

ISCTE – IUL – Instituto Universitário de Lisboa

**Flávio André de Garcia Serpa**

2017/2018

# **Projeto em Alenquer**

Reabilitar o Lugar

## **Compreensão do projeto de arquitetura por não especialistas**

Um estudo comparativo usando realidade virtual imersiva



**Instituto Universitário de Lisboa**

**Escola de Tecnologias e Arquitetura  
Departamento de Arquitetura e Urbanismo  
Mestrado Integrado em Arquitetura**

Flávio André de Garcia Serpa

Trabalho de projeto submetido como requisito parcial  
para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura

## **I VERTENTE PRÁTICA** - Projeto em Alenquer

Grupo de trabalho: Flávio Serpa | Pedro Geraldès

Parte Individual - Reabilitar o lugar | Alojamento Local

Tutor: Arquiteto Pedro Viana Botelho - Professor Catedrático Convidado do ISCTE

## **II VERTENTE TEÓRICA** - Compreensão do projeto de arquitetura por não especialistas

Um estudo comparativo usando realidade virtual imersiva

Orientadora: Professora Doutora Sara Eloy - Professora Auxiliar do ISCTE

Outubro, 2018

## **Agradecimentos**

Agradeço à minha família, em especial aos meus pais, por todo o apoio que sempre deram.

À Sofia Rosa por estar sempre presente.

À professora Sara Eloy e ao professor Pedro Botelho pela orientação do trabalho ao longo do ano.

Ao meu colega de grupo Pedro Geraldês pela dedicação e esforço.

Aos meus colegas de casa e amigos André Vieira, Décio Teixeira, Gonçalo Rosa, João Borges, Pedro Gomes, Pedro Soares e Samuel Vitorino que fizeram parte deste percurso desde o primeiro ano, assim como os restantes que estiveram presentes nesta etapa.

# Índice Geral

## **PARTE I** Vertente Prática

1 Introdução	9
2 Local de Intervenção	13
3 Proposta de Intervenção	17
4 Projeto Individual	21

## **PARTE II** Vertente Teórica

1 Introdução	51
2 Estado da Arte	57
3 O Projeto de Arquitetura para o Cliente	101
4 Discussão de Resultados	131
5 Considerações Finais	139
6 Referências Bibliográficas	145
7 Lista de Acrónimos	147
8 Índices de figuras e tabelas	148
9 Anexos	151





# PARTE I

Vertente Prática



Trabalho Prático submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura

Trabalho Prático

# **Projeto em Alenquer**

Reabilitar o Lugar

Grupo de Trabalho

Flávio Serpa | Pedro Geraldes

Orientador

Arquiteto Pedro Viana Botelho - Professor Catedrático Convidado do ISCTE



## **PARTE I Vertente Prática**

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Local de Intervenção .....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>Proposta de Grupo.....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>Projeto Individual .....</b>	<b>21</b>
4.1	Local de intervenção.....	21
4.2	Projeto .....	25

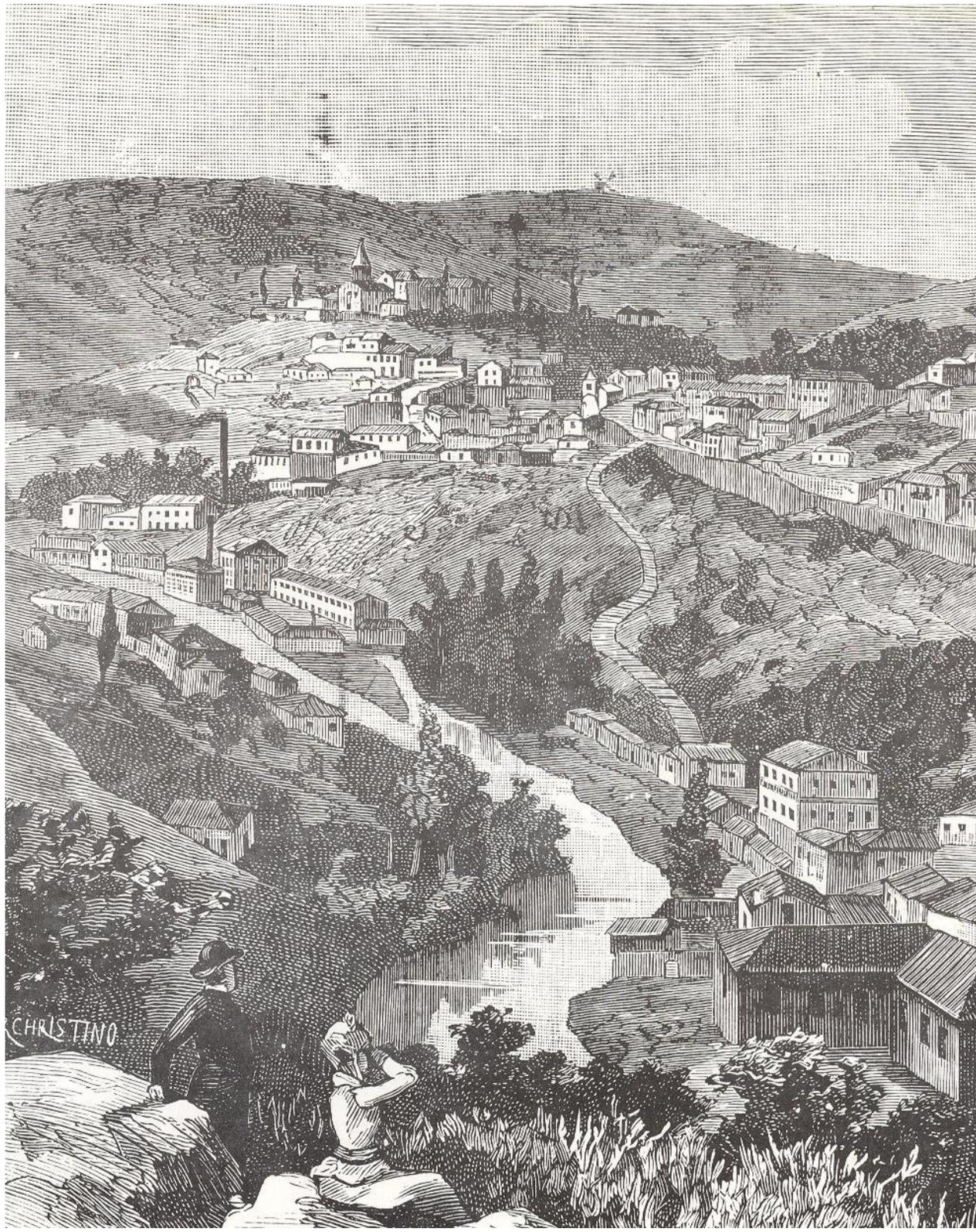


# Introdução **1**

# 1 Introdução

Na disciplina de Projeto Final de Arquitetura do presente ano letivo abordou-se o concelho de Alenquer, sendo necessário identificar problemas e posteriormente encontrar soluções para os mesmos. Estas soluções podem variar de escala podendo atingir uma vasta área ou concentrarem-se em pequenos pontos específicos.

O trabalho de grupo e individual centrou-se na vila de Alenquer onde foram analisados diversos aspetos da vila, tais como os acessos existentes, que foi um dos temas que mais chamou a atenção ao notar-se que existe dificuldade no acesso entre as duas cotas e o que isso está a originar. Posteriormente tentou-se perceber as consequências que esta dificuldade tem na vida da zona alta assim como de que forma se pode melhorar a ligação entre as duas cotas proporcionando uma maior união na vila.



*Gravura de Alenquer,  
autoria de Christino*

*Fonte:  
<http://couraca.blogspot.com/2009/>*



## Local de Intervenção **2**

## 2 Local de Intervenção

Como já foi referido anteriormente o projeto situa-se em Alenquer, um concelho pertencente ao distrito de Lisboa com uma área de cerca de 304km<sup>2</sup>, tornando-o no terceiro maior do distrito com uma população de cerca de 43000 habitantes segundo os censos de 2011, e está dividido em 11 freguesias. O concelho encontra-se a Norte de Vila Franca de Xira, Arruda dos Vinhos e Sobral de Monte Agraço e a Sul dos concelhos da Azambuja e Cadaval estando a poente do rio Tejo e a nascente de Torres Vedras.

O trabalho de grupo e individual estão localizados na vila de Alenquer que tem uma área de cerca de 50 km<sup>2</sup> e uma população de cerca de 10000 habitantes segundo os censos de 2011.

A vila de Alenquer, é apelidada de “Presépio de Portugal”, devido a uma das suas grandes atrações que consiste em montar, em dezembro, um presépio de grandes dimensões na colina da vila.

Alenquer tem um vasto património no qual inclui locais pré-históricos, castelos, conventos, igrejas, quintas e casas senhoriais, tendo sido também o local de nascimento de Damião de Goes assim como local onde se encontra o seu túmulo, mais concretamente na Igreja de S. Pedro.

Alguns dos locais mais notáveis são o convento de S. Francisco, a Igreja de S. Pedro, a Igreja da Misericórdia, a Igreja da Várzea, o castelo de Alenquer, o Teatro Ana Pereira e a Câmara Municipal, assim como o bairro da Judiaria que é o centro histórico da vila de Alenquer.

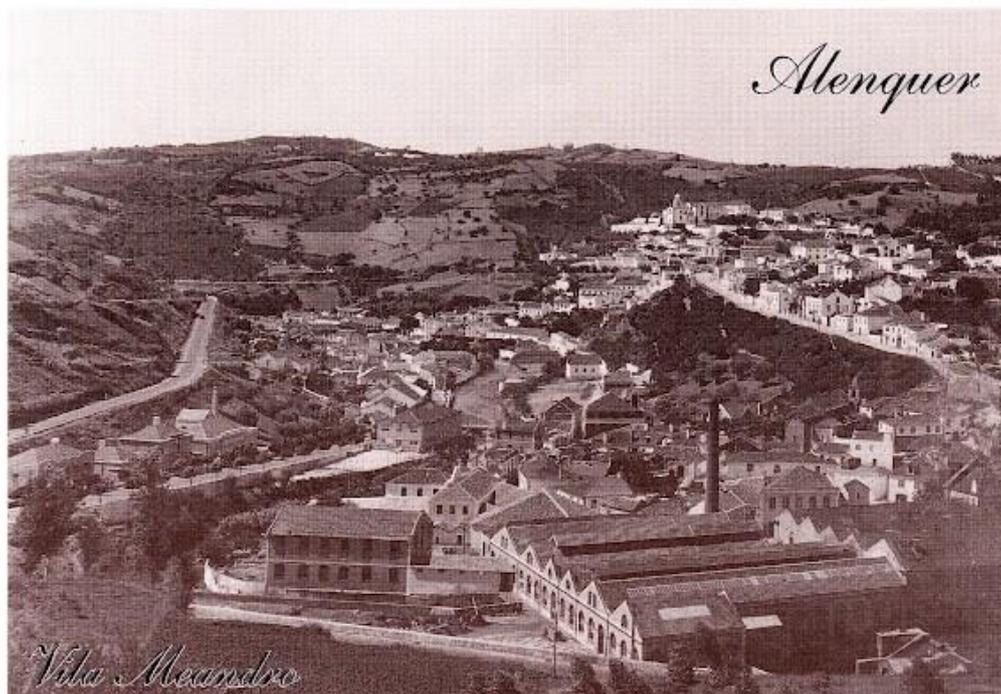
Atualmente ainda é possível ver as ruínas do castelo medieval e fortaleza que tinha uma grande importância na linha de fortificações que defendiam Lisboa na idade Média restando ainda alguns vestígios como a Porta da Conceição e a Torre da Couraça.

Alenquer foi também local de uma grande tragédia, nomeadamente as cheias de 1967.

Ao analisar a vila de Alenquer é possível encontrar alguns aspetos a melhorar tais como edifícios devolutos, passeios, praças, acessos tanto pedonais como rodoviários e a ligação entre a cota baixa e a cota alta da vila. É neste último ponto que o trabalho de grupo vai-se focar assim como na reabilitação

de dois locais da vila que carecem de atenção, tendo em conta a sua importância que está a passar despercebida para a maior parte dos habitantes da vila.

A vila de Alenquer encontra-se num vale sendo a vila baixa a mais movimentada enquanto que a vila alta está a ficar secundarizada. Na vila baixa passa o rio de Alenquer sendo também o local onde se encontra a maioria da vida urbana. Na vila alta pode-se encontrar a Câmara Municipal de Alenquer, a GNR, o infantário da Santa da Misericórdia e edifícios notáveis como é o caso do convento e igreja de S. Francisco. Esta secundarização da zona alta deve-se a fatores como a acessibilidade, mais em concreto a acessibilidade pedonal entre a cota alta e baixa da vila, tornado difícil a ligação a pé de uma cota à outra.



Vila de Alenquer antigamente. Fonte: [https://www.geocaching.com/geocache/GC3YD31\\_areal-fabrica-do-papel?guid=dee7e0e0-795c-4730-ab29-8ff1894b68a7](https://www.geocaching.com/geocache/GC3YD31_areal-fabrica-do-papel?guid=dee7e0e0-795c-4730-ab29-8ff1894b68a7)



## Proposta de Grupo **3**

### 3 Proposta de Grupo

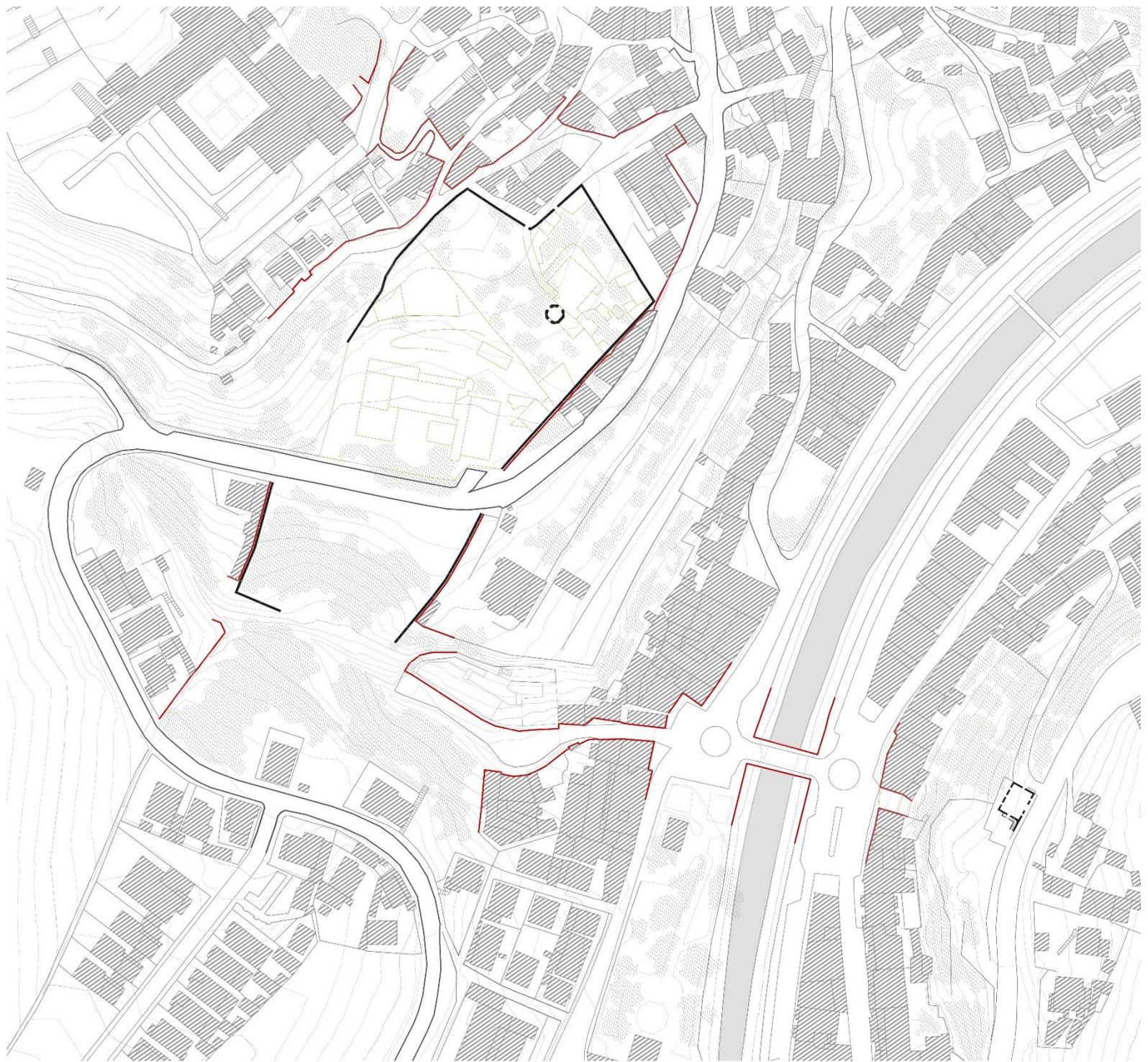
Dadas as características apontadas no diagnóstico anterior, a proposta surge de um olhar crítico sobre a condição atual da vila de Alenquer, que se focou com maior incidência no ponto que diz respeito às dificuldades de acessibilidade à cota alta, fator que também motiva a escassez de vida urbana no centro histórico, contribuindo para a sua secundarização e abandono.

Ao olhar para o território em questão, verifica-se a existência de poucos acessos de ligação entre as cotas, que além de possuírem uma forte pendente, são vocacionados para a circulação rodoviária e situam-se nas “pontas” ou nas “costas” da vila, distantes do centro da vida urbana na vila Baixa.

Dadas as premissas anteriores, o raciocínio de atuação baseia-se na procura de um percurso que articule, de modo mais confortável, célere e central, ambas as cotas da vila. Com o seguimento do trabalho, encontrou-se um pequeno vale, correspondente a uma linha de água, perpendicular ao rio de Alenquer, que possibilita essa articulação. Por sua vez, esta “espinha” central (assinalada a vermelho na planta), toca nos dois “nervos” que balizam o percurso, os quais correspondem aos trabalhos desenvolvidos que compõem a estratégia delineada em grupo.

O ponto que baliza o percurso do lado da encosta exposta a poente, corresponde a uma casa antiga, de características pré-pombalinas, que pela posição privilegiada e sobranceira que dispõe na vila, permitia, ao marquês de Alenquer, controlar o território. Perante o atual estado de abandono, além da reabilitação da casa, delineou-se conjuntamente, um corpo vocacionado para alojamento local, recuperando a memória das antigas albergarias adjacentes ao longo da N1, visto que a casa partilha da mesma circunstância. Aliado a isto, este projeto contempla uma articulação entre a cota de cima e a cota de baixo.

Do lado oposto, na encosta exposta a nascente, encontra-se o outro ponto, correspondente ao lugar da Cerca, dividido entre pequeno aglomerado de habitações e o recinto do infantário da Santa da Misericórdia. Além do projeto de um novo edifício para o infantário e da reestruturação do recinto exterior da Cerca, pretende dar-se continuidade à ligação entre a cota da Vila Baixa e da Vila Alta, por intermédio de um percurso público que atravessa o interior da cerca, cumprindo os princípios definidos na proposta de grupo.



*Planta da Proposta de Grupo Escala 1/2000*



**Projeto Individual 4**

## 4 Projeto Individual

### 4.1 Local de intervenção

O projeto localiza-se na vila de Alenquer numa encosta, virada a poente, entre a Estrada Nacional nº1, que faz a ligação Lisboa – Porto, e a avenida 25 de Abril. Estão inclusos uma casa, que se encontra devoluta, um edificado de comércio e o terreno entre eles, encontrando-se cada um em cotas diferentes.

A casa possui dois pisos e encontra-se devoluta e totalmente descaracterizada tanto no interior como exterior. O piso térreo foi esventrado, no piso superior apenas sobram as paredes e o pavimento, sendo que nenhum deles se encontra em bom estado, e o exterior da habitação foi também desprovido dos elementos que a caracterizavam.

O terreno foi adulterado tendo sido feita uma enorme escavação que rasga aquela parte da encosta criando, assim, um espaço vazio sem utilização ao destruir estruturas, anexas à habitação, e retirar várias árvores que ali existiam.

O edificado de comércio é uma construção de um piso, mais recente do que as adjacentes. A norte tem um edificado que revela ter valor, mas perde importância devido a estar encostado a este edificado de comércio que antes não existia.

*Colecção de J. K. Leitão Lourenço*



*Fotografia antiga da vila de Alenquer. Zona de Intervenção vista de norte. Fonte:  
<http://couraca.blogspot.com/2014/04/a-alenquer-dos-anos-60.html>*



*Fotografia antiga da vila de Alenquer. Zona de Intervenção vista de sul. Fonte:  
<http://couraca.blogspot.com/2014/04/a-alenquer-dos-anos-60.html>*



*Fotografia atual do local de intervenção vista de poente.*

## 4.2 Projeto

### **Reabilitar o lugar.**

Esta proposta de intervenção atua como uma mensagem e chamada de atenção para este lugar onde se encontra uma casa com valor histórico numa localização que permite ter uma excelente vista da vila de Alenquer, mas está esquecida e ao abandono, encontrando-se totalmente desaproveitada apesar dos pontos fortes que possui.

A proposta consiste na reabilitação da casa, na adição de um corpo adjacente à mesma, embora numa cota inferior, vocacionado para Alojamento Local e na alteração do edificado de comércio existente na cota da rua, incluindo a adição de um elevador que cria uma ligação mais rápida entre essa cota da vila baixa e a cota do terreno onde se encontra o novo corpo.

O projeto encontrou o seu lugar no local ajustando-se e adaptando-se ao pré-existente de forma a integrar-se, não só com o edificado envolvente, mas também com a morfologia do terreno, que era um grande aspeto a ter em conta dada a diferença de cotas no espaço de intervenção.

Como já foi referido anteriormente a casa encontra-se com o exterior e com o piso 0 descaracterizados sendo que apenas no piso 1 pode-se perceber como era a organização do espaço. Devido às características dos dois pisos, assim como a localização privilegiada da casa, propõe-se que no piso 0 funcione um bar com explanada e no piso 1 sejam divisões que possam ser reservadas durante o dia para diversos fins, como por exemplo explicações, reuniões ou para a realização de trabalhos.

