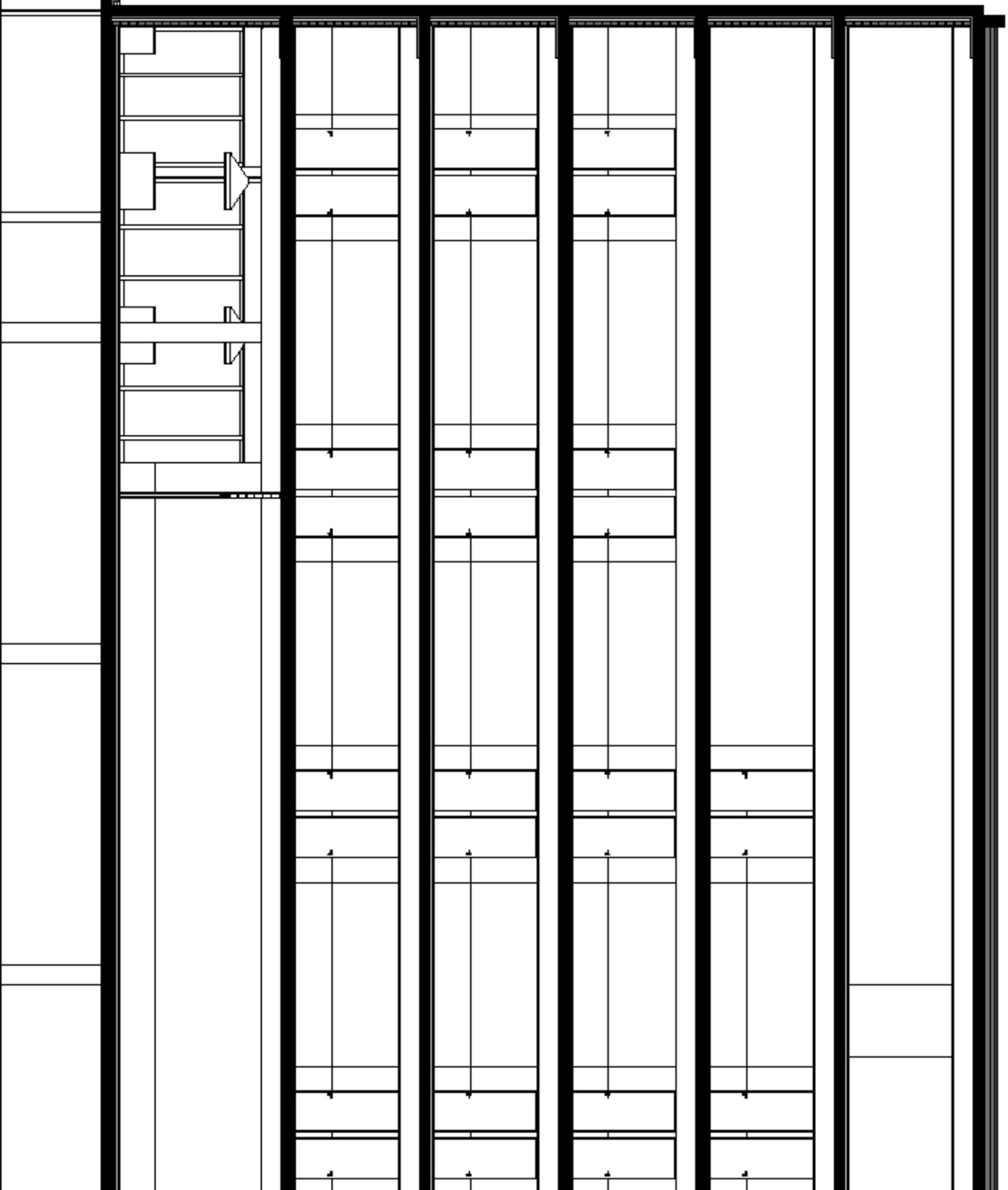
Carte do hotel
Escala 1:100

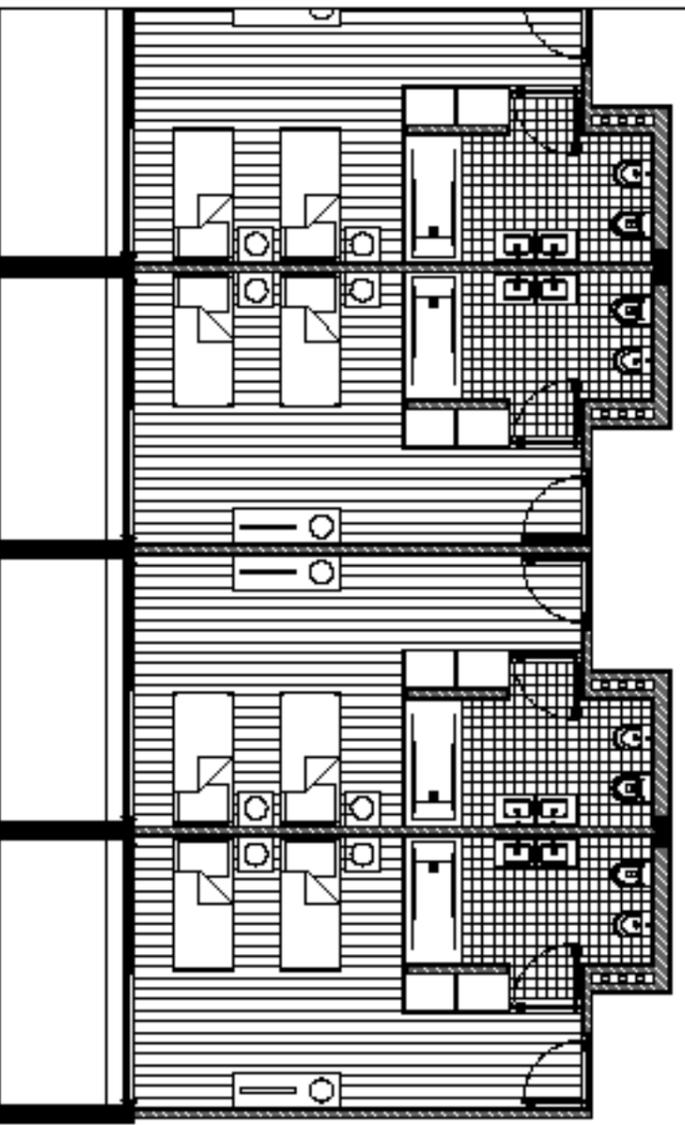
Francisco Vitor Martins

Hotel 4*