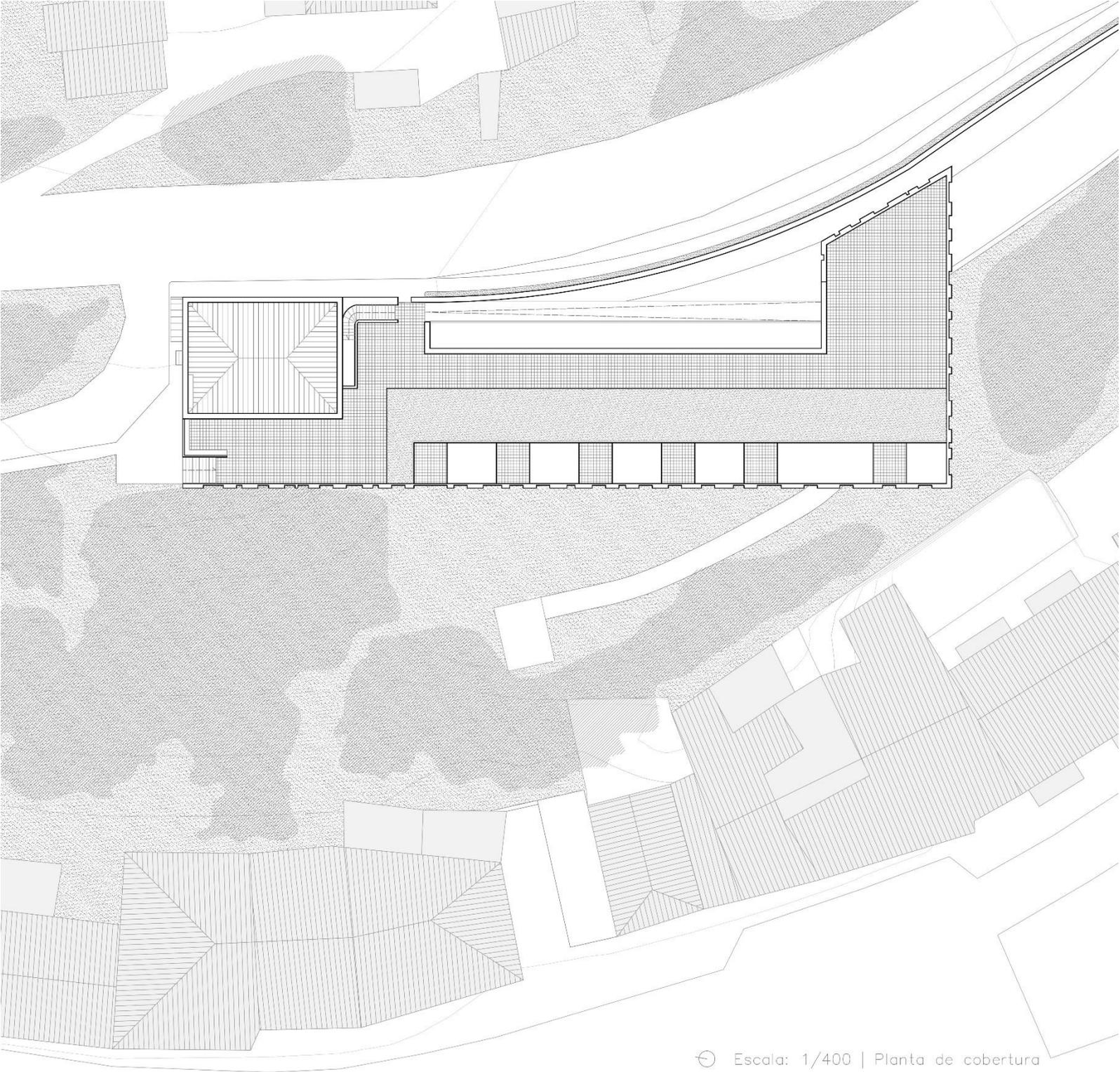
Assim, pretende-se reabilitar a casa restaurando o piso 1 de forma a ficar fiel ao que era antigamente, pois a nova função pretendida foi pensada a contar com a forma como o piso está organizado. No piso 0 propõe-se manter um aspeto de open space, como se encontra atualmente, mas adicionando um corpo que consiste num balcão de bar e Instalação Sanitária, dotando o espaço com as características necessárias para a função de bar. Cada um destes pisos pode funcionar independentemente do outro. O exterior do piso 0 funciona como uma varanda e como um miradouro que se estende pela cobertura do novo corpo projetado.

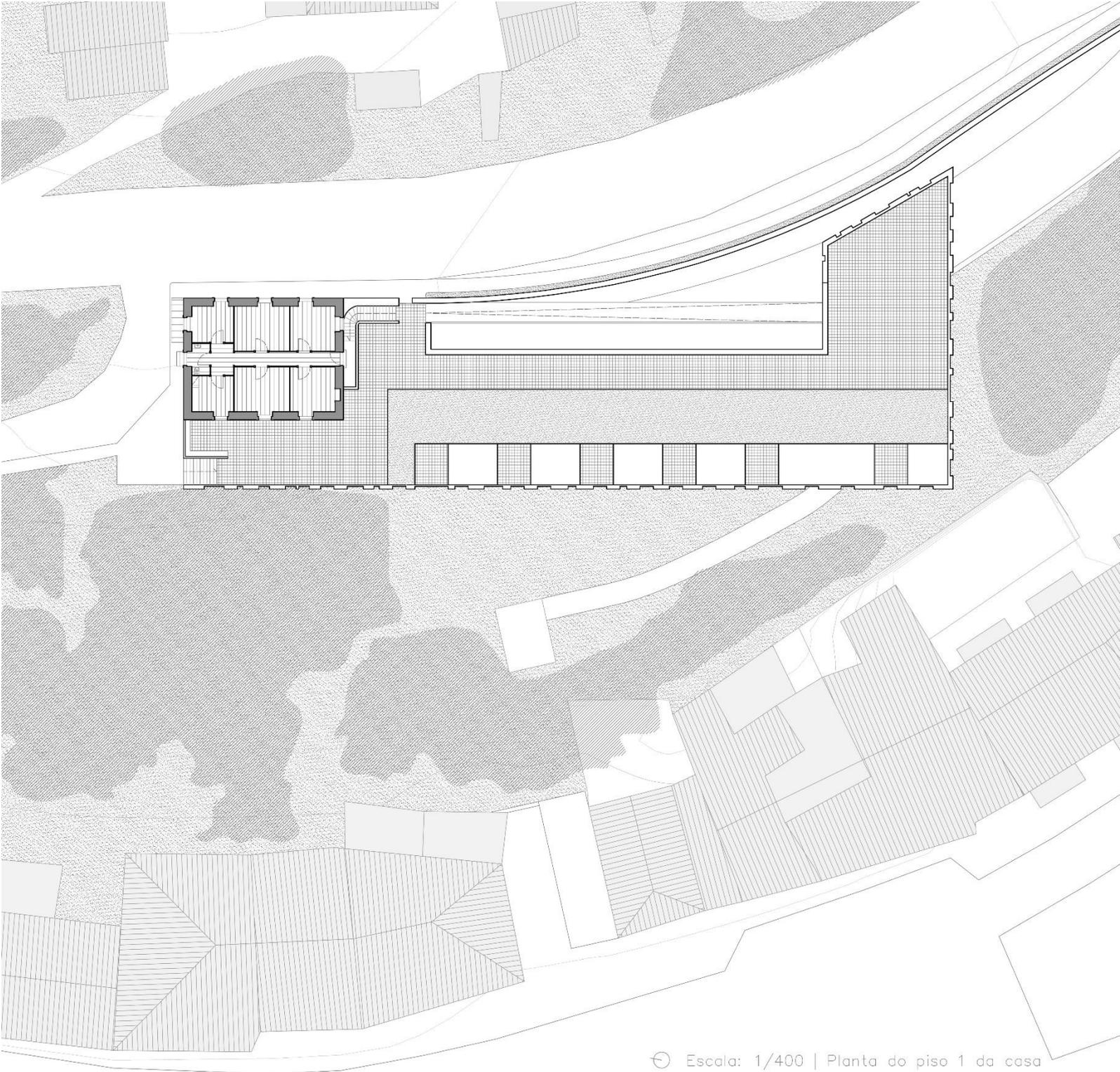
A casa é o elemento que o projeto pretende destacar devido à sua importância, como já foi referido anteriormente, e para isto o novo corpo adjacente “baixa-se” perante a casa dignificando-a e dando-lhe protagonismo ao atuar como um platô onde a casa se insere, de forma a valorizar a herança cultural e arquitetónica do lugar, que é esta casa pré-pombalina. Para acentuar este aspeto de platô o novo corpo foi projetado em betão proporcionando-lhe um aspeto sólido e robusto.

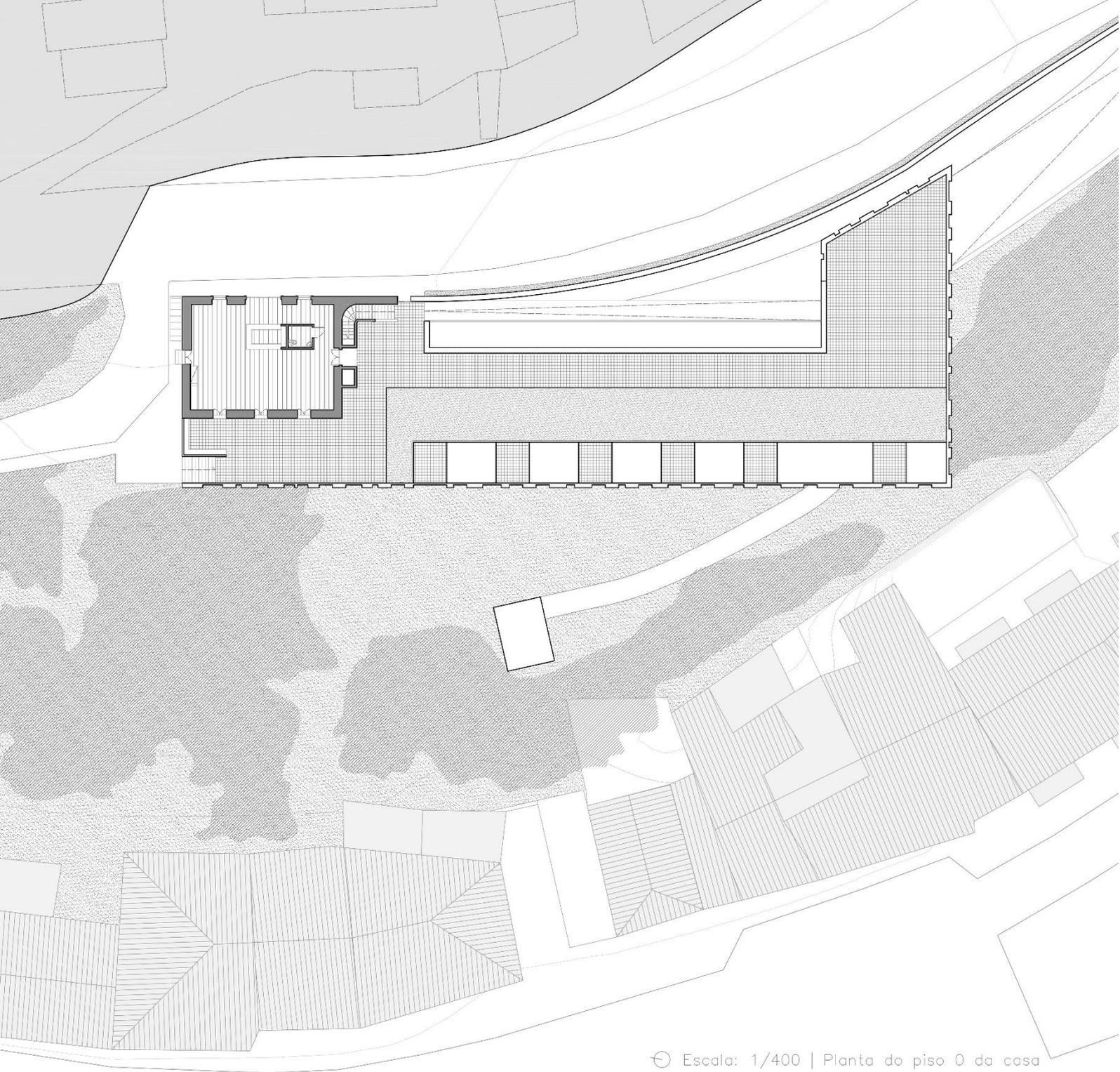
Este novo corpo vai funcionar como alojamento local e pretende dar às pessoas, que aqui ficam hospedadas, a sensação de conforto de estarem em “casa”. Com base nesta ideia o edifício está pensado para que os hóspedes, após terem feito o registo, possam entrar e sair à vontade e tenham sempre disponível uma sala de estar comum e uma copa onde estes podem preparar refeições breves como é o caso de, por exemplo, o pequeno almoço ou o lanche. No que diz respeito aos quartos, cada um tem um pátio privado assim como uma instalação sanitária, sendo que um dos quartos está adaptado para hóspedes com deficiência motora, nomeadamente o quarto mais próximo da entrada e das zonas comuns. Neste piso existe ainda uma zona para os funcionários.

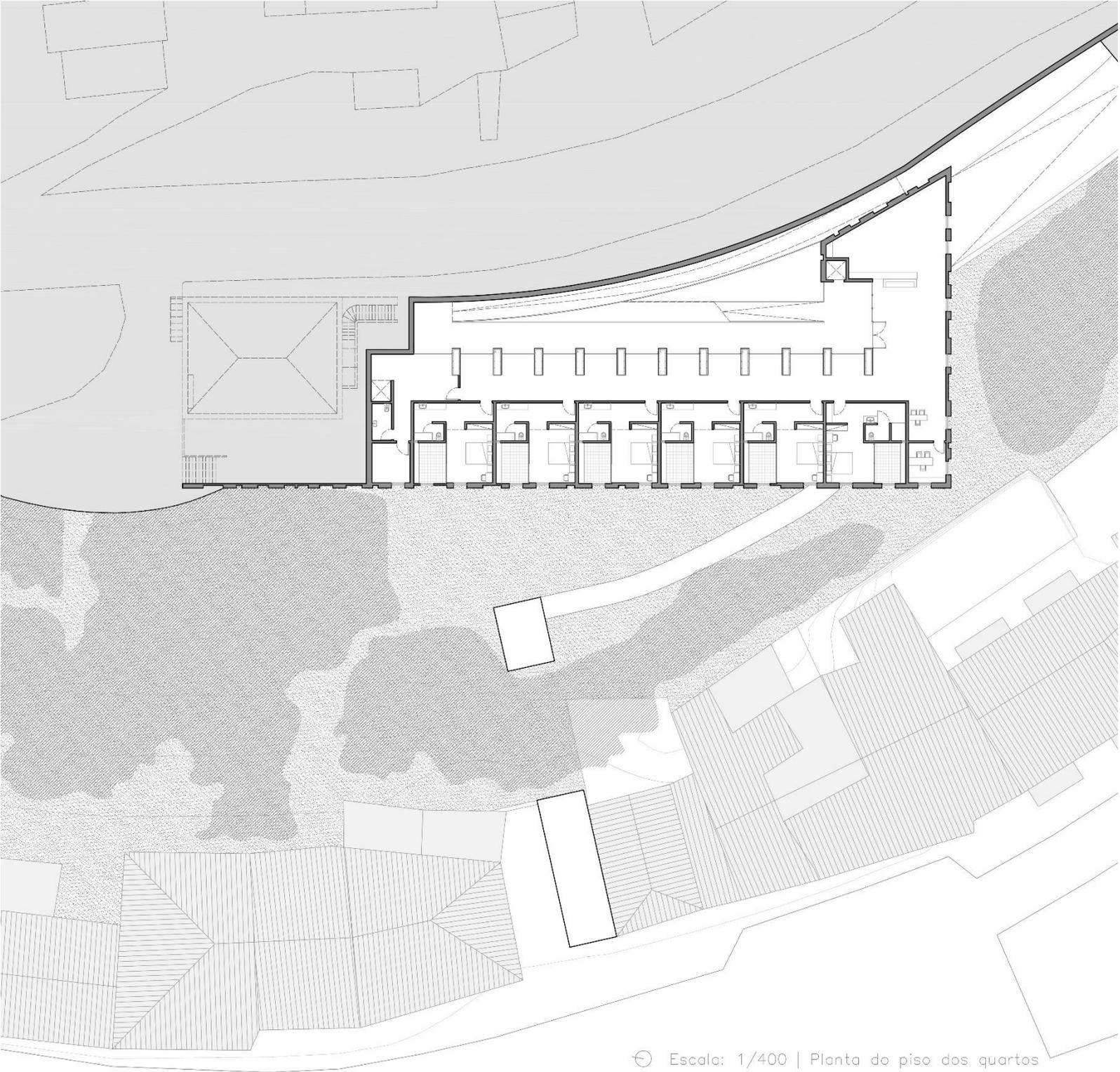
O estacionamento é coberto, encontrando-se por baixo do corpo dos quartos. Os acessos verticais são feitos através de rampa ou elevador, sendo que existem dois elevadores, um de serviço e outro para o público. No piso do estacionamento existe ainda uma zona técnica, que faz parte do novo corpo, e uma saída de elevador, que é um volume separado e faz a ligação entre esta cota e a cota da rua da vila baixa.

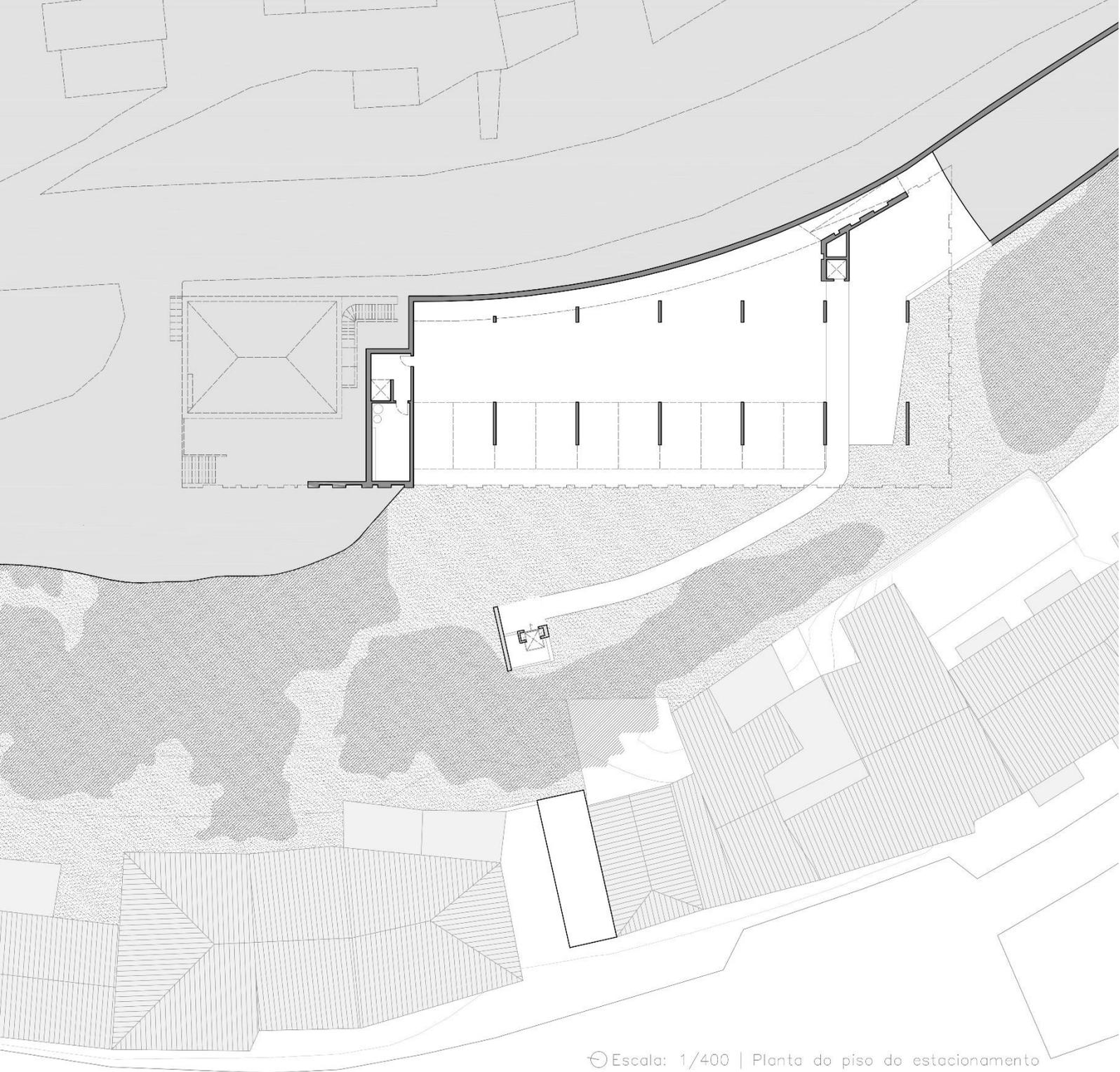
Em relação ao edificado de comércio, este foi substituído por uma nova construção mais estreita e alta, sendo assim mais esbelta, que se encontra encostada ao edificado que se encontra a sul da mesma e deixa um espaço para com o edificado a norte. Esse edifício a norte demonstra ter valor devido a alguns aspetos como por exemplo a cantaria e o espaço deixado permite “respirar” melhor e concede-lhe mais importância. O espaço entre os dois edifícios deixa uma zona aberta que dá acesso a um elevador por trás da nova construção que faz a ligação entre a cota da rua e a cota do estacionamento proporcionando, assim, uma ligação mais rápida e confortável entre as cotas. Assim, a ligação entre a cota da rua da vila baixa e a cota do piso 0 da casa é feita rapidamente e de forma fácil através de elevadores e rampas.