na Avenida da Boa Vista

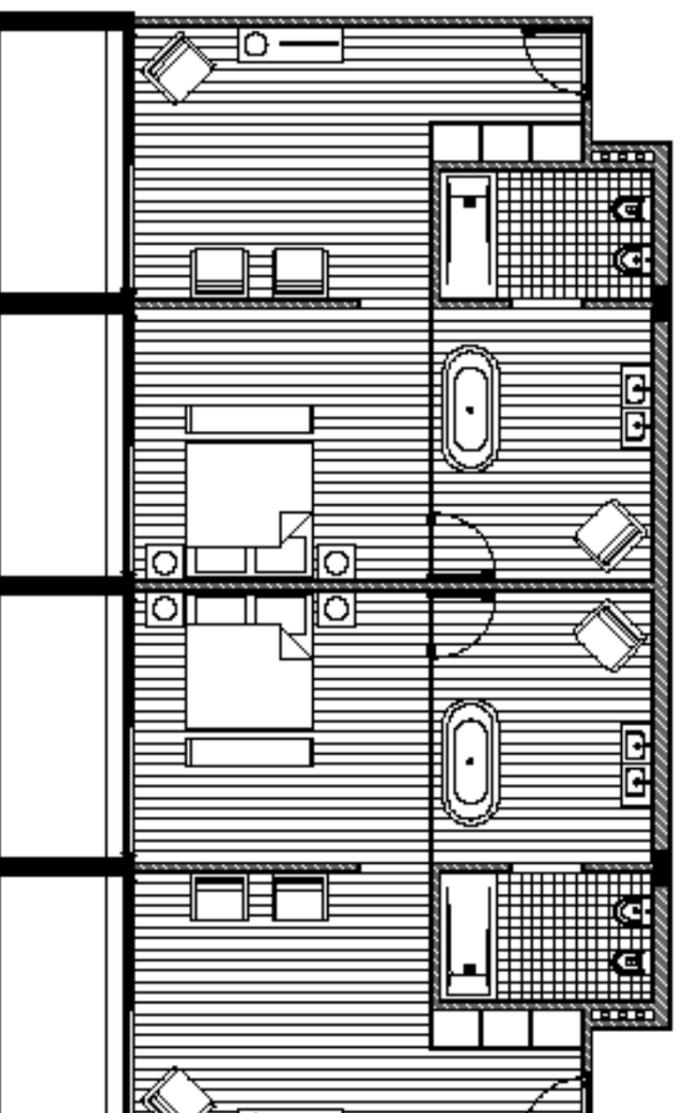
Corte do hotel
Escala 1:100

Francisco Vitor Martins





QUARTOS DUPLIOS



SUITES