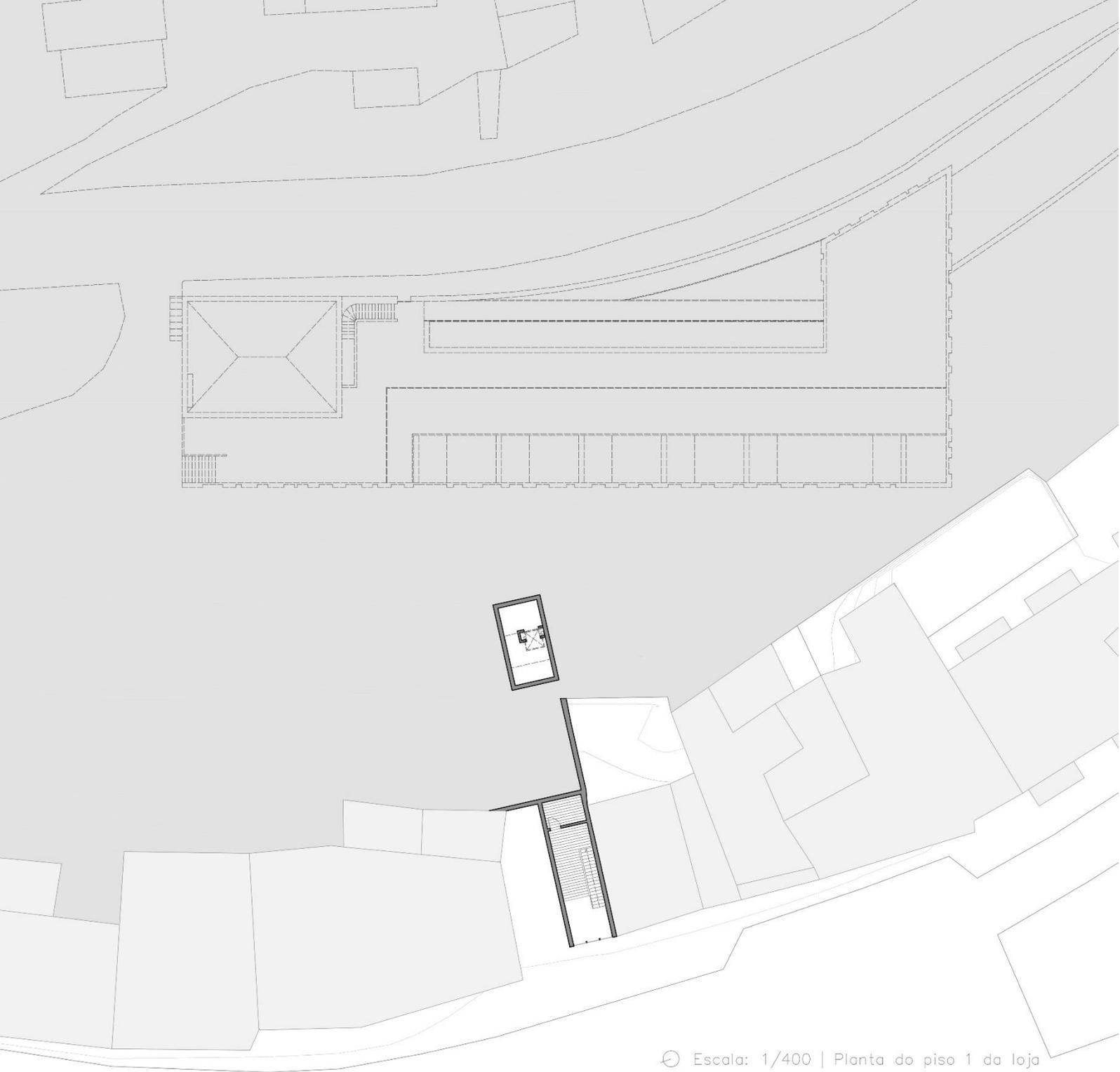


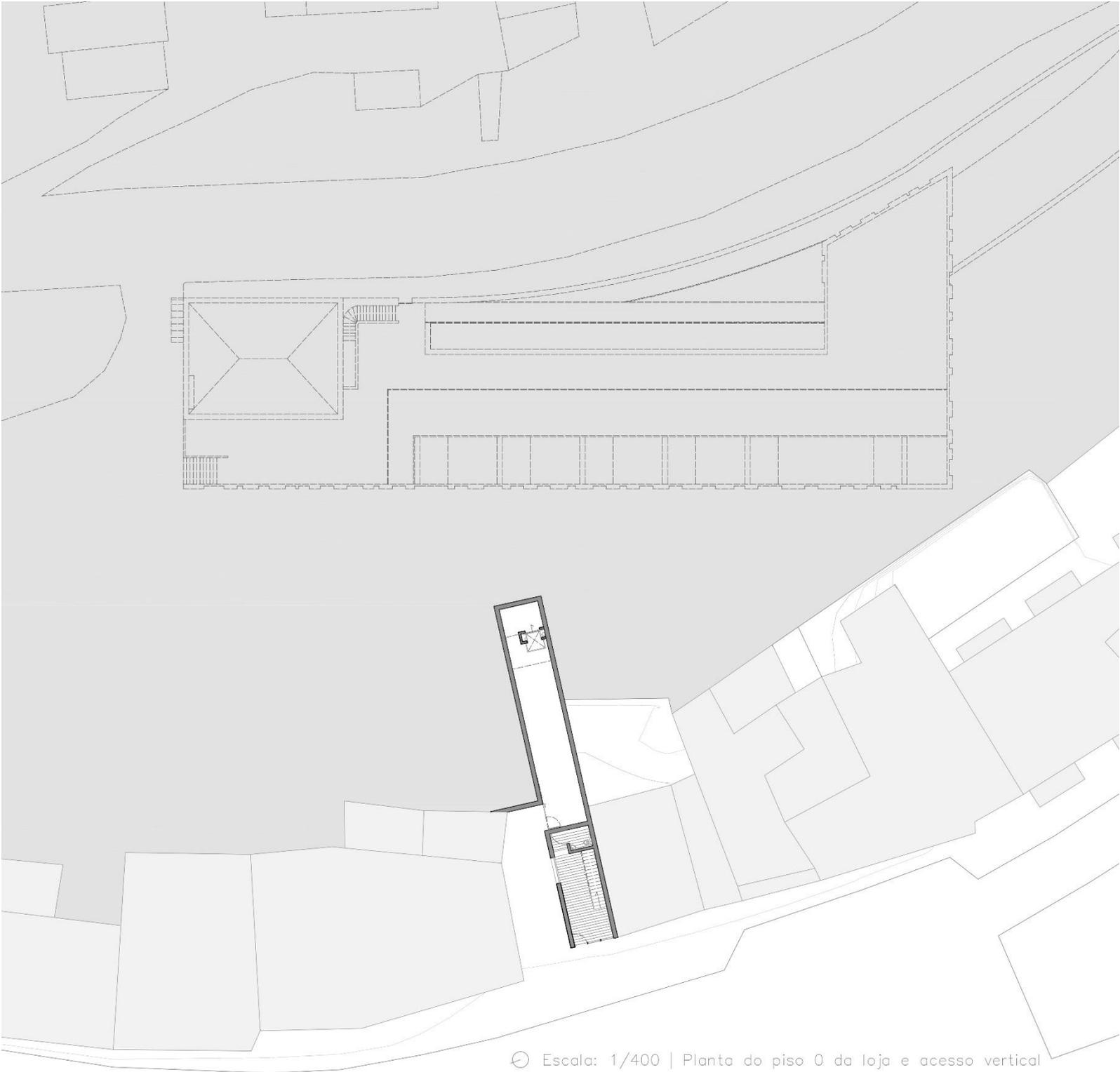




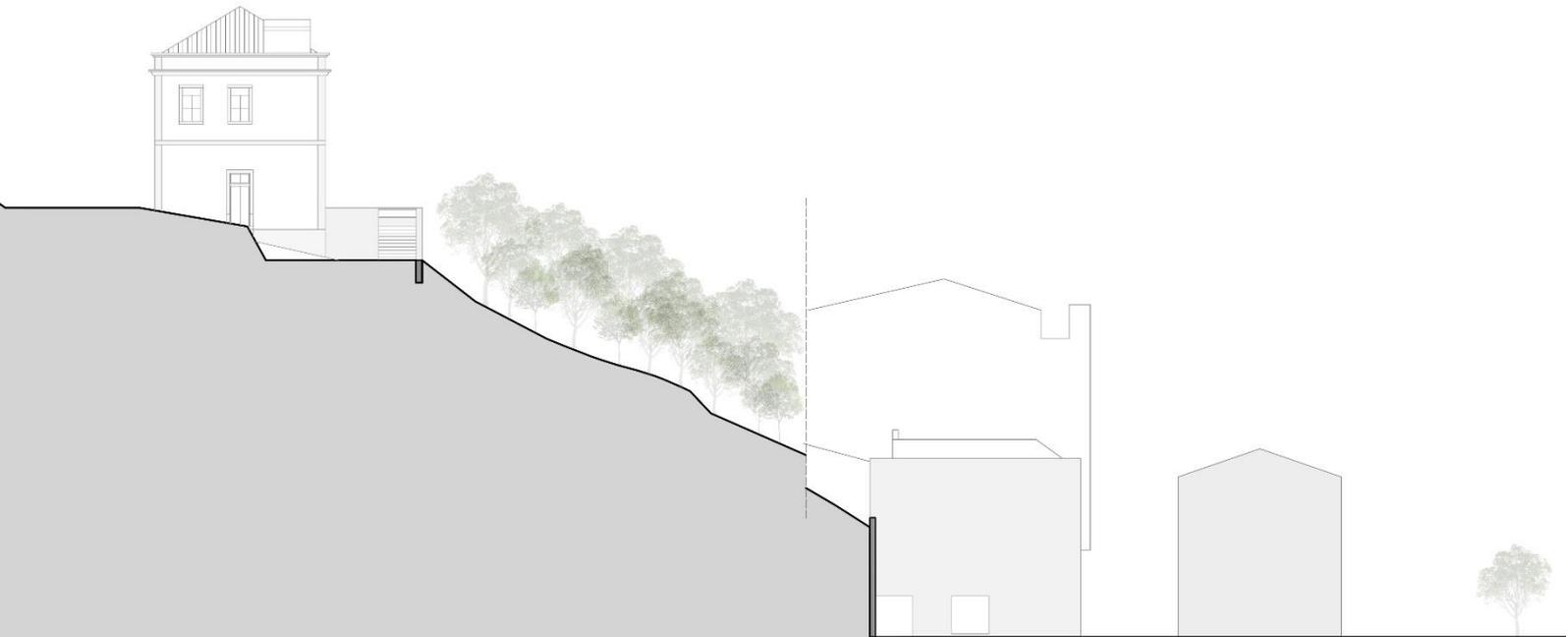


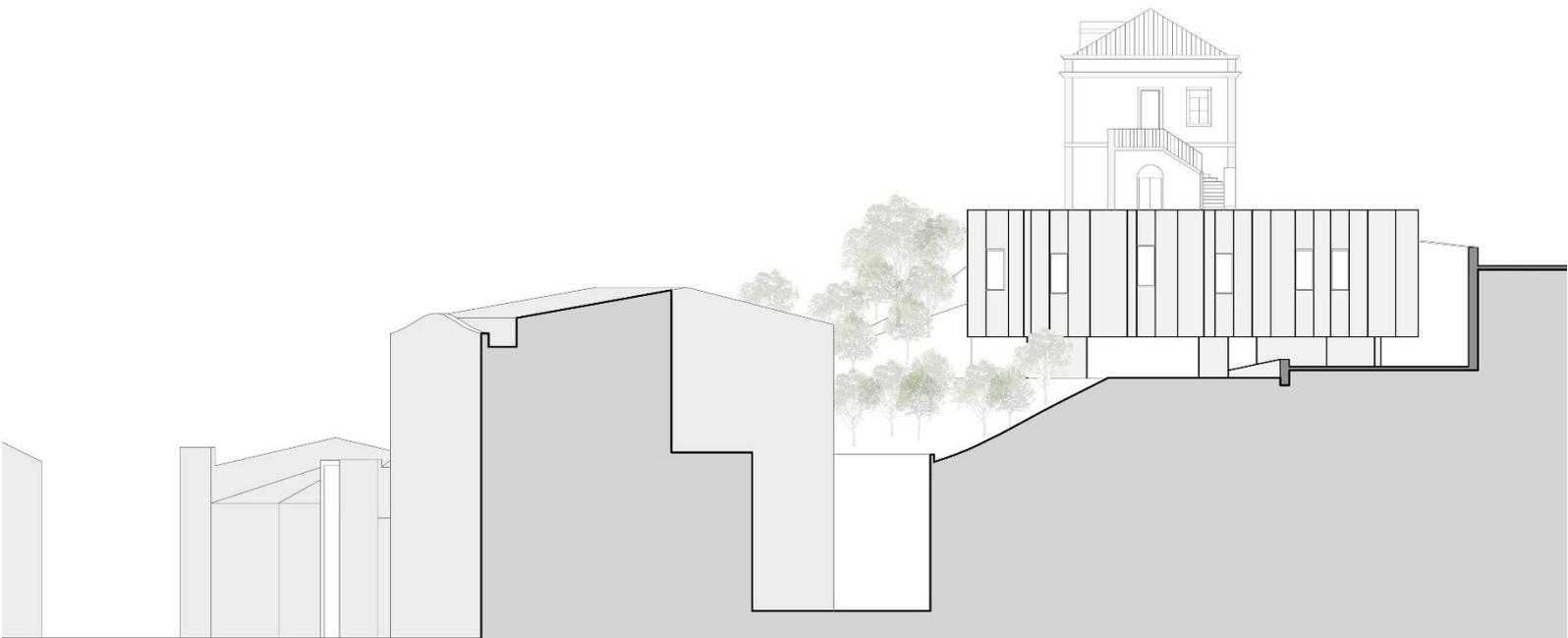


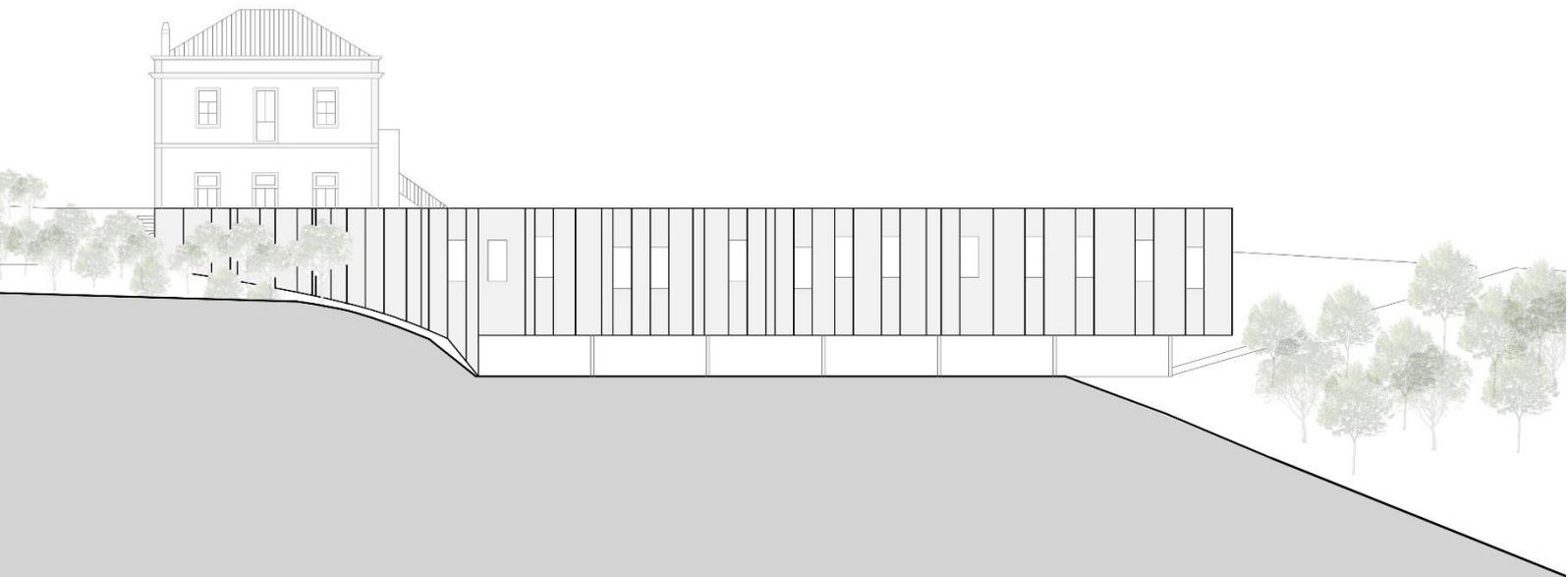




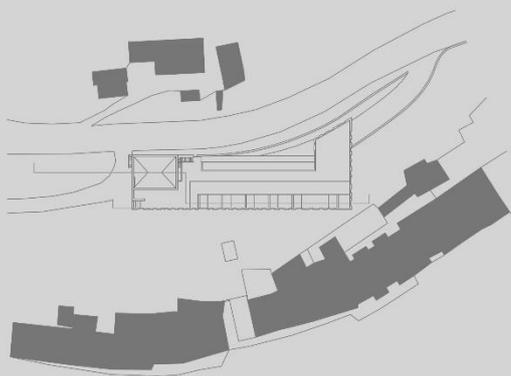
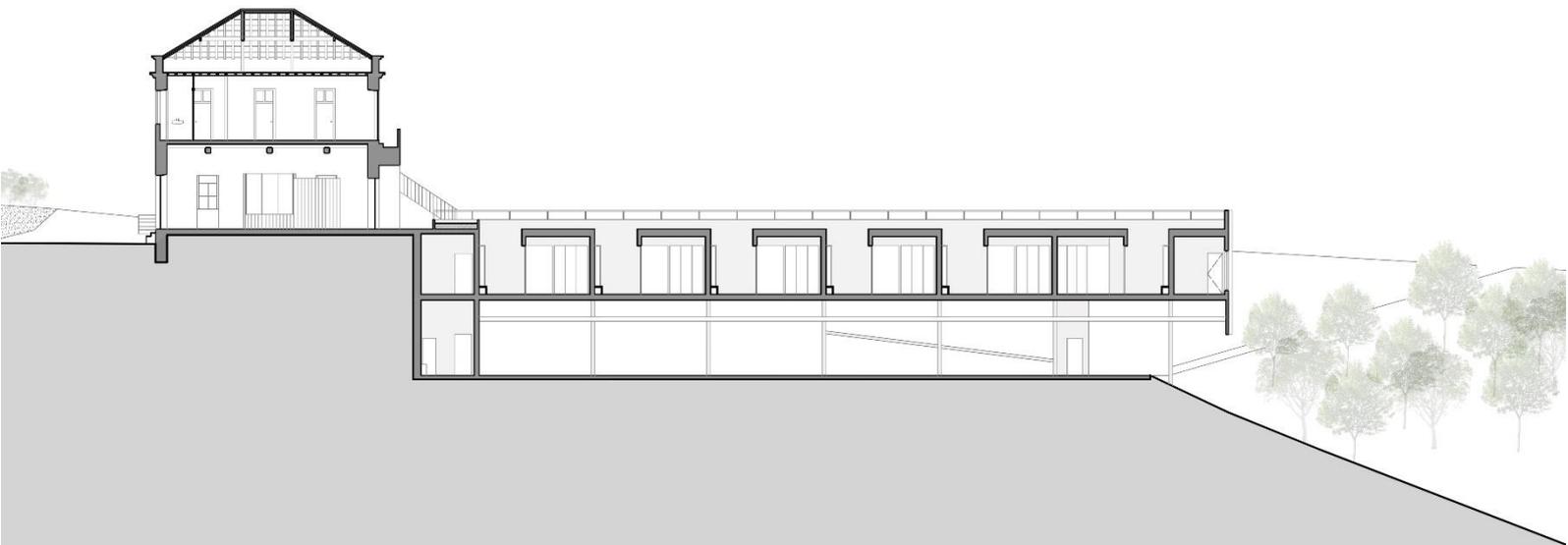


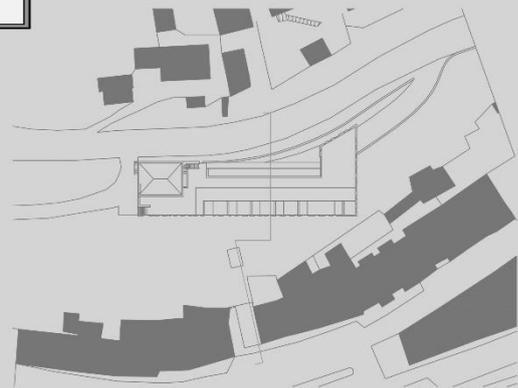
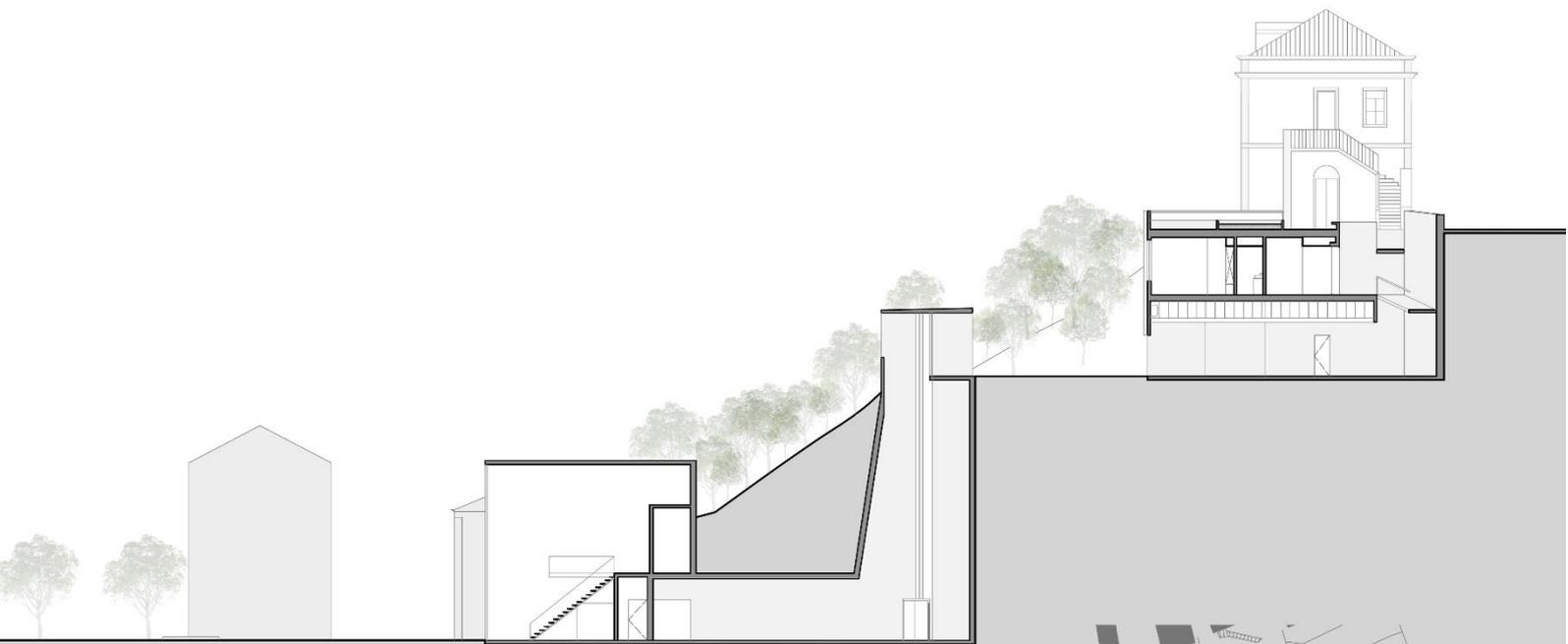












Escala: 1/400 | Corte Transversal



# PARTE II

Vertente Teórica



Trabalho Teórico submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura

Trabalho Teórico

# **Compreensão do projeto de arquitetura por não especialistas**

Um estudo comparativo usando realidade virtual imersiva

Orientador

Professora Doutora Sara Eloy - Professora Auxiliar do ISCTE

## Resumo

Este trabalho foca-se na compreensão dos projetos de arquitetura por parte de pessoas que não estão familiarizadas com os métodos tradicionais de representação da arquitetura, nomeadamente desenhos técnicos, maquetas e imagens renderizadas por computador (renders). O objetivo principal do estudo é avaliar o nível de compreensão de um projeto por parte de um cliente quando confrontado com estes métodos tradicionais e comparando-o com um outro método que está a imergir, nomeadamente a Realidade Virtual Imersiva.

Para se conseguirem tirar conclusões foram realizadas duas experiências com projetos e clientes reais. Para isso este trabalho contou com a parceria do atelier João Monteiro Arquitetos, da ADENE e do atelier Conceito arquitetos. Nas experiências realizadas apresentou-se um projeto de arquitetura através de dois métodos diferentes: i) método tradicional (plantas, cortes, alçados, renders e maquetas), ii) realidade virtual imersiva com um Head Mounted Display (Oculus Rift). Este teste foi repetido para dois projetos diferentes, cada um com um grupo de participantes diferente, sendo um dos grupos um casal que estava a ver o projeto da sua futura habitação e o outro um grupo de pessoas que estavam a ver um centro expositivo. Os participantes responderam a questionários ao longo da experiência de modo a aferir o nível de compreensão do projeto à medida que eram confrontados com diferentes modos de representação.

Os resultados obtidos permitiram responder a perguntas colocadas durante o trabalho relativas à compreensão de projetos de arquitetura. Estes resultados confirmaram a hipótese levantada de que as pessoas não familiarizadas com a representação de arquitetura têm uma melhor e mais correta perceção do projeto quando o visualizam através da realidade virtual imersiva do que quando visualizam desenhos técnicos, renders e maquetas.

Palavras chave: Ambientes imersivos, compreensão, experiência comparativa, Head Mounted Display, métodos tradicionais (plantas, cortes, alçados, renders e maquetas), Realidade Virtual, Realidade Virtual Imersiva, Representação da arquitetura.

## Abstract

This work focuses on the understanding of architecture projects by people who are unfamiliar with traditional architectural representation methods, such as technical drawings, models and rendered images. The main objective of the study is to evaluate the level of understanding of a project by a client when confronted with these traditional methods and comparing it with another method that is immersing, namely Immersive Virtual Reality.

In order to draw conclusions, two experiments with real projects and clients were carried out. For this, this work had the partnership of the studio João Monteiro Arquitetos, ADENE and the studio Conceito arquitetos. In the experiments carried out an architecture project was presented through two different methods: i) traditional method (plans, cuts, elevations, renders and scale models), ii) immersive virtual reality with a Head Mounted Display (Oculus Rift). This test was repeated for two different projects, each with a different group of participants, one of the groups being a couple who were watching the project of their future housing and the other a group of people who were seeing an exhibition center. Participants answered questionnaires throughout the experiment in order to compare the level of understanding of the project as they were confronted with different modes of representation.

The results obtained allowed us to answer questions posed during the work related to the understanding of architecture projects. These results confirmed the hypothesis raised that people unfamiliar with architectural representation have a better and more correct perception of the project when they visualize it through virtual reality than when viewing technical drawings, renders and models.

Key-words: Architecture representation, comparative experience, Head Mounted Display, Immersive environments, Immersive Virtual Reality, traditional methods (plans, cuts, elevations, renders and models), understanding, Virtual Reality.

## PARTE II Vertente Teórica

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>51</b>
1.1	Pergunta de investigação .....	52
1.2	Objetivos e hipóteses .....	53
1.3	Metodologia .....	54
<b>2</b>	<b>Estado da Arte .....</b>	<b>57</b>
2.1	Instrumentos de representação em arquitetura .....	57
2.1.1	Imagem .....	57
2.1.2	Desenho Técnico .....	63
2.1.3	Maqueta.....	74
2.2	Realidade Virtual Imersiva .....	78
2.2.1	Conceito .....	78
2.2.2	Tecnologias associadas .....	82
2.2.3	Utilização em Arquitetura .....	90
2.3	Perceção Visual.....	92
2.3.1	Processo ótico .....	92
<b>3</b>	<b>O projeto de arquitetura para o cliente .....</b>	<b>99</b>
3.1	Caso de estudo .....	101
3.2	Protocolo de experimentação .....	102
3.2.1	Processo .....	102
3.2.2	Material utilizado .....	103
3.3	Experiência .....	105
3.4	Resultados .....	114
3.4.1	Dados relativos aos questionários .....	114
<b>4</b>	<b>Discussão dos resultados.....</b>	<b>131</b>
<b>5</b>	<b>Considerações finais.....</b>	<b>139</b>
5.1	Trabalho futuro.....	140

<b>6</b>	<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>145</b>
<b>7</b>	<b>Lista de Acrónimos.....</b>	<b>147</b>
<b>8</b>	<b>Índice .....</b>	<b>148</b>
8.1	Índice de imagens.....	148
8.2	Índice de tabelas.....	150
<b>9</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>151</b>
9.1	Questionários .....	151
9.1.1	Termo de Consentimento informado.....	151
9.1.2	Questionário utilizado no atelier Correia Monteiro .....	153
9.1.3	Questionário utilizado na Adene.....	160
9.2	Imagens e fotografias das experiências.....	168



# Introdução **1**

# 1 Introdução

Como o próprio título indica, a vertente teórica do trabalho de Projeto Final de Arquitetura debruça-se sobre as novas formas de representação da arquitetura e, essencialmente, na avaliação do impacto que elas têm para a compreensão de projetos por parte de quem não está tão à vontade com as ferramentas tradicionais nomeadamente plantas, cortes, alçados, renders e maquetas.

As pessoas que não estão treinadas a visualizar representações gráficas abstratas do espaço têm muita dificuldade em interpretar corretamente este tipo de desenho, tornando a sua experiência de visualização numa experiência não totalmente informativa. Esta realidade pode levar a uma ideia errada do projeto por parte do observador/cliente situação essa que poderá conduzir, no final, ao não cumprimento das suas expectativas.

Com o decorrer dos anos têm surgido diversas ferramentas que alteram o modo como um projeto de arquitetura é representado e mostrado ao dono de obra e ao público em geral. Atualmente as novas tecnologias de realidade virtual têm vindo a evoluir a um grande ritmo. Algumas destas tecnologias de realidade virtual permitem uma experiência imersiva como os *Head Mounted Display* e as *CAVE*. Estas tecnologias têm sido muito desenvolvidas para jogos de computador, mas têm cada vez mais vindo a ser utilizadas por profissionais no campo da arquitetura. O facto de permitirem ao observador uma noção do espaço à escala real e uma sensação de presença no projeto, aumentada pela existência de elementos interativos e animados, faz com que a experiência do espaço seja mais rica e completa.

## 1.1 Pergunta de investigação

Como consequência da problemática atrás referida fazem-se duas perguntas de:

- 1) Em que medida os clientes compreendem o projeto de arquitetura da obra que encomendaram quando o arquiteto o explica com recurso aos instrumentos tradicionais de arquitetura?
- 2) O uso de sistemas de realidade virtual imersiva melhora a compreensão do projeto pelo cliente?

Neste trabalho pretende-se assim analisar a compreensão do projeto de arquitetura pelos clientes no o momento em que o arquiteto lhes apresenta e com eles discute o projeto.

## 1.2 Objetivos e hipóteses

O objetivo principal deste trabalho é analisar se existem diferenças na perceção do espaço por parte de não-projetistas quando confrontados com modos de representação tradicional (plantas, cortes, alçados e maquetas) ou com modelos em realidade virtual. O trabalho foca-se nos clientes de projetos de arquitetura e no modo como estes podem ser melhor informados acerca dos projetos na fase de conceção. Com esta análise pretende-se também obter dados para a compreensão de que forma estas tecnologias podem impulsionar o interesse pela arquitetura podendo tornar a sua compreensão mais acessível ou mais interessante para um público geral, neste caso para usufruidores dos espaços. Estas novas tecnologias poderão ser do interesse de profissionais de diversas áreas, tais como arquitetos, historiadores, professores, entre outros, não só com o intuito de demonstração, mas também de ensino, aprendizagem, teste e trabalho.

O objetivo secundário deste trabalho é o desenvolvimento das competências e conhecimento do autor no que diz respeito às várias tecnologias (software e hardware) em uso no mercado de realidade virtual, e ainda experimentar algumas destas tecnologias que sejam open-source ou que o ISCTE-IUL tenha protocolo de utilização como a modelação em Unity, o uso do sistema de Oculus Rift para RV e o BIMXplorer para usar BIM em RV.

A hipótese de investigação principal para este trabalho é:

Hipótese: A compreensão do projeto de arquitetura é maior quando os clientes visualizam o projeto através de realidade virtual imersiva em lugar dos processos tradicionais de representação (desenhos técnicos, maquete, renders).

### 1.3 Metodologia

A metodologia a adotar neste trabalho consiste na recolha e análise de bibliografia sobre os temas de estudo nomeadamente a percepção espacial, avaliação da satisfação e simulação de espaços em realidade virtual imersiva, e na escrita do Estado da Arte para de seguida se definirem as perguntas específicas de investigação. De seguida escolhem-se os casos de estudo a analisar que serão procurados em ateliers ou junto de donos de obra. Em qualquer dos casos será realizada parte ou a totalidade da modelação tridimensional do espaço e inclusão de animação de modo a realizar as experiências em realidade virtual imersiva. Para a fase de experiência será desenvolvido o protocolo de experimentação e as experiências terão lugar nos locais onde os arquitetos se reunirem com os clientes. Na fase seguinte será feita a análise dos resultados dos testes e serão retiradas as devidas conclusões.

A metodologia a utilizar pressupõe os seguintes passos:

- Recolha e análise de bibliografia sobre os temas de estudo: percepção espacial, avaliação da satisfação, simulação de espaços em realidade virtual imersiva.
- Escrita do Estado da Arte
- Definição da Pergunta de investigação, Objetivos e Metodologia.
- Escolha dos ateliers e/ou donos de obra com quem trabalhar:
  - Definição das perguntas específicas de investigação
  - Modelação tridimensional do espaço, eventual inclusão de animação que seja útil para a resposta às perguntas a fazer
  - Transferência do modelo para OculusRift
  - Desenvolvimento do protocolo de experimentação
  - Realização de testes de satisfação
- Análise dos resultados dos testes
- Escrita do trabalho teórico



## Estado da Arte **2**

## 2 Estado da Arte

### 2.1 Instrumentos de representação em arquitetura

Ao longo dos anos os instrumentos de representação de arquitetura têm vindo a evoluir enquanto alguns começam a ser esquecidos e deixados para trás. Apesar de novos instrumentos estarem agora disponíveis com uma série de funcionalidades inexistentes anteriormente, é importante não se comparar os instrumentos utilizados ao longo da história nem criticar as suas limitações (Pinon, 2008), pois estes tiveram determinada importância no seu tempo e permitiram-nos chegar ao ponto em que nos encontramos atualmente.

#### 2.1.1 *Imagem*

O melhor meio de comunicação de arquitetura é o meio gráfico, onde se inclui a imagem. Para além de ser um instrumento de representação, é uma forma de pensamento e criação de ideias de arquitetura (Sainz, 2009). No termo imagem inclui-se o desenho à mão, o esboço, a fotografia, a fotomontagem, o desenho digital, e o render.

## *Desenho*

O desenho sempre teve um papel importante na arquitetura, mas é importante perceber que a relação entre a habilidade para desenhar e a competência para projetar é um mito, não havendo uma relação direta entre estes. Geralmente os arquitetos que desenham melhor são os que pertencem às gerações onde a representação gráfica era feita à mão (Pinon, 2008). O desenho é uma atividade muito útil para a intuição, sendo um desenho à mão muito mais intuitivo do que a computador (Vieira, 1995). Muitos arquitetos, tais como Le Corbusier e Frank Lloyd Wright, utilizavam o desenho como forma de conhecimento e pensamento (Vieira, 1995). Também no século XX a Team X, Archigram, Archizoom e Superstudio mostraram a importância e o valor do desenho como uma ferramenta conceptual (Allen *et al.*, 2016).

Os desenhos, sejam eles esboços ou desenhos cuidados, revelam dados do seu autor, permitindo perceber os diferentes estados de espírito, assim como, emoções e ideias gerais de toda a sua obra (Sainz, 2009). “O desenho é a representação bidimensional de imagens, realizada com a mão, da maneira mais elementar, mais simples e complexa possível” (Vieira, 1995).

Ao contrário do que acontece numa fotografia, o desenho é uma forma de representação seletiva. No desenho pode-se representar apenas o que se pretende e utilizar uma hierarquia de valores permitindo também desenhar partes de edifícios que se encontram destruídos ou introduzir alguns elementos enquanto que na fotografia isto não é possível (Vieira, 1995).

O desenho contém a fase conceptual, perceptiva e operativa, não querendo dizer que se encontrem as três simultaneamente presente. Apesar de poderem existir vários desenhos do mesmo objeto, esses desenhos podem ser todos diferentes devido à forma de interpretação e execução (Vieira, 1995). Um desenho arquitetónico tem um conteúdo que comunica, essencialmente, arquitetura e ter uma finalidade para quem o desenha, sendo realizado para cumprir um objetivo, diferenciando-se assim, por exemplo, da pintura de arquitetura. Algo muito importante num bom desenho representativo de arquitetura é a escala. Esta permite ver a relação entre objetos e espaços assim como as suas proporções (Sainz, 2009). O desenho também tem de ser capaz de representar a espacialidade do edifício, a volumetria, as diferenças nas superfícies e as relações com a luz focando-se mais em ser um bom desenho em vez de um desenho bonito (Sainz, 2009).

Existem quatro elementos utilizados no desenho manual, sendo estes o suporte (onde se vai fazer o desenho), os materiais gráficos (material que vai ficar no suporte como, por exemplo, carvão ou tinta), os instrumentos de traço (utilizados para dar forma como, por exemplo, lápis e pincéis) e os instrumentos auxiliares, tais como compasso e régua (Sainz, 2009).

### *Esboço*

Dentro do desenho existe uma categoria denominada de esboço (Figura 1) que se distingue por ter uma técnica específica. Apesar de tanto um desenho como um esboço poderem representar formas, o Oxford English Dictionary define o esboço como algo breve que descreve um objeto apenas com as formas essenciais sem entrar em grande detalhe, sendo também considerado como algo inicial para ser desenvolvido posteriormente. Assim, pode-se dizer que um esboço pode ter falta de detalhe, apesar de isso não ser uma característica necessária, e o que define o valor de um esboço é o quão útil ele é como forma de pensamento (Smith, 2005).

A utilidade e a função de um esboço são variadas, podendo servir para obter conhecimento do objeto, gerar ideias, encontrar ligações, expressar emoções e conceitos, registrar formas e ideias, registrar pensamentos, ou como método de avaliação de uma ideia dando forma física a algo imaginado. Assim, pode-se dizer que um esboço serve para ver e perceber algo existente ou imaginado, demonstrando que o aspeto do esboço é algo de menor importância em relação à utilidade que ele tem no processo de pensamento de um arquiteto (Smith, 2005).

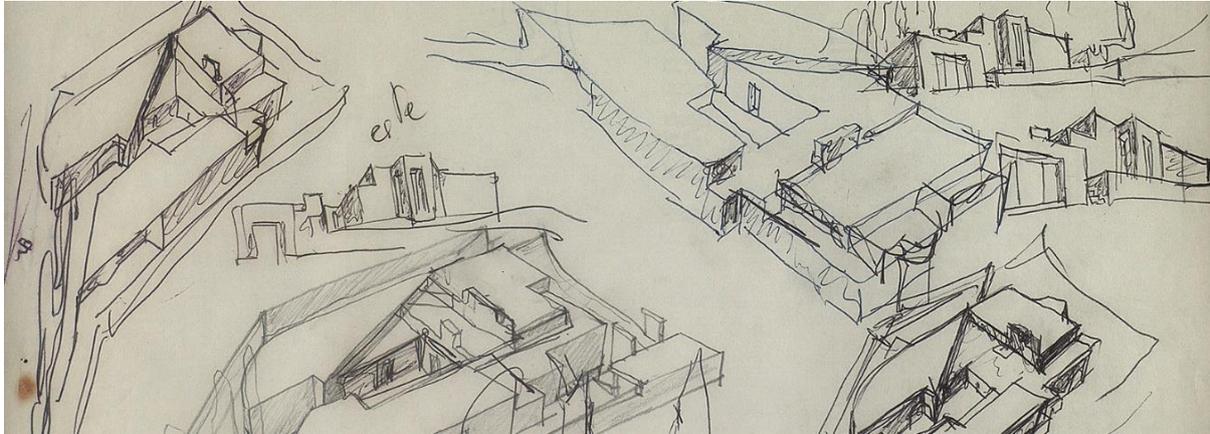


Figura 1 Esboço de Álvaro Siza, da Casa António Carlos Siza. Fonte: <httpsgulbenkian.ptbiblioteca-artearquivo-alvaro-siza>

### *Fotografia e fotomontagem*

Uma máquina fotográfica representa o que é visível dando a hipótese de escolher o ponto de vista e a luz, esta permite também controlar o campo visual, o ângulo de visão, a seleção de cores ou texturas e a profundidade entre outros atributos da realidade. As fotografias são depois geralmente acabadas em programas de edição de imagem como o Photoshop, podendo assim ajustar-se melhor o enquadramento, o brilho, o contraste e a saturação cromática, permitindo também corrigir certas deformações comuns nas imagens como as linhas verticais que, devido ao ângulo, ficam com uma certa inclinação. A fotografia deve ser utilizada como uma ferramenta para a construção de um projeto e não apenas um instrumento de representação da realidade (Pinon, 2008). Um exemplo do uso da fotografia como ferramenta de construção e pensamento é a fotomontagem, sendo esta uma técnica onde se compõe uma imagem através de uma ou mais fotografias com recurso a recortes e colagens, digitais ou manuais, expressando uma intenção (Figura 2). A estas também se pode adicionar o desenho.

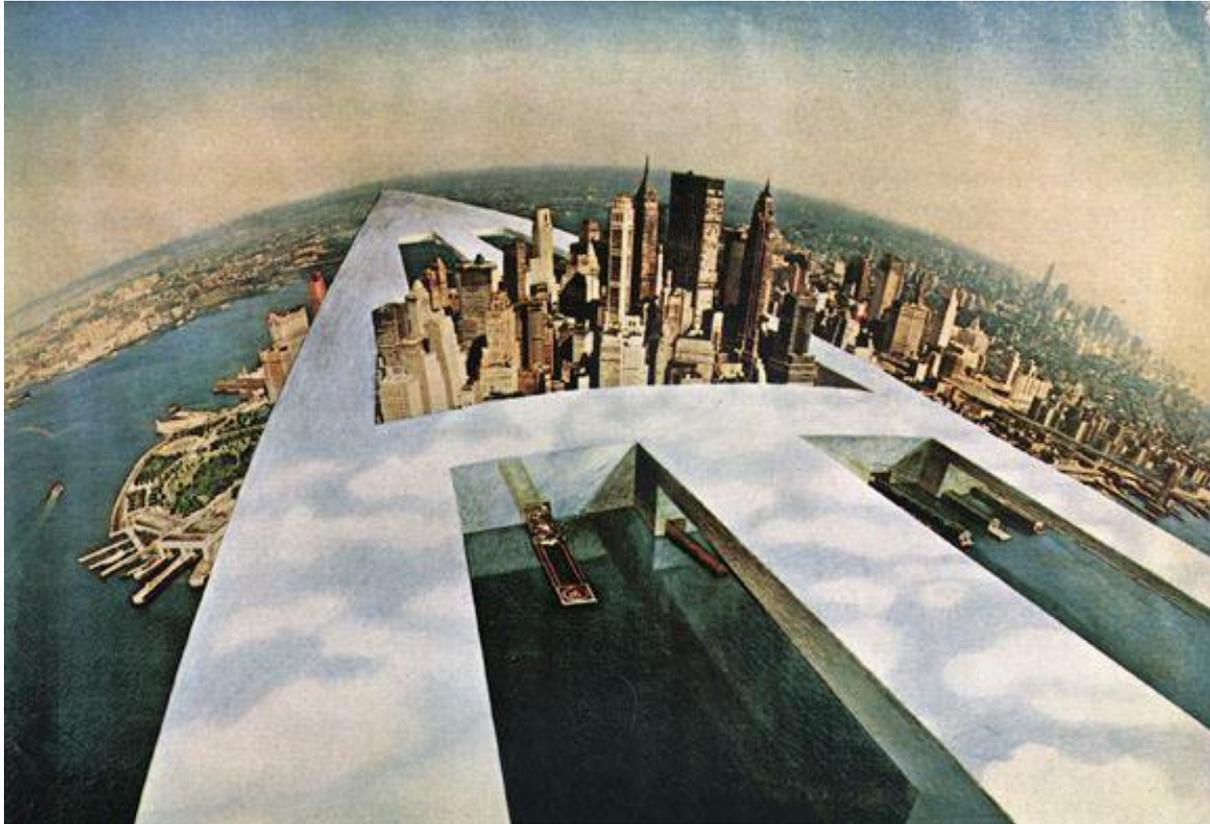


Figura 2 Fotomontagem dos Superstudio. Retirado de <https://www.maxxi.art/en/superstudio/>

### *Imagens digitais*

Falando agora de uma imagem digital, o render é importante para a consciência visual da arquitetura que se projeta. Um render é uma imagem mais ou menos foto-realista que é realizada a partir de um modelo tridimensional digital quando exposto a luz virtual e a condições semelhantes à realidade simulando assim uma fotografia. A observação do render pode ser uma base para decisões relativas ao projeto fazendo com que a capacidade de desenhar não condicione a capacidade para construir, nem esconda ou disfarce a falta dela através de desenhos (Pinon, 2008).

No que diz respeito aos renders é importante ultrapassar o fascínio pelo hiper realismo. As simulações tridimensionais (3D) e respetivos renders devem ser utilizados com sensibilidade e inteligência, facilitando uma aproximação ao objeto e permitindo ter uma consciência visual do que se propõe, assim como, um maior controlo da forma proposta.

As limitações que as maquetas físicas apresentam por serem um objeto preferencialmente visto do exterior, assim como, a falta de representação de materialidade são ultrapassadas pelos renders. Um render pode representar texturas, cor e sombras com determinada luz solar, escolhida consoante a localização e hora que se pretenda. Para além disto, estes podem também representar uma topografia a partir de curvas de nível ou de forma livre. Os programas de modelação 3D, a partir dos quais se obtêm estes renders, podem ser básicos e de fácil utilização desde que permitam ter uma perceção da qualidade do espaço (Pinon, 2008).

#### *2.1.2 Desenho Técnico*

Um projeto começa com uma ideia que depois, geralmente, é colocada em papel através de esboços e perspetivas, mas isto não é o suficiente, pois o desenho rigoroso é essencial para o projeto e para a construção do edifício (Pinon, 2008).

É importante perceber que não existe apenas uma forma correta para desenhar, uma vez que, paralelamente à existência de normas de desenho que ajudam à compreensão universal dos mesmos, os desenhos são também uma forma de expressão e por isso detêm aspetos próprios de cada “desenhador”. Os desenhos rigorosos utilizados são plantas, cortes e alçados. Estes desenhos são

realizados com bases em códigos de representação próprios da indústria da construção e conhecidos apenas, ou essencialmente, pelos seus intervenientes. Este facto faz com que os desenhos sejam de difícil e por vezes errada interpretação pelos leigos que não conhecem estes códigos.

Estes tipos de desenho rigorosos podem ser feitos de duas formas, através do desenho manual ou do desenho por computador, sendo este último o mais utilizado atualmente. Para desenhar à mão (desenho manual), normalmente, utilizavam-se mesas inclinadas e réguas deslizantes que encaixavam nas mesas e possibilitavam a mudança de ângulo o que facilitava o desenho. Para desenhar no computador é necessário um computador e software (um programa de CAD Computer Aided Design ou BIM Building Information Modelling) (Bielefeld e Skiba, 2009).

Uma das grandes vantagens do computador é a facilidade de replicar desenhos total ou parcialmente, para além de permitirem toda uma série de hipóteses de trabalho que manualmente são impossíveis como p.e. mudar a escala de um desenho já realizado. Uma desvantagem dos software CAD para (Pinon, 2008) é o facto de estes não estarem direccionados para os sentidos, mas sim para a razão.

### *Plantas*

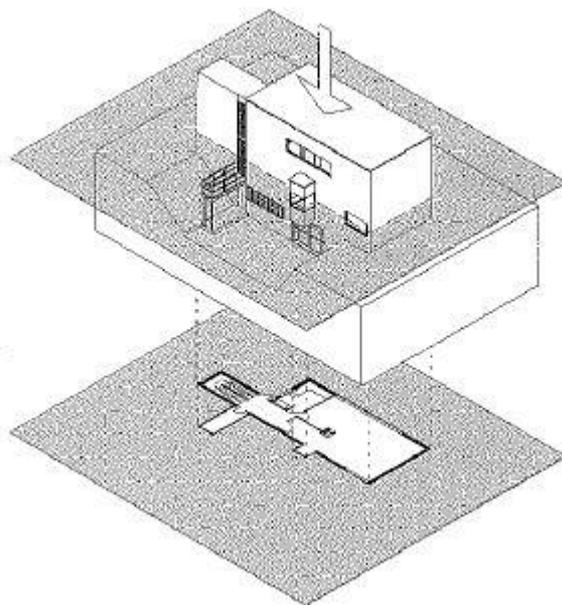
Uma planta permite ver o projeto a partir de cima e, como já foi referido anteriormente, tanto pode ser do exterior como do interior ou conter ambos (**Erro! A origem da referência não foi encontrada. e Erro! A origem da referência não foi encontrada.**).

A planta de cobertura é uma planta de exterior que permite ver a cobertura de um edifício e a sua implantação no terreno, assim como a sua relação com a envolvente. Este tipo de planta também existe para projetos urbanos, tendo como exemplo o projeto de uma praça, mas terá outro nome de acordo com o que o projetista pretenda demonstrar. Uma exceção é o caso em que as plantas não são vistas de cima. Essas mesmas plantas refletem o que se encontra acima da cota do corte no edifício, como é o exemplo das plantas de tetos.

O facto de uma planta no interior ser uma vista de cima a partir de um corte horizontal no edifício, permite ver a estrutura, como os pilares, os materiais utilizados nas paredes, a forma e o tamanho das divisões do edifício. As plantas são geralmente cotadas indicando as dimensões relevantes para uma

melhor leitura do projeto e detém uma série de códigos alfa-numéricos como número dos compartimentos e indicações de materiais e outras.

Nas plantas incluem-se uma série de códigos conhecidos pelos projetistas e que são símbolos abstraídos de formas ou situações cuja simplificação é necessária para a sua representação em desenho. Exemplo destes são as indicações de Norte, a representação das escadas entre pisos, a representação de materiais em corte, a representação de portas e janelas e mobiliário, tipos de traços, entre outras. É a total compreensão de todas estas simbologias que permite ao observador interpretar a totalidade do projeto e perceber como o espaço tridimensional se articular.



*Figura 3 Princípio de como fazer uma planta. Imagem de (Bielefeld & Skiba, 2009, p. 8)*



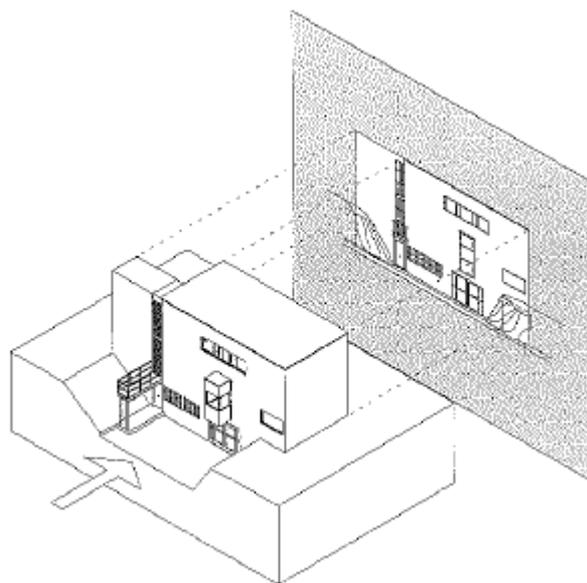
### *Alçados*

Os alçados são projeções paralelas dos lados do edifício que representam o exterior deste, podendo conter materialidade e estereotomia (Figura 5, **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**). Um alçado deve também mostrar a relação do edifício com a envolvente apesar de, usualmente, ser apenas a envolvente mais próxima que é representada, podendo haver exceções onde é necessário representar uma área maior.

As linhas verticais dos alçados estão sempre em verdadeira grandeza enquanto que as horizontais e diagonais podem variar caso não representem arestas paralelas ao plano de projeção. Nos alçados, devem-se incluir cotas altimétricas para facilitar a percepção das dimensões verticais do edifício.

Um alçado é, geralmente, designado de acordo com a sua posição consoante pontos cardeais, nomeadamente Norte, Sul, Este ou Nascente e Oeste ou Poente, sendo desta forma claro o lado que representa. (Pinon, 2008)

Tal como nas plantas, os alçados contêm certos códigos de representação, conhecidos pelos projetistas, que facilitam a leitura do desenho. Alguns destes códigos são os mesmos que se encontram nas plantas como a representação de portas e janelas, mobiliário e tipos de traços.



*Figura 5 Princípio de como fazer uma alçada. Imagem de (Bielefeld & Skiba, 2009, p. 11)*

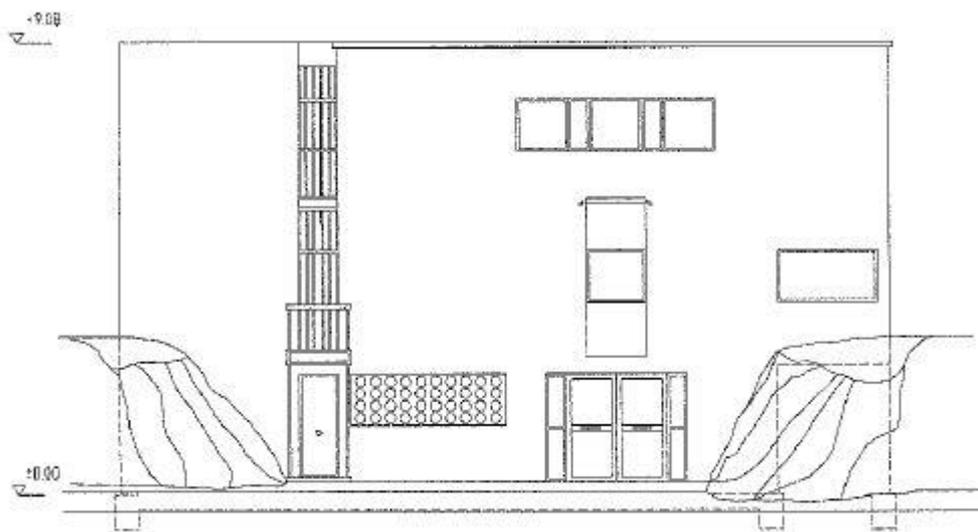


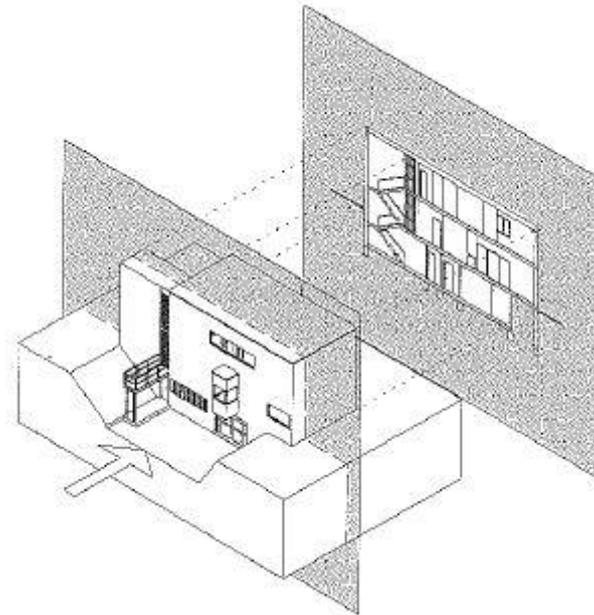
Figura 6 Exemplo de um alçado. Imagem de (Bielefeld & Skiba, 2009, p. 36)

### *Cortes*

Um corte é, como o próprio nome indica, um corte do edifício feito através de um plano vertical, servindo para mostrar alturas entre os pavimentos e os tetos para além de outros elementos como portas e janelas (Figura 7, Figura 8). Como o que acontece nas plantas de piso, o corte deve incluir diversa informação, nomeadamente os materiais, a estrutura dos tetos e da cobertura e as fundações. Ao escolher a localização do corte deve-se tentar incluir o acesso entre pisos como uma escada, rampa ou elevador. As linhas verticais nos cortes, tal como nos alçados, estão sempre em verdadeira grandeza podendo as horizontais e diagonais variar. A cotagem nos cortes acontece como nos alçados.

Os cortes são, geralmente, feitos com a orientação longitudinal ou transversal do edifício, sendo apelidados consoante a sua orientação. Cada corte deve ter a sua localização representada em todas as plantas, podendo também ter ao lado uma planta num tamanho reduzido com a indicação da sua localização para facilitar a leitura sem ter de ir consultar as plantas. (Pinon, 2008)

Também como nas plantas e nos alçados os cortes contêm códigos de representação, conhecidos pelos projetistas. Estes códigos são os mesmos que se encontram nas plantas e nos alçados como por exemplo a representação de materiais em corte, a representação de portas e janelas, mobiliário e tipos de traços.



*Figura 7 Princípio de como fazer um corte. Imagem de (Bielefeld & Skiba, 2009, p. 12)*

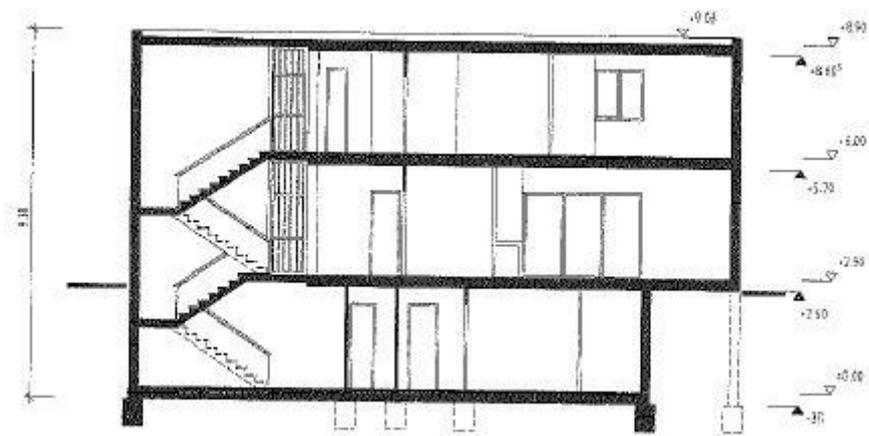
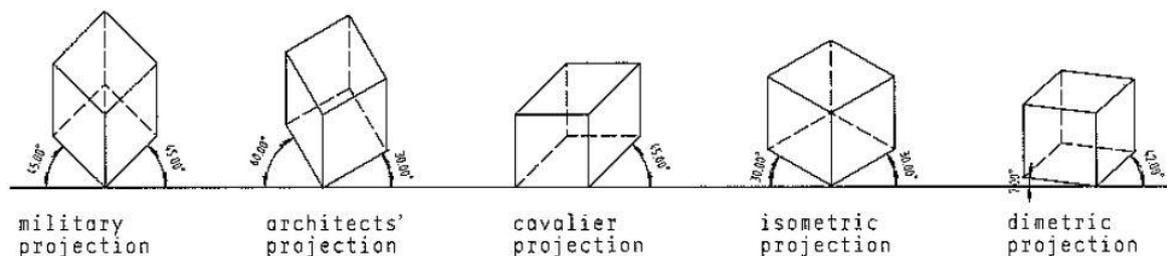


Figura 8 Exemplo de um corte. Imagem de (Bielefeld & Skiba, 2009, p. 35)

### *Perspetivas axonométricas*

As perspetivas de projeções axonométricas consistem num sistema de representação rigorosa, a três eixos no mesmo plano: comprimento, altura e largura. Permitem assim introduzir a altura, criando um desenho de um objeto que permite ter uma visão mais completa da que se obtém através de plantas, cortes ou alçados.

Estas projeções são como esquiços onde se representa as três dimensões do objeto, mas com medidas exatas desenhadas com base em regras existentes, para cada tipo de perspetiva. As perspetivas paralelas (militar, de arquiteto, cavaleira, isométrica e dimétrica) (Figura 9), pela sua simplicidade de criação, nomeadamente através dos CAD, faz com que sejam muito utilizadas em arquitetura.



*Figura 9 Diferentes perspetivas paralelas. Imagem de (Bielefeld & Skiba, 2009, p. 13)*

### 2.1.3 *Maqueta*

As maquetas são uma ferramenta importante para os arquitetos, pois permitem explorar ideias através das três dimensões de modo físico e material, algo que não é possível com as outras ferramentas. Estas são também importantes para mostrar o projeto, uma vez que representam a arquitetura numa escala pequena permitindo, a quem está a ver, explorar diversos ângulos de visão.

Apesar de não ser necessário fazer uma maqueta para desenvolver um projeto, esta é sempre útil como forma de comunicação e experimentação de ideias mostrando como vai ficar o projeto quando estiver construído. Uma maqueta é um instrumento que não deve funcionar sozinho, em vez disso deverá servir como um apoio aos desenhos técnicos de forma a entender melhor o projeto. Ao fazer uma maqueta é necessário aceitar que esta não será igual ao projeto final quando construído, abstraindo-se um pouco da realidade, tendo como exemplo o caso da materialidade. Sendo assim, pode-se dizer que são como um desenho rigoroso que mostra as dimensões e as proporções numa versão tridimensional e reduzida da realidade. Cada maqueta representa o que o projetista pretende, podendo ser uma maqueta exata do espaço ou mais abstrata, dependendo do que se pretende.

Existem vários tipos de maquetas, cada uma com uma função específica, podendo ser construídas com diversos tipos de materiais e intenções. Estes diferentes tipos (de maquetas) definem-se, principalmente, pelas escalas a que estão representadas, ajustando-se assim a cada função.

Para além das formas tradicionais de representação de maquetas, existem também novas formas que utilizam tecnologias digitais. Estas tecnologias digitais são a Realidade Aumentada, onde também se insere a Realidade Aumentada Espacial, podendo funcionar como uma maqueta ou como suplemento às maquetas tradicionais. Este tipo pode ser chamado de maquetas virtuais.

### *Maquetas físicas*

Existem diversos tipos de maquetas físicas. As maquetas conceituais caracterizam-se por não ter uma escala específica e centram-se mais em tentar representar sensações transmitidas por um local ou demonstrar um conceito, ainda que muito abstrato.

As maquetas de terreno ou desenho urbano são geralmente representadas entre as escalas 1:1000 e 1:500, podendo chegar à 1:400, e visam representar o ambiente, quer seja este natural ou urbano. Este tipo de maqueta é útil não só para perceber o local como também para perceber as relações que o projeto terá com a envolvente daquela zona. Estas são um pouco abstratas sendo os edifícios representados por blocos, apesar de poderem ter inclinações de coberturas, mas sem vãos ou outros elementos deste género. Com estas maquetas pode-se compreender a malha urbana, a topografia do local e, dependendo do grau de elementos na maqueta, os acessos viários.

As maquetas que representam o edifício encontram-se geralmente nas escalas 1:200, 1:100 ou 1:50, permitindo uma maior aproximação ao edifício em si, sendo essa a prioridade. Nestas escalas representa-se a fachada com mais pormenor incluindo os vãos, espessuras de paredes e pormenores da cobertura. Estas maquetas podem também conter informação do interior, como as divisões ou a estrutura do edifício. Para ter uma boa leitura podem ser desmontadas. Pode-se retirar a cobertura ou uma parede dando a conhecer os espaços interiores e os seus dimensionamentos como, por exemplo, os pés direitos. Caso se queira apenas representar a estrutura do edifício utiliza-se também este tipo de maquetas.

O objetivo das maquetas de interior é representar objetos e características do interior, assim como, diferenças de materialidade. Desta forma, as escalas que mais se adaptam a este tipo de maquetas são a 1:20, 1:10, 1:5 e 1:1. Uma forma legível de fazer este tipo de maquetas é utilizar poucos materiais, mas conseguir colocá-los de forma a demonstrar a espacialidade e atmosfera do interior do edifício.

### *Maquetas virtuais*

A Realidade Aumentada é uma tecnologia que permite ver modelos virtuais em espaços reais através de, por exemplo, um ecrã ou outros dispositivos de saída de dados como óculos (e.g. HoloLens).

As maquetas de Realidade Aumentada podem funcionar como um modelo totalmente virtual que se coloca onde se pretende, podendo ser visto através de um ecrã portátil como, por exemplo, um tablet, ou em conjunto com as maquetas tradicionais como uma camada de sobreposição, que é o caso da Realidade Aumentada Espacial (RAE, do inglês Spatial Augmented Reality) (Figura 10).

A RAE permite, através de projetores, cobrir uma maqueta real com dados virtuais adicionando-lhe elementos que não se conseguiria de outra forma. Estes dados virtuais tanto podem ser imagens estáticas como animações ou vídeos. A Realidade Aumentada Espacial necessita de reconhecer a localização da maqueta através de uma câmara digital com a função de transmitir a informação para um computador que após processar essa mesma informação faz com que o projetor consiga sobrepor as imagens virtuais no local exato da maqueta (Eloy *et al.*, 2016).

As Maquetas de Realidade Aumentada permitem cruzar informação real com informação digital (Costa, 2015). Uma vantagem que estas têm é o facto de serem criadas de forma virtual tornando-as rápidas, práticas e baratas de se fazer ou modificar a partir do momento que se tenha as tecnologias necessárias. Através desta tecnologia pode-se promover uma interação entre utilizador, modelo virtual e modelo real (Miguel, 2014).



*Figura 10 Maqueta virtual. Retirado de [https://www.architectmagazine.com/technology/the-technology-to-master-in-architecture-in-2017\\_o](https://www.architectmagazine.com/technology/the-technology-to-master-in-architecture-in-2017_o)*

## 2.2 Realidade Virtual Imersiva

### 2.2.1 *Conceito*

A Realidade Virtual (RV) é uma tecnologia que permite ao utilizador uma total imersão num ambiente virtual completamente gerado por computador (Netto, Santos and Oliveira, 2002). Esta realidade liga o utilizador ao computador, simulando um ambiente que pode ser existente ou fruto da imaginação, e permite que os participantes interajam com esse ambiente (Netto, et al., 2002). Os ambientes virtuais podem incluir objectos interactivos aumentando a sensação de presença que um utilizador tem e estes conseguem interagir em tempo real (Netto, Santos and Oliveira, 2002) e com liberdade.

A RV pode ser utilizada de forma Passiva, Exploratória ou Interativa (Netto, Santos and Oliveira, 2002). Na forma Passiva o utilizador experiencia o ambiente de forma pré programada e sem a sua interferência, sendo que por onde ele navega e o que vê é pre-programado no software não podendo este escolher outros caminhos ou vistas. Na forma Explorativa é o utilizador quem decide por onde navega no ambiente virtual mas não tem a possibilidade de interagir com este. Na forma Interativa o utilizador tem o controlo total decidindo por onde navega e podendo ainda interagir com elementos do ambiente virtual pois estes reagem às suas ações, como por exemplo a ação de uma porta a abrir e que permite que o utilizador possa usar essa nova passagem (Netto, Santos and Oliveira, 2002).

Esta tecnologia tem três ideias essenciais como base sendo estas a imersão, a interação e o envolvimento (Netto, Santos and Oliveira, 2002). A imersão consiste na sensação de estar realmente no ambiente virtual, como acontece essencialmente nas CAVE e nos Head Mounted Displays. Nestes dispositivos, para além da imagem é possível ter-se também o som do ambiente o que garante uma profunda sensação de realidade e assim, de maior imersão. Pode-se dizer que através deste género de equipamentos obtém-se a Realidade Virtual Imersiva (RVI) enquanto que através, por exemplo, de um ecrã de computador temos Realidade Virtual Não Imersiva (RVNI) (Netto, Santos and Oliveira, 2002). Os níveis de imersão e interactividade são as variáveis que fazem com que os sistemas de RV se diferenciem. Estes níveis são por vezes determinados pela potência do computador, que garante p.e. uma maior time frame, e pelos dispositivos de entrada e saída de dados, como por exemplo HMD ou CAVE em comparação com um ecrã. Assim pode-se dizer que um modo de distinguir entre RVI e RVNI

não imersiva é a forma de saída de dados, sendo que através de CAVE e HMD é considerada imersiva e através de ecrã é considerada não imersiva (Netto, Santos and Oliveira, 2002).

A Realidade Virtual Imersiva é uma tecnologia que tem vindo a evoluir rapidamente e tem o seu maior uso na área do entretenimento, nomeadamente nos videojogos. Apesar disso, o seu uso está a ser cada vez mais associado a outras áreas como a arquitetura, a história, o património, a psicologia e o design industrial, entre outros.

A tecnologia de RV já está em uso há muito tempo tendo sido muito utilizada, inicialmente, para simulações de voo após a segunda guerra mundial principalmente nos Estados Unidos (Jacobson, 1994). Em 1958 já existia investigação por parte da Philco que consistia em duas câmeras remotas e um capacete onde estavam integrados monitores dando ao usuário uma sensação de presença no ambiente virtual, criando assim um Head Mounted Display (Netto, et al., 2002).

A RVI teve o seu impulso com a criação de um equipamento denominado Sensorama, desenvolvido por Morton Heilig em 1962, que consistia num corpo que utilizava filmes 3D com som estéreo, vibrações mecânicas, aromas e ar movimentado por ventiladores para dar uma sensação multissensorial (Figura 11) (Pimentel, 1995) (Netto, et al., 2002).

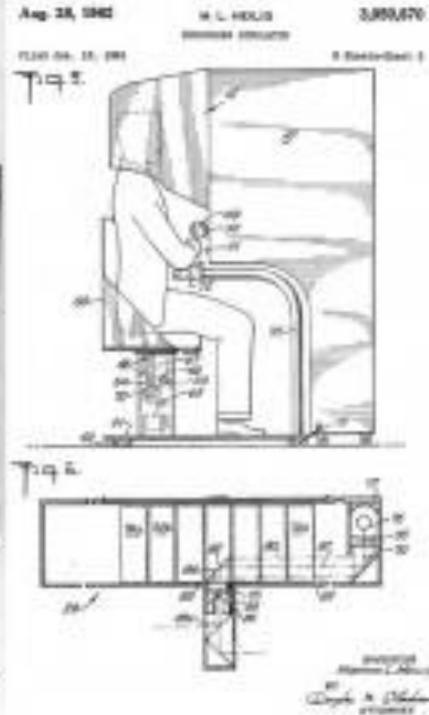


Figura 11 Sensorama. Retirado de <https://realitevirtuelleprojet.wordpress.com/histoire/le-commencement-2/>

Nos anos 70 surge o sistema BIM (Building Information Modeling) por parte de Charles Eastman (Coroado, 2014) que ao longo dos anos foi-se desenvolvendo, podendo ser importado e utilizado em RV. Também nesta década e na seguinte os Estados Unidos utilizam muito a RV na área militar como forma de treino e simulação (Coroado, 2014).

Na década de 90, surge a primeira tecnologia CAVE, em 1992, na faculdade de Illinois em Chicago (Coroado, 2014). A partir daqui estas tecnologias foram evoluindo cada vez mais até ao que podemos encontrar nos dias de hoje tendo surgido também diversos acessórios que visam aumentar a sensação de imersão no AV como as Data Gloves (Figura 12) ou outros que visam ajudar investigadores como é o caso de sistemas de eye-tracking.



*Figura 12 Datagloves. Retirado de <https://realitevirtuelleprojet.wordpress.com/histoire/avancees-fulgurantes/>*

### *2.2.2 Tecnologias associadas*

Neste momento existem alguns dispositivos que permitem a imersão do utilizador num Ambiente Virtual sendo os Head Mounted Display, as Powerwall e as CAVE os mais utilizados.

Antes de podermos “entrar” num ambiente virtual é preciso que esse seja criado em software próprio. Os ambientes virtuais podem ser criados através de vários programas, podendo necessitar de mais do que um programa. Os modelos 3D utilizados podem ser exportados de vários programas de modelação CAD ou BIM disponíveis e importados para um outro programa que permite a interação no ambiente virtual, assim como, a visualização nos dispositivos próprios.

Neste software de realidade virtual pode-se também criar animações e interações entre o ambiente virtual e o utilizador, podendo estas interações ser despoletadas de diversas formas e através de vários meios de comando como, por exemplo, Data Gloves.

#### *Head Mounted Display*

Como já foi referido anteriormente, a ideia dos Head Mounted Display (HMD) já é antiga, pois, começou-se a trabalhar e pesquisar sobre este assunto no final dos anos 50, por parte da empresa Philco, apesar de apenas mais tarde se vir a chamar Head Mounted Display.

Antes de falar nos HDM, é importante falar também num outro dispositivo denominado Binocular Omni-oriented Monitor, também conhecido por BOOM (Figura 13). Este é um dispositivo montado num suporte mecânico, com a sensação de não ter peso, que permite uma fácil visualização e utilização de teclados e outro tipo de dispositivo de controlo no Ambiente Virtual. Apesar deste tipo de dispositivo não ser tão conhecido como os HMD é muito utilizado na comunidade científica (Netto, et al., 2002).



*Figura 13 BOOM (Binocular Omni Orientation Monitor). Retirado de <https://realitevirtuelleprojet.wordpress.com/histoire/dernieres-inventions/>*

O HMD é um equipamento portátil que necessita apenas de um computador (Figura 14), podendo também funcionar com telemóveis, e do software correto para transmitir e receber dados do HMD, caso o dispositivo possua sensores (Coroado, 2014). Este é posicionado à frente dos olhos do utilizador preso na cabeça e consiste num ecrã (no caso de se utilizar um telemóvel com um aparelho de adaptação por exemplo), ou em dois ecrãs (Figura 15), um para cada olho como se vê na maioria dos casos em que utilizam imagens estereoscópicas simulando o Ambiente Virtual (Carreiro and Pinto, 2013). Para ser possível visualizar estes ecrãs, os dispositivos contêm também lentes que permitem ao utilizador ver a imagem e ampliar o campo de visão (Netto, Santos and Oliveira, 2002).



*Figura 14 HMD (Head Mounted Display), Oculus Rift. Retirado de <https://realitevirtuelleprojet.wordpress.com/jeux-video/>*



Figura 15 Visão dos Oculus. Retirado de <https://realitevirtuelleprojet.wordpress.com/principe/>

Os HMDs funcionam não só como dispositivo de saída de dados, mas também de entrada quando contêm sensores como o de localização e rotação que permitem identificar o movimento natural do utilizador reproduzindo-o no ambiente virtual através dos dados enviados para o computador tornando assim a experiência mais realista e imersiva (Carreiro and Pinto, 2013).

Este tipo de dispositivo é dos mais populares a nível de interfaces para RV por ser dos que mais isola o utilizador no ambiente virtual não permitindo ver nem ouvir o que se passa no mundo real onde se encontra o utilizador (Netto, Santos and Oliveira, 2002). É também dos dispositivos mais baratos, para além de ser possível utilizar juntamente com outros dispositivos de entrada (Coroado, 2014) como joysticks e as Data Gloves aumentando a sensação de imersão. Uma desvantagem deste tipo de dispositivo é que a qualidade da imagem 3D é inferior à qualidade de imagem proporcionada numa CAVE, apesar de ter boa qualidade com imagens reais. Outra desvantagem é o ângulo de visão limitado o que reduz a visão periférica (Coroado, 2014). Para além destas desvantagens de imagem, existe também o facto de poder causar a sensação de enjoo ou tontura ao utilizador quando utilizado durante algum tempo, assim sendo é preferível um uso reduzido (Eloy *et al.*, 2016).

## *PowerWall*

Uma PowerWall é um sistema que permite visualizar dados em 3D assim como 2D em alta definição numa grande escala. Este sistema consiste geralmente num ecrã de projeção e num projetor que emite em estereoscopia. A Powerwall tem capacidade para ter mais do que uma pessoa a utilizar este dispositivo em simultâneo sem perder a máxima definição, com a possibilidade dos utilizadores se aproximarem do ecrã à vontade.

Versões mais recentes de Powerwalls não necessitam de alterações no espaço onde vão ser colocadas e são mais compactas ou feitas em módulos, tornando-as mais práticas de transportar e montar comparado com CAVEs completas, sendo também capazes de operar com menos hardware tornando-se uma solução mais barata e permitindo também uma utilização versátil podendo ser utilizado em várias áreas. Uma Powerwall pode também ser um dispositivo completo do tamanho de uma sala como o potente Reality Deck (Figura 16). Este encontra-se na Stony Brook University e é o dispositivo com maior resolução atualmente, capaz de proporcionar mais de 1.5 biliões de píxeis (Papadopoulos *et al.*, 2015).

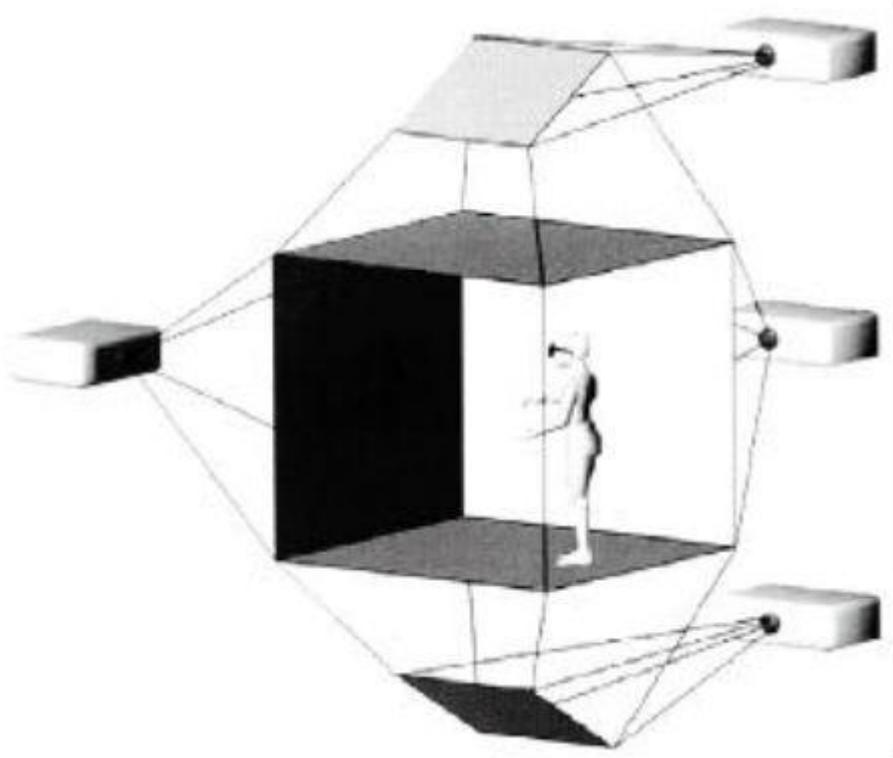


*Figura 16 Reality Deck - "Synthetic, to-scale, view of the immersive gigapixel Reality Deck facility displaying a geometric model of «future» New York City (approximately 40 million triangles with hundreds of materials)." Imagem de (Papadopoulos et al., 2015, p.2)*

Um dos problemas que se encontra com a RV numa Powerwall é a falta de imersão que se tem em comparação com outros dispositivos de RV como os Head Mounted Displays e as CAVEs, sendo estes dispositivos que permitem um elevado grau de imersão no Ambiente Virtual. Contudo, apesar dos HMD e as CAVEs estarem em vantagem perante as Powerwalls em relação à imersão, estas estão à frente no que diz respeito à resolução de imagem que proporcionam podendo reproduzir imagens com mais definição. O maior problema de imersão nas Powerwalls consiste no facto de, geralmente, serem uma superfície plana que apesar de poder ser ampla, se não tiverem outros lados permite apenas uma pequena sensação de imersão no AV ao contrário de, por exemplo, uma CAVE com quatro faces (Papadopoulos *et al.*, 2015).

### *CAVE*

O termo CAVE (CAVE Automatic Virtual Environment) surge como uma referência à “Alegoria da Caverna” de Platão, sendo este um sistema de RV que consiste num espaço que pode ter quatro, cinco ou seis lados (Carreiro and Pinto, 2013), os quais são telas semitransparentes, onde são projetadas imagens com recurso a projetores posicionados atrás das telas ligados a um computador com o software correto (Figura 17). Para além disso a CAVE conta com uns espelhos que permitem defletir a luz do projetor reduzindo a distância do mesmo à tela (Coroado, 2014), sendo também possível inserir som para providenciar uma maior sensação de imersão. Uma CAVE completa com seis lados e som fará com que o utilizador esteja mais abstraído da realidade criando uma experiência de presença no AV com imersão total. Através destes dispositivos é possível simular ambientes virtuais à escala real (Eloy *et al.*, 2016).



*Figura 17 Esquema de uma CAVE com o posicionamento dos projetores atrás das telas.  
Imagem de (Netto, 2002, p.10)*

Uma forma de aumentar a imersão numa CAVE é utilizar de interação como joysticks ou Data Gloves, estas últimas são luvas com reconhecimento de dados e sensores de movimento ou tracking que permitem aos utilizadores interagir de forma mais natural com o Ambiente Virtual (Netto, Santos and Oliveira, 2002). A imersão pode ser ampliada também com animações automáticas, nomeadamente sons, temperatura, tato, entre outros, pré-programadas para inciar com certas ações do utilizador.

Para uma CAVE funcionar bem é necessário que o software processe os pares estereoscópicos das imagens (12 imagens no caso de um paralelepípedo) e os restantes dispositivos que providenciam o som, a interação e a imagem no AV (Netto, Santos and Oliveira, 2002). Para além destes, é também possível ter reconhecimento vocal ou interfaces que recriam a sensação de toque, aplicando forças e vibrações no utilizador, assim como recriar diferentes temperaturas, ventos, cheiros (Eloy *et al.*, 2016) e paladares aumentando cada vez mais a sensação de imersão no AV.

Numa CAVE podem estar mais do que um utilizador ao mesmo tempo, mas é necessário que cada utilizador esteja com óculos polarizados que convertem as imagens estereoscópicas projetadas num espaço imersivo tridimensional dando uma sensação de imersão no AV (Carreiro and Pinto, 2013), sendo esta uma grande vantagem em relação a outros dispositivos.

(Dalholm *et al.*, 1999), durante uma experiência que realizaram, deparam-se com um acontecimento interessante, na CAVE os participantes utilizavam o seu próprio corpo para ter uma ideia da dimensão real de objetos no AV, algo que não é possível com outros dispositivos como os HMD, sendo esta mais uma vantagem das CAVEs.

Uma desvantagem das CAVEs em relação às Powerwalls é a pouca resolução que permite, sendo que uma CAVE avançada, como a de CORNEA, por exemplo, proporciona apenas cem megapixels por olho (Papadopoulos *et al.*, 2015).

Outra desvantagem é a sua dimensão, pois, são estruturas grandes que ocupam totalmente uma pequena sala tornando-se difíceis de transportar. Pelo contrário, uma Pocket CAVE é um sistema de realidade virtual semi imersivo constituído por apenas uma parede tornando-se mais fácil de transportar mas que pode conter toda a tecnologia de uma CAVE normal.

### 2.2.3 Utilização em Arquitetura

Nos últimos anos, a Realidade Virtual Imersiva (RVI) está a ser cada vez mais utilizada na arquitetura, sobretudo pela redução dos preços dos equipamentos e pela facilidade de uso desses mesmos equipamentos e dos software de modelação e animação. Estes dispositivos, nomeadamente os HMD, estão a tornar-se cada vez mais numa ferramenta de representação e de experimentação de arquitetura facilitando o processo e o diálogo entre os vários intervenientes.

As simulações com interfaces simples e intuitivos de RV podem facilitar e otimizar o trabalho dos arquitetos permitindo-lhes avaliar os pontos fortes e fracos do trabalho (Kieferle, Wossner and Becker, 2006) antes da fase de construção e da obra estar pronta (Eloy *et al.*, 2016). A utilização da RV permite visualizar e analisar o espaço arquitetónico em diferentes aspetos que não seria possível com outras ferramentas tradicionais (Eloy *et al.*, 2016).

O espaço arquitetónico é difícil de representar totalmente com as ferramentas tradicionais que temos em mão. De facto, só se obtém a verdadeira sensação do espaço projetado quando se entra no espaço real depois da sua construção, através do uso de várias ferramentas de representação torna-se mais fácil perceber os espaços arquitetónicos (Dalholm *et al.*, 1999). A experiência em RVI é útil para dar uma ideia aproximada de como o projeto será na realidade e quanto maior for a imersão no modelo 3D, melhor será a experiência e a sensação de estar no projeto - “...when the natural way to visualize a set of geometry is to be surrounded by it.” (Mizell *et al.*, 2001). Desta forma o projetista consegue simular várias ideias selecionando as melhores para o que pretende, podendo sempre ter a noção de como ficará o projeto com cada alteração que possa surgir. Assim, pode-se afirmar que esta tecnologia tem diversos usos em arquitetura, quer seja durante a fase de projeto, quer seja na fase final para apresentar o projeto. A RVI permite também aos arquitetos simular situações e analisar comportamentos e reações das pessoas que estão a navegar nos ambientes virtuais (Eloy *et al.*, 2016) podendo vir a prever certos comportamentos que teriam num edifício real.

Durante a fase de projeto, o arquiteto não trabalha sozinho tendo de coexistir com outras especialidades o que, especialmente em grandes projetos, pode causar erros como, por exemplo, uma viga a passar num vão zenital.

Ao utilizar tecnologias como o VIARModes4BIM, que combina RVI com modelação em BIM, a colaboração entre os vários profissionais torna-se mais fácil e eficiente. Isto permite também controlar erros que possam ocorrer no projeto, tais como sobreposições de elementos das várias especialidades. Um ambiente colaborativo permite a cada especialidade compreender melhor o projeto na sua totalidade, assim como, apresentar as suas ideias de forma perceptível (Alves *et al.*, 2015). O VIARModes4BIM permite aos utilizadores estarem num ambiente virtual com sensação de presença e interatividade enquanto discutem as várias especialidades do projeto. Para uma boa interação entre os utilizadores é possível comunicar, visualizar, selecionar e comentar elementos do projeto de forma simples e natural.

Um outro exemplo de forma de comunicação e pensamento através da RVI é a tecnologia Tilt Brush da Google. Esta é uma ferramenta que pode ser adicionada aos programas de modelação 3D, utilizados pelos arquitetos, permitindo desenhar em três dimensões dentro do AV. Para além disso, ajuda na discussão de ideias fazendo com que cada interveniente consiga expressar-se melhor através de desenhos. A Tilt Brush também permite ao projetista alterar e colocar elementos no modelo 3D, funcionando como data gloves, enquanto está imerso no próprio modelo podendo ver o resultado de forma natural em tempo real.

Outro benefício do uso da RV é o facto de permitir uma melhor perceção e visualização de espaços históricos que já não existem atualmente ou que não podem ser visitados, facilitando a aquisição de conhecimento sobre os mesmos (Eloy *et al.*, 2016).

A maior utilização destas tecnologias deve-se também ao seu avanço tecnológico, uma vez que veio possibilitar uma melhor interação entre o utilizador e a máquina através de uma utilização mais natural e óbvia, facilitando assim o trabalho de projetar (Eloy *et al.*, 2016). Exemplo disso é a interação com o ambiente virtual por voz e por gestos (Alves *et al.*, 2015).

Os modelos 3D podem ser importados para sistemas de RV a partir de vários programas CAD e BIM abrangendo assim uma maior quantidade de utilizadores (Corrado, 2014). As escolas de arquitetura estão a incorporar cada vez mais o ensino de software de modelação e animação que permita um uso fácil e flexível em RV, pois, atualmente considera-se necessário os alunos terem bases sobre este tema, tendo em conta a quantidade de possibilidades que se obtém com estes conhecimentos e o quão se

pode melhorar a produtividade (Eloy *et al.*, 2016). Deste ensino temos o BIM e os motores de jogos como o Unity e Unreal.

## 2.3 Percepção Visual

### 2.3.1 Processo ótico

No processo ótico físico, “A luz é emitida ou refletida pelos objetos do ambiente.” (Arnheim, 2002) e “As lentes dos olhos projetam as imagens destes objetos nas retinas que transmitem a mensagem ao cérebro.” (Arnheim, 2002), através de vários recetores, pois “A imagem ótica da retina estimula cerca de 130 milhões de receptores microscopicamente pequenos, e cada um deles reage ao comprimento de onda e à intensidade da luz que recebe.” (Arnheim, 2002). O que é projetado na retina resulta de raios de luz desde o objeto para o olho que se deslocam em linha reta e as partes visíveis do objeto são apenas aquelas em que os raios de luz não se encontram obstruídos.

Dito isto, é essencial perceber a distinção entre estimulação para recetores e estímulos de informação para o sistema visual. Os recetores são considerados passivos sendo componentes do olho, que é apenas uma parte do processo de compreensão (Gibson, 1966). Considera-se que a base da percepção visual é a estimulação através da luz e as sensações de brilho e claridade que esta causa. O cérebro utiliza a informação transmitida pelos nervos no processo de percepção retirando assim informação. Apesar disto James J. Gibson tem uma outra teoria pois considera que os testes sugerem que esses tipos de estímulos não contêm informação e as sensações de claridade não são elementos de percepção, para além de que as informações da retina não são elementos sensoriais (Gibson, 1979).

Muitas vezes, apesar de nos encontrarmos de olhos abertos, não conseguimos ver. Isto acontece porque a visão falha num ambiente sem luz devido, à falta de estímulo, assim como num ambiente com luz também poderá falhar devido a falta de informação, apesar de existir estimulação e as sensações que a luz causa. “Visual perception can fail not only for lack of stimulation but also for lack of stimulus information.” (Gibson, 1979). O ser humano é incapaz de ver algo diretamente, apenas

consegue ver indiretamente através da luz que estimula o olho e fornece sensações. Apesar disto, o ser humano não consegue ver a luz em concreto, vê apenas o que a luz ilumina porque “The only way we see illumination, I believe, is by way of that which is illuminated, the surface on which the beam falls, the cloud, or the particles that are lighted. We do not see the light that is in the air, or that fills the air.” (Gibson, 1979). Em relação ao que se sente quando se olha para o Sol ou para uma superfície a refletir uma luz intensa, não implica estar a ver realmente a luz, James Gibson diz que é o resultado da reação do olho à dor da luz intensa causada por um excesso de estimulação.

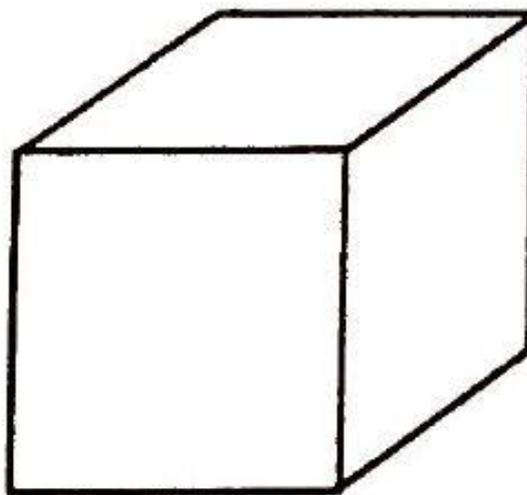
### *Imagens em duas dimensões*

Este pequeno preambulo sobre o processo ótico serve para introduzir a percepção das imagens em duas dimensões. A percepção funciona do global para o particular pois “...as características estruturais globais são os dados primários da percepção...” (Arnheim, 2002). Assim sendo “...a percepção começa com a captação dos aspectos estruturais mais evidentes.” (Arnheim, 2002) podendo dar o exemplo de que “A criança pequena vê o caráter canino antes mesmo de ser capaz de diferenciar um cão do outro.” (Arnheim, 2002). Ao olhar para algo não registamos tudo o que se encontra no campo de visão pois existe uma enorme quantidade de detalhes que é ignorada ao contrário do que acontece com, por exemplo, uma câmara. Os seres-humanos, com acesso a tecnologia, ao habituarem-se a imagens conseguem facilmente reconhecer a maioria do que vêm em fotografias ou desenhos, mas caso estes não estejam familiarizados com a fotografia, como por exemplo uma tribo onde não existe tecnologia moderna, têm dificuldade em identificar figuras humanas na imagem apesar de estarem habituados a ver humanos retratados.

Em relação à profundidade podemos perceber que um objeto é um corpo com volume e tem sempre um lado que não se vê, nomeadamente o lado oposto ao ponto de vista, podendo estar à frente de outra superfície tapando-a ou atrás dela estando o próprio objeto tapado.

Algo muito comum de se ver em imagens são linhas oblíquas, pois estas sugerem uma ideia e percepção de profundidade do objeto no espaço representado. Apesar disto, nem todas as linhas oblíquas causam a ideia de profundidade pois é necessário que estas sejam “...lidas como desvios da estrutura normal da vertical e horizontal.” (Arnheim, 2002). Um exemplo onde isto pode ser observado é no desenho

de um cubo. Se desenharmos um cubo com três faces visíveis estando uma delas em verdadeira grandeza, um quadrado vai servir de face frontal não precisando de ser deformado pois não existe nenhum desvio neste plano. Ao acrescentar as outras duas faces, estas darão a profundidade ao cubo no desenho com recurso a linhas oblíquas (Figura 18).



*Figura 18 Cubo desenhado em duas dimensões. Imagem de (Arnheim, 2002, p.255).*

Apesar deste desenho remeter-nos para um cubo a verdade é que na realidade está errado pois ao ver a face frontal do cubo em verdadeira grandeza não conseguimos ver nenhuma outra face. Este desenho é apenas uma maneira de representar um cubo, dando-lhe profundidade e distinguindo-o de um quadrado de uma forma conhecida pela maior parte da população.

Quando uma criança vê um desenho consegue perceber o que este representa. Numa imagem ao lado de outra, em que são ambas iguais à exceção de um objeto que numa imagem está grande e noutra imagem mais pequeno, consegue-se perceber que esse objeto na imagem em que está maior estará mais perto e na imagem que que está mais pequeno o objeto estará mais longe. Também quando se vê um objeto com parte dele tapado por uma parede, não se pensa que é apenas meio objeto, mas sim que este está atrás da parede (Gibson, 1979). Este tipo de coisas são perceptíveis no desenho devido ao conhecimento que temos da realidade apesar de estarem representadas em duas dimensões e de facto, no exemplo da parede, o objeto não estar realmente todo representado mas apenas a sua parte visível.

“Drawing is never copying. It is impossible to copy a piece of the environment. Only another drawing can be copied.” (Gibson, 1979).

Os objetos representados em desenho ou fotografia podem ser considerados “objetos virtuais” segundo James Gibson. Estes são percebidos na imagem pois estão representados, mas ao mesmo tempo não são realmente percebidos pois não estão realmente à nossa frente, no caso de uma fotografia o que está à nossa frente é a dita fotografia e não o que ela representa. Uma imagem necessita sempre de duas abordagens sendo uma direta e outra indireta. É necessária uma percepção da superfície da imagem e uma percepção do que ela representa.

Em relação ao que ela representa o observador ao olhar para uma fotografia consegue imaginar ou sentir certas emoções através do que está representado fazendo com que a fotografia não seja apenas o objeto em si, mas o que ela representa. “A picture is a record of what its creator has seen or imagined, made available for others to see or imagine.” (Gibson, 1979).

Na percepção de movimento C. L. Musatti chamou de fenómeno estereocinético “stereo kinetic” ao ato no qual um desenho em duas dimensões ganha profundidade através de movimento, como a rotação, sendo algo surpreendente na altura. Isto parece acontecer pois certos movimentos no plano frontal podem causar uma sensação de movimento na profundidade e os movimentos na retina podem combinar para dar a sensação de movimento no espaço, assumindo que as sensações na retina são o necessário como base para a percepção.

### *Sensações físicas em conjunto com a visão*

O movimento da cabeça é o que permite mudar o campo visual, podendo rodar a cabeça, até certo ponto, num eixo horizontal, movendo para cima e para baixo, num eixo vertical, movendo para a esquerda ou direita, para além de outros movimentos mais livres, alterando desta forma a direção para a qual se está a olhar e o campo de visão “...the world is revealed and concealed as the head moves, in ways that specify exactly how the head moves.” (Gibson, 1979). Na cabeça, mais precisamente nos ouvidos, encontram-se canais que indicam o movimento que a cabeça faz e transmitem ao cérebro essa informação. Mas, para além destes canais, a visão também é capaz de registar este tipo de movimentos e transmitir informação para o cérebro. O mundo torna-se visível através da visão sendo possível determinar o que se vê através do campo visual pois “Whatever goes out of sight as the head turns right comes into sight as the head turns left; whatever goes out of sight as the head is lifted comes into sight as the head is lowered.” (Gibson, 1979).

Os movimentos feitos com os olhos ou com os nossos membros são transmitidos para o cérebro e o “feedback” que recebemos destas ações influencia a perceção visual. O facto de o cérebro saber que se está a movimentar a cabeça faz também com que o sentido da visão atribua esse movimento à cabeça e não ao ambiente ao redor percebendo que esse está estático. Ao visualizar um filme o que acontece é que “...é visto como movimentando-se através da tela, na maior parte das vezes porque o espectador recebe a informação cinestésica de que seu corpo está em repouso.” (Arnheim, 2002). No caso da RVI acontece algo diferente pois estamos mais “imersos” no ambiente representado e “...quando o suficiente do ambiente inteiro é visto como se em movimento, o input visual dominará a cinestesia.” (Arnheim, 2002). Isto faz com que possamos sentir vertigens se estivermos num local virtual alto ou medo caso apareça algo que nos intimide, apesar de estarmos num local totalmente seguro e apenas a utilizar um dispositivo de RVI como, por exemplo, um HMD.

Apesar de se pensar que ao tocar em algo, seja com a mão ou com o pé, tem-se uma sensação através do toque e não é necessário a visão, isto não está totalmente certo. Um exemplo são os seres terrestres, animais ou humanos que estão habituados a estar em contacto com o solo, que têm sensações de toque e visuais e ao serem colocados numa superfície de vidro transparente num local alto, que apesar de esta dar suporte e apoio mecânico não dá suporte visual, podendo causar desconforto, medo e uma sensação de que se pode cair.

Uma experiência realizada com animais e bebês mostrou-nos através de duas superfícies, sendo uma delas opaca e outra transparente, sendo que na superfície opaca moveram-se normalmente mas na superfície transparente alguns “...paralisaram, baixaram-se e mostraram sinais de desconforto.”- “...The animals and babies tested in this experiment would walk or crawl normally when they could both see and feel the surface but would not do so when they could only feel the surface; in the latter case, they froze, crouched, and showed signs of discomfort.” (Gibson, 1979),- levando à conclusão que é necessário informação visual para além da sensação de toque para andarmos e reagirmos normalmente.

Foi também realizada uma experiência em que não se utilizou a sensação de contacto físico mas apenas estímulos visuais que levaram as pessoas a experienciar algo chamado de “visual collision” e fez com que estas pestanejassem ou se desviassem involuntariamente ao ter a sensação de vir algo contra elas. (Gibson, 1979).

O que se pôde ver na experiência foi que ao aumentar rápido uma imagem, até ocupar grande parte do campo de visão, ficamos com uma sensação de que poderá haver uma colisão apesar de ser algo apenas visual. Ao fazer isto a animais estes mostraram comportamentos de defesa e desviaram-se, enquanto que ao minimizar uma imagem, para ter a certeza que as reações não se deviam à imagem mas sim ao aumento ou diminuição, os animais não mostraram esse tipo de comportamento mostrando apenas desinteresse ou curiosidade mas não se tentaram desviar.

James Gibson sugere que a visão regista os movimentos do corpo incluindo os membros, tais como, braços e pernas, assim como os ouvidos. Conseguir também captar o movimento de todo o corpo em relação ao espaço envolvente assim como o movimento de apenas um membro em relação a todo o corpo. A visão é capaz de obter informação tanto do ambiente como do próprio corpo.

Em relação ao termo cinestesia visual, Gibson (1979) diz que “The term is used with reference to voluntary movement in connection with the control of purposive action. If a movement is caused by

acommand in the brain, the eferente impulses in motor nerves are followed by aferente impulses in sensory nerves that are actually reafferent, that is, impulses that are fed back into the brain.”<sup>1</sup>

Foi ainda realizada uma experiência em que os participantes sentavam-se num baloiço suspenso dentro de um quarto sendo que esse quarto começava a mexer e a rodar dando a sensação de que a própria pessoa se estava a mexer embora estivesse parada, mas caso a pessoas estivesse de olhos fechados não teria a mínima sensação de movimento. Este tipo de efeitos é algo que acontece na Realidade Virtual Imersiva com os HMD.

“The awareness of the world and the self in the world seemed to be concurrent. Both event motion in the world and locomotion of the self can be given by vision, the former by a local change in the perspective structure and the latter by a global change of the perspective structure of the ambiente optic array.” (Gibson, 1979).

Como é fácil de perceber, um vídeo não transmite as mesmas sensações que a realidade. Na realidade estamos rodeados pelo ambiente e sujeitos aos elementos que nele existem enquanto que num vídeo podemos apenas estar numa cadeira a visualizar o que foi gravado tendo uma sensação completamente diferente. No caso do cinema, por exemplo, estamos sentados a olhar para uma tela delimitada em que temos total noção da realidade em que nos encontramos. Mesmo com a utilização de RVI, apesar de estarmos muito mais “dentro” do ambiente a nível visual, não temos as mesmas sensações que na realidade como por exemplo vento, calor ou frio e o contacto físico com os elementos incluindo o próprio solo. Contudo este é o meio com que podemos “sentir” mais um ambiente sem estarmos realmente nele.

---

<sup>1</sup> O termo é utilizado como referência ao movimento voluntário em conexão com o controlo da ação intencional. Se um movimento é causado por um comando no cérebro, os impulsos eferentes nos nervos motores são seguidos por impulsos aferentes nos nervos sensoriais que são na realidade reacionais, isto é, impulsos que são redirecionados para o cérebro. (Tradução do autor)



## O projeto de arquitetura para o cliente **3**

### 3 O projeto de arquitetura para o cliente

#### 3.1 Caso de estudo

De modo a testar a percepção dos espaços pelos clientes de arquitetura com o uso de métodos tradicionais e RVI optou-se por realizar uma série de experiências que, através de utilizadores reais, permitissem responder às perguntas de investigação

Para tal optou-se por encontrar dois tipos diferentes de clientes que procuram um projeto de arquitetura. O primeiro foi realizado com um casal na casa dos 30 anos que contrataram um gabinete de arquitetura, Correia Monteiro arquitetos, para projetar a sua casa. O segundo foi realizado com o cliente ADENE que contratou um atelier de arquitetura, Conceito arquitetos, para projetarem um centro de interpretação para a energia (CINERGIA).

Foi escolhido utilizar para a experiência duas amostras distintas. A primeira amostra consiste num casal com uma intenção real e pessoal de fazer uma moradia e que comunica de um modo muito direto e pessoal com o arquiteto João Monteiro que contrataram. A segunda amostra é composta por dez pessoas que representam o cliente ADENE por serem decisores, estarem envolvidos no projeto pela parte do cliente, ou serem futuros utilizadores a quem é pedida opinião sobre o espaço.

A experiência com o projeto da habitação foi feita no atelier Correia Monteiro arquitetos durante uma das reuniões de projeto com os clientes. Esta reunião contou com um ambiente descontraído proporcionado tanto pelo arquiteto como pelos clientes. A experiência foi feita na primeira reunião com apresentação de proposta entre o arquiteto e os clientes pelo que foi a primeira vez que os clientes tiveram oportunidade de visualizar a sua futura casa.

A experiência com o centro CINERGIA foi realizada no edifício da ADENE onde a maioria deles trabalha e onde será feito o centro, contando também com um ambiente descontraído. Os participantes da experiência tinham experiências diferentes com o projeto sendo que uns já conheciam bastante bem o centro estando a participar ativamente no projeto, outros tinham visto desenhos e outros ainda só tinham ouvido falar do futuro centro.

## 3.2 Protocolo de experimentação

A experiência teve um carácter voluntário sendo que durante qualquer fase da experiência os participantes podiam pedir para parar e abandonar.

Foi dado o direito à confidencialidade dos participantes e de acordo com as normas da Comissão de Proteção de Dados, qualquer dado recolhido é anónimo e a sua eventual publicação só poderá ter lugar em Revistas da especialidade.

### 3.2.1 Processo

Antes da experiência:

1. O arquiteto apresenta e fornece o seu projeto ao estudante que terá a função de o adaptar e pôr a funcionar com sistemas de realidade virtual imersiva.
2. Após o modelo estar a funcionar nos sistemas de RVI é mostrado ao arquiteto que o aprova.

Durante a experiência:

3. Durante a reunião o arquiteto faz uma apresentação do projeto aos clientes como faz usualmente (com recurso a plantas, cortes, alçados, maquete e renders).
4. Durante a reunião o estudante, que está a assistir, faz um relatório de tudo o que aconteceu.
5. Após a apresentação por parte do arquiteto o estudante entrega um questionário inicial aos clientes.
6. O estudante mostra aos clientes como se utilizam os Oculus
7. A experiência com os Oculus inicia-se
8. A experiência é registada em som e fotografia.
9. Após a utilização dos Oculus os clientes respondem a um segundo questionário.
10. Os dados do questionário são recolhidos.
11. Posteriormente os dados são analisados.

### 3.2.2 *Material utilizado*

Utilizado pelo arquiteto (ferramentas tradicionais) no caso da habitação do atelier Correia Monteiro arquitetos:

- Papel normal
  - Plantas
  - Cortes
  - Alçados
  
- Papel fotográfico
  - Renders
  
- Maqueta
  
- Luz (candeeiro)

Utilizado pela arquiteta (ferramentas tradicionais) no caso do CINERGIA pelos Conceito arquitetos:

- Papel normal
  - Plantas
  - Cortes
  - Alçados
  
- PPT projetado numa televisão
  - Plantas
  - Cortes
  - Alçados
  - Renders
  - Imagens

Utilizado como comparação em ambos os casos (nova tecnologia de Realidade Virtual Imersiva):

- Hardware
  - Computador Asus VR ready
  - Rato Logitech
  - Oculus Rift
  
- Software
  - Google Sketchup
  - Unity

Questionários em suporte de papel

- Habitação
  - 25 perguntas na escala de Likert de 1 a 7
  - 4 perguntas de resposta aberta
  
- CINERGIA
  - 28 perguntas na escala de Likert de 1 a 7  
(contém 3 perguntas a mais que apenas se aplicam ao centro sendo que todas as outras são as mesmas da Habitação)
  - 4 perguntas de resposta aberta

Tratamento de dados

- SPSS
  - Coeficiente de correlação de Spearman
  - Coeficiente de correlação de Pearson

### 3.3 Experiência

Neste tópico é apresentada uma descrição exaustiva do sucedido durante as reuniões experiência e que será analisado no próximo capítulo. Os dados aqui incluídos são o resultado da observação e registo por parte do autor do trabalho durante as sessões e têm como objetivo complementar qualitativamente os resultados quantitativos obtidos através dos questionários.

#### **Reunião relativa à habitação:**

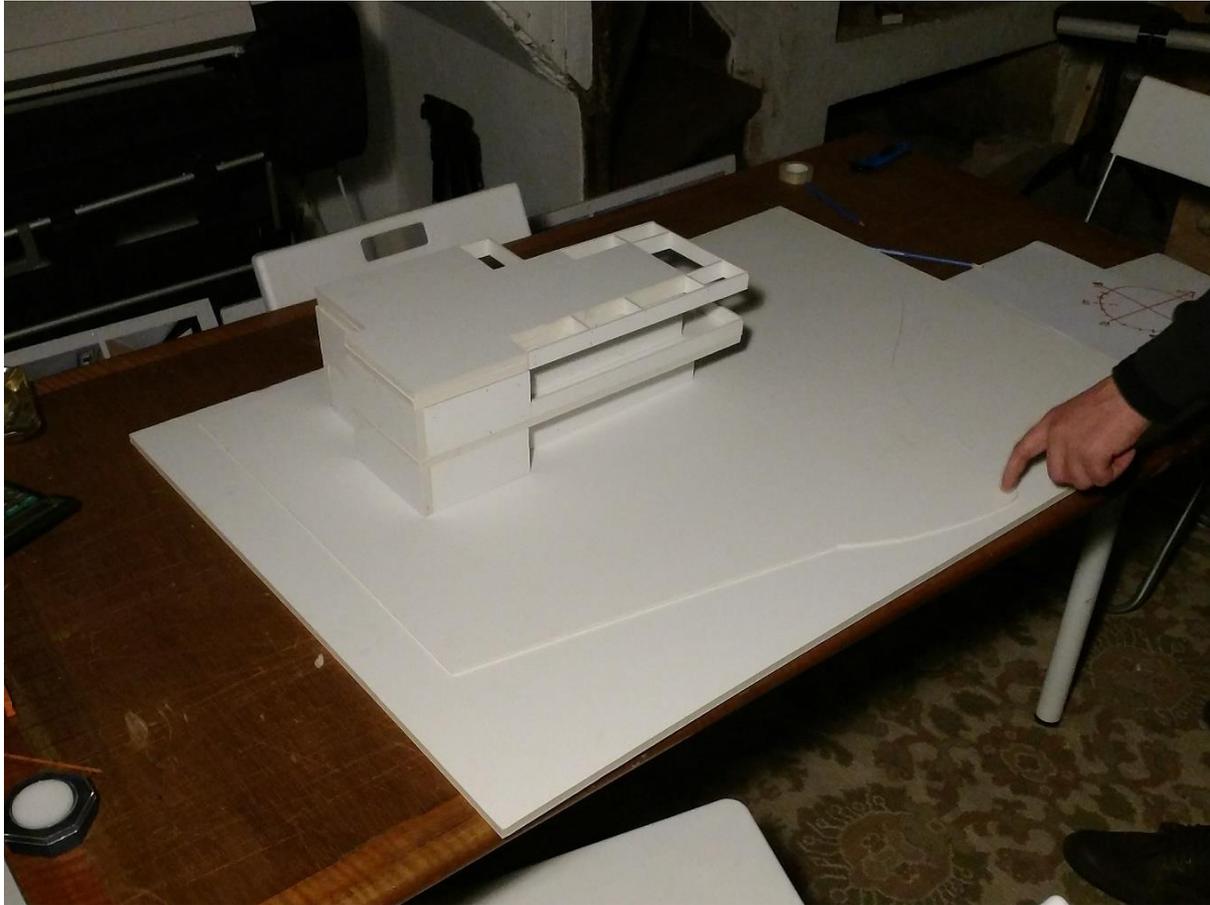
##### **1ª parte - método tradicional**

1. O arquiteto organiza o espaço com os diversos elementos (Desenhos, maquete e renders) expostos em torno da mesa.
2. A reunião começa com o arquiteto e os clientes de pé.
3. O arquiteto explica como se vai processar a reunião e as suas fases.
4. Os clientes começam por observar os renders.
5. De seguida passam para a maquete onde arquiteto explica o projeto.
6. Tanto o arquiteto como os clientes vão falando e variando entre a maquete e os renders.
7. O arquiteto escurece o quarto e redireciona os clientes para a maquete que utiliza para mostrar volumetria do projeto.
8. Utiliza as plantas como apoio para mostrar a orientação o projeto.
9. Mostra a iluminação natural do projeto através da maquete com recurso a uma luz (candeeiro).
10. Volta aos desenhos técnicos para mostrar o interior do projeto e os pátios.
11. Após mostrar de novo o movimento do Sol na maquete, para os clientes verem as zonas que ficam à sombra, utiliza uma folha limpa para desenhar o movimento que o Sol faz e onde se situa a determinadas horas do dia.
12. Explica aos clientes que quando conhecerem melhor o projeto vão conseguir interpretar melhor os desenhos técnicos, mas continuam a utilizar a maquete para os clientes perceberem melhor.
13. Cerca de 15 minutos depois da reunião começar, o arquiteto volta a acender a luz, senta-se assim como os clientes e fala com eles à volta dos desenhos técnicos.

14. Discutem o projeto e os clientes desenham num papel vegetal por cima dos desenhos técnicos.
15. Cerca de 30 minutos depois da reunião começar, voltam à maquete para compreender melhor o percurso e os espaços do projeto.
16. O arquiteto utiliza plantas para mostrar as áreas do projeto, tanto exteriores como interiores.
17. Cerca de 40 minutos depois da reunião começar, apaga a luz de novo para a confirmação de zonas de luz e sombra, tanto no exterior como no interior, recorrendo também a renders para mostrar como fica a luz.
18. Voltam a discutir pormenores do projeto e os clientes voltam a utilizar papel vegetal para desenhar por cima dos desenhos técnicos.
19. Cerca de 50 minutos depois da reunião começar o arquiteto verifica se os clientes perceberam o projeto.
20. Após a explicação do projeto com recursos a métodos tradicionais os clientes respondem à primeira fase do questionário.

## **2ª parte - método realidade virtual imersiva**

21. Depois de os clientes acabarem o questionário mostra-se como os Oculus Rift funcionam, assim como o computador.
22. Os clientes são postos à vontade e explica-se que, se precisarem, podem interromper o uso dos Oculus (por questões de segurança a experiência de realidade virtual imersiva foi realizada com as pessoas sentadas).
23. O primeiro cliente utiliza os Oculus, apesar de ter dificuldades em movimentar-se no ambiente virtual.
24. Este utiliza os Oculus cerca de 10 minutos e interrompe, pois, ficou nauseado.
25. O cliente que acabou de utilizar os Oculus vai responder ao segundo questionário e o que estava de fora vai agora utilizar os Oculus.
26. O segundo cliente mostra mais facilidade e à vontade a movimentar-se no ambiente virtual.
27. Este vê todo o projeto e revê certas zonas sem sentir náuseas.
28. Ao acabar a utilização dos Oculus o segundo cliente responde ao questionário.
29. Por fim os 2 clientes voltam a falar com o arquiteto sobre coisas que não tinham noção antes de utilizar os Oculus e começaram a ter.
30. A reunião acaba.



*Figura 19* Momento durante a apresentação do projeto Habitação com recurso aos métodos tradicionais, neste caso uma maqueta.



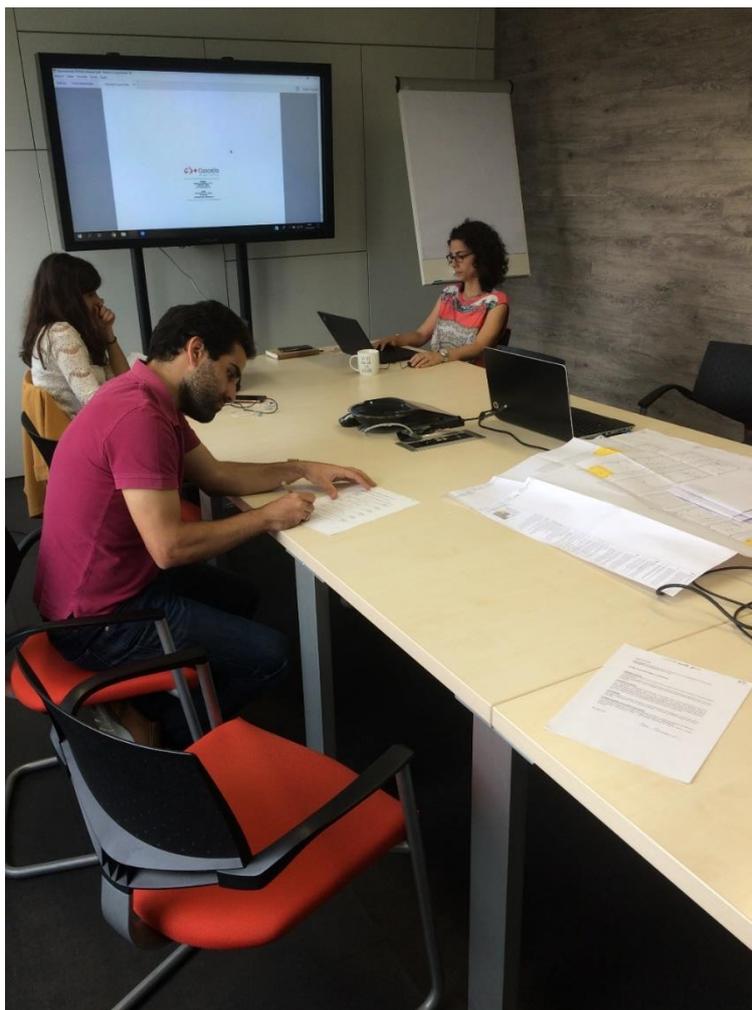
*Figura 20 Momento durante a apresentação do projeto Habitação com recurso à realidade virtual imersiva.*

### **Reunião relativa ao CINERGIA:**

1. Durante a experiência com os participantes tem sempre duas engenheiras que fazem parte do projeto e farão também a experiência assim como a arquiteta Sara Eloy que estará a apresentar o projeto reproduzindo o que foi feito na primeira sessão realizada uns meses antes pelos Conceito arquitetos.
2. Existe um PowerPoint, com desenhos técnicos, esquemas e renders, preparado num ecrã assim como desenhos técnicos em cima da mesa.
3. A experiência foi preparada para um participante de cada vez e a contar que cada pessoa levasse em média 30 minutos.
4. A primeira participante conhece o projeto.
5. A reunião começa com a arquiteta de pé para poder indicar e apontar livremente no ecrã.
6. Faz uma primeira parte da apresentação com recurso ao PowerPoint.
7. Dirige-se para a mesa e continua a apresentação com os desenhos técnicos impressos.
8. A participante responde às primeiras duas partes do questionário.
9. Nesta altura explica-se como se utiliza os óculos e como se navega no ambiente virtual.
10. Após os óculos estarem colocados a participante explora livremente o ambiente virtual enquanto vai comentando o que pensa do espaço.
11. Foi capaz de navegar sozinha.
12. No final da navegação começou a ficar enjoada.
13. Depois da utilização da RVI responde à última parte do questionário.
14. De seguida chega a segunda participante e repete-se o procedimento anterior.
15. Esta participante não conhece bem o centro.
16. Não enjoou durante a experiência.
17. Teve uma navegação muito cautelosa mas acabou por necessitar de ajuda pois não estava muito à vontade com os comandos.
18. Chega o terceiro participante e repete-se o procedimento.
19. Também não conhece bem o centro como a anterior.
20. Não enjoou.
21. Fez muitas perguntas durante a experiência.

22. Aproveitou muito a RVI para ver tudo com atenção olhando à volta e utilizou praticamente todo o espaço virtual disponível.
23. Chega o quarto participante e repete-se o procedimento.
24. Conhece muito pouco o do centro.
25. Deu muitas sugestões sobre determinadas zonas do projeto.
26. Referiu em relação a visualizar o projeto com a RVI que "...isto é muito bom, dá muito a ideia..."
27. No final começou a enjoar devido ao tempo que esteve com os Oculus e a ter dado muitas voltas.
28. Chega o quinto participante e repete-se o procedimento.
29. Conhece pouco o centro.
30. Não enjoou.
31. Aproveitou muito a RVI navegando bastante e visualizou os diversos espaços de várias perspetivas.
32. Chega a sexta participante e repete-se o procedimento.
33. Conhece bem o centro e faz parte do projeto.
34. Durante a experiência com RVI começou a analisar o projeto e a pensar em alterações para fazer a certos aspetos que teve mais consciência com esta visualização.
35. Enjoou apenas no final.
36. Chega a sétima participante e repete-se o procedimento.
37. Conhece bem o centro.
38. Tem vertigens e ficou muito enjoada logo no início da utilização da RVI.
39. Não navegou por todo o projeto.
40. Chega o oitavo participante e repete-se o procedimento.
41. Conhece pouco o centro.
42. Aproveitou bem o ambiente virtual tendo andado por todo o espaço.
43. Fez várias perguntas, muitas delas sobre software.
44. Não enjoou.
45. Chega a nona participante e repete-se o procedimento.
46. Conhece pouco o centro.
47. Conseguiu fazer a navegação.
48. Ficou enjoada pouco depois do início da RVI.

49. Chega o décimo participante e repete-se o procedimento.
50. Conhece bem o centro e faz parte do projeto.
51. Navegou à vontade por todo o lado.
52. Deixou sugestões ao modelo de forma a parecer mais real.
53. Aproveitou para analisar muito bem o projeto e ter noção de coisas que ainda não tinha.
54. Durante a experiência estava a pensar que se poderia alterar coisas do projeto que começou a ter noção.



*Figura 21 Momento durante a apresentação do projeto CINERGIA, participante a preencher questionário.*



*Figura 22 Momento durante a apresentação do projeto CINERGIA, participante a visualizar o projeto com recurso à realidade virtual imersiva.*

## 3.4 Resultados

### 3.4.1 *Dados relativos aos questionários*

Neste capítulo são apresentados os resultados dos questionários e a sua análise, ou seja, a utilidade da Realidade Virtual Imersiva na compreensão da arquitetura.

As perguntas serão apresentadas por grupos, tal como no questionário, para facilitar a leitura dos dados.

Os dados serão apresentados em tabelas e as perguntas mais pertinentes para o estudo serão acompanhadas de uma explicação extra. Também serão apresentadas e analisadas algumas respostas abertas.

O facto de certas pessoas enjoarem ou ficarem tontas requer uma análise também qualitativa relativamente a resultados quantitativos que possam, por essa razão, ficarem influenciados negativamente.

Participaram doze pessoas nesta experiência sendo seis do sexo masculino e seis do sexo feminino. Em cada categoria os participantes também eram em igual número de ambos os géneros, isto é, cinco do sexo masculino e cinco do sexo feminino na categoria “CINERGIA” e um do sexo masculino e um do sexo feminino na categoria “Habitação”. No que diz respeito à idade os participantes estavam 50% na faixa etária 21-30 anos e os restantes 50% na faixa etária 31-40 anos.

O questionário está dividido em três partes que foram respondidas em alturas diferentes. A primeira parte corresponde aos dados básicos definida como “Primeiro questionário (dados básicos)” sendo respondida antes de qualquer apresentação. A segunda parte, definida como “Segundo questionário (método tradicional)”, foi respondida após a primeira apresentação com recurso aos meios tradicionais de representação e corresponde à percepção que os participantes têm do projeto através dos métodos tradicionais. Por último surge a terceira parte do questionário, denominada de “Terceiro questionário”, que foi respondida depois de todas as apresentações e está dividida em três subcategorias, nomeadamente, “Questionário presença – SUS”, “Questionário presença – W&S” e “Questionário percepção”.

## Resultados do 1º questionário (dados básicos)

<b>Categoria</b>	<b>P1</b> Experiência com desenhos técnicos	<b>P2</b> Experiência com software 3D	<b>P3</b> Experiência com ambientes virtuais	<b>P4</b> Experiência com jogos de computador	<b>P5</b> Experiência com ambientes virtuais imersivos
<b>Habitação</b>					
Média	1	N.S.A.	1,5	2,5	1
Desvio Padrão	0	N.S.A.	0,71	2,12	0
<b>CINERGIA</b>					
Média	2,9	3,3	2,5	3,6	2,3
Desvio Padrão	1,85	1,57	1,90	1,96	1,70
<b>Total</b>					
Média	2,58	3,3	2,33	3,42	2,08
Desvio Padrão	1,84	1,57	1,78	1,93	1,62

Tabela 1 Resultados das respostas dos participantes com informação relativa ao “Primeiro questionário (dados básicos)”.

N.S.A. – Não se aplica (Questão feita apenas nos questionários do CINERGIA); P – Pergunta; R. R. – Resultado Retirado. As perguntas foram todas respondidas com base numa escala de 1 (muito pouco) a 7 (bastante).

P1 - Qual a experiência que tenho de visualização de edifícios através de desenhos técnicos (plantas corte e alçados), maquetas e renders?

P2 - Tem experiência de utilização de programas de modelação 3D (Sketchup, revit...)?

P3 - Qual a experiência que tenho de uso de ambientes virtuais?

P4 - Qual a experiência que tenho de uso de jogos de computador?

P5 - Qual a experiência que tenho de uso de ambientes virtuais imersivos (aqueles ambientes virtuais em que nos sentimos presentes neles como se se tratasse da vida real)?

Refira-se ainda que os elementos do casal têm como profissão Assistente de Imprensa e Operador tráfego e os participantes pelo lado da ADENE são Engenheiros (7), Assistente de Marketing (1), Técnico de energia (1) e Técnico de indústria (1).

Esta tabela corresponde à primeira parte dos questionários, antes das apresentações dos arquitetos, onde os participantes respondem a perguntas relativas à sua experiência e conhecimento no que diz respeito aos métodos tradicionais, programas de 3D, RV, Jogos de computador e RVI.

A P1, “Qual a experiência que tenho de visualização de edifícios através de desenhos técnicos (plantas corte e alçados), maquetas e renders?”, tem uma média total de 2,58. Em relação “Habitação” a média é de 1 enquanto que no “CINERGIA” a média é 2,9. É de salientar a maior experiência que os participantes da ADENE têm, eventualmente verificada por grande parte deles ter formação de engenharia.

Na P2, “Tem experiência de utilização de programas de modelação 3D (Sketchup, revit...)?”, a média total é de 3,3. Na categoria “Habitação” esta pergunta não estava no questionário pois é uma pergunta relativa apenas ao “CINERGIA” que conta com uma média de 3,3 mostrando que poucos são aqueles que sabem dominar programas de modelação 3D.

A P3, “Qual a experiência que tenho de uso de ambientes virtuais?”, apresenta uma média total baixa de 2,33. Na categoria “Habitação” a média é de 1,5 e na categoria “CINERGIA” a média é 2,5. Também na pergunta P5, relativa à experiência de uso de ambientes virtuais imersivos, a média total de 2,08 é baixa e mostra o pouco conhecimento destas técnicas em geral. A categoria “Habitação” conta com uma média de 1 e a categoria “ADENE” conta com uma média de 2,3

P4, “Qual a experiência que tenho de uso de jogos de computador?”, apresenta uma média total baixa de 3,42 e o. A média na categoria “Habitação” é de 2,5, e na categoria “CINERGIA” a média é de 3,6

Na P5, “Qual a experiência que tenho de uso de ambientes virtuais imersivos (aqueles ambientes virtuais em que nos sentimos presentes neles como se se tratasse da vida real)?” encontra-se uma média total de 2,08. A categoria “Habitação” conta com uma média de 1 e a categoria “CINERGIA” conta com uma média de 2,3.

Nesta tabela verifica-se que todas as médias estão abaixo de 4, que corresponde a “Razoável”, e algumas mais próximas do 1, que corresponde a “Muito Pouco”. Isto quer dizer que, em média, a experiência dos participantes nestes temas é reduzida.

Algo que também se pode reparar é a diferença de médias entre o grupo da habitação e o do CINERGIA em que a média do grupo do CINERGIA é sempre superior, no mínimo, um valor. Uma das causas possíveis desta diferença poderá ser as profissões dos participantes que, no caso da Adene, sete dos 10 participantes são engenheiros.

Algo que se verificou nos dois grupos foi a média da P4 (“Qual a experiência que tenho de uso de jogos de computador?”) ser a mais alta nos dois e a media da P5 (“Qual a experiência que tenho de uso de ambientes virtuais imersivos (aqueles ambientes virtuais em que nos sentimos presentes neles como se se tratasse da vida real)?”) a mais baixa nos dois. Isto talvez acontece porque os jogos de computador são algo comum e de fácil acesso enquanto que a RVI, sendo mais cara e recente, é de mais difícil acesso.

*Resultados do 2º questionário (método tradicional)*

<b>Categoria</b>	<b>P8</b> Percebi a espacialidade do espaço	<b>P9</b> Percebi as dimensões do espaço	<b>P10</b> Percebi as ligações entre compartimentos	<b>P11</b> Percebi o funcionamento da exposição	<b>P12</b> Consigno descrever o espaço	<b>P13</b> Percebi a dimensão vertical do espaço
<b>Habitação</b>						
Média	7	6	7	N.S.A.	7	6
Desvio Padrão	0	1,41	0	N.S.A.	0,71	1,41
<b>CINERGIA</b>						
Média	6,8	6,3	6,7	6,7	6,3	5,6
Desvio Padrão	0,42	0,82	0,48	0,48	0,82	1,18
<b>Total</b>						
Média	6,83	6,25	6,75	6,7	6,33	5,67
Desvio Padrão	0,39	0,87	0,45	0,48	0,78	1,15

Tabela 2 Resultados das respostas dos participantes com informação relativa ao “Segundo questionário (método tradicional)”.

N.S.A. – Não se aplica (Questão feita apenas nos questionários da ADENE); P – Pergunta; R. R. – Resultado Retirado. As perguntas foram todas respondidas com base numa escala de 1 (muito pouco) a 7 (bastante).

P8 - A explicação que me foi dada da casa/centro foi suficiente para eu perceber toda a sua espacialidade?

P9 - Compreendi as dimensões dos compartimentos.

P10 - Compreendi as ligações entre compartimentos.

P11 - Compreendi como a exposição do centro vai funcionar.

P12 - Consigo descrever a casa/centro se tal me for pedido.

P13 - Percebi a dimensão vertical da casa/centro? (e.g. altura dos tetos, relação entre pisos, etc).

Esta fase do questionário corresponde às perguntas após a apresentação do projeto com recurso aos meios tradicionais de representação.

A P8, referente à pergunta “A explicação que me foi dada da casa/centro foi suficiente para eu perceber toda a sua espacialidade?” conta com uma média total de 6,83. Na categoria “Habitação” a média é de 7 e na categoria “CINERGIA” a média é 6,8.

A P9, “Compreendi as dimensões dos compartimentos” tem uma média total de 6,25 sendo que na categoria “Habitação” a média é de 6 e na categoria “CINERGIA” a média é 6,3.

Na P10, “Compreendi as ligações entre compartimentos” verifica-se uma média total de 6,75, sendo esta a média total mais alta, e um desvio-padrão total de 0,45, sendo este o desvio-padrão total mais baixo. A categoria “Habitação” tem uma média de 7 e desvio-padrão 0 e a categoria “CINERGIA” conta com uma média de 6,7.

Na P11, “Compreendi como a exposição do centro vai funcionar”, pergunta apenas feita na experiência CINERGIA, a média total é de 6,7.

A P12, “Consigo descrever a casa/centro se tal me for pedido” possui uma média total de 6,33 Na categoria “Habitação” a média é de 7 e na categoria “CINERGIA” a média é 6,3..

Por último, a P13, “Percebi a dimensão vertical da casa/centro? (e.g. altura dos tetos, relação entre pisos, etc)”, apresenta respostas com uma média total de 5,67. No que diz respeito à categoria “Habitação” a média é de 6 e na categoria “CINERGIA” a média é 5,6.

As médias das respostas totais têm todas valores elevados, todas superiores a 6, à exceção da P13 que é 5,6. Os valores de desvio-padrão são todos inferiores a 1 à exceção, também, da P13. Como todos os valores estão próximos de 7, que corresponde a “Concordo totalmente”, os participantes parecem compreender bem os projetos através dos métodos tradicionais.

Estes resultados, em comparação com os resultados apresentados de seguida referentes à experiência com o uso da Realidade Virtual Imersiva, são conflituosos como será mais tarde referido nas conclusões.

Na segunda parte da experiência, quando os clientes foram apresentados ao sistema de realidade virtual imersivo, mediram-se diversas variáveis nos questionários: nível de presença e nível de compreensão do projeto comparativamente ao modo apresentado na primeira parte da experiência. De modo a medir o nível de presença aplicaram-se parte de dois questionários conhecidos na literatura, o questionário de Slater, Uso e Steed (1994) (SUS) e o questionário de Witmer e Singer (1998) (W&S).

*Resultados do 3º questionário final (após apresentação em RVI) na subcategoria Presença*

<b>Categoria</b>	<b>P15</b> O quão real parece o mundo virtual	<b>P16</b> Até que ponto sentiu o mundo virtual como realidade	<b>P17</b> O mundo virtual parece algo que vi ou que visitei.	<b>Total</b>
<b>Habitação</b>				
Média	6,5	7	5	6
Desvio Padrão	0,71	0,71	1,41	1,09
<b>CINERGIA</b>				
Média	5,1	4,6	4,7	4,80
Desvio Padrão	1,10	1,43	1,16	1,21
<b>Total</b>				
Média	5,33	4,97	4,75	5
Desvio Padrão	1,15	1,51	1,14	1,26

Tabela 3 Resultados das respostas dos participantes com informação relativa ao “Terceiro questionário (após apresentação em R.V.I.)” na subcategoria “Questionário Presença – SUS”.

As perguntas foram todas respondidas com base numa escala de 1 (muito pouco) a 7 (bastante)

P15 - O quão real lhe pareceu o mundo virtual?

P16 - Até que ponto houve vezes em que sentiu que o mundo virtual passou a ser “realidade” para si, e quase se esqueceu do mundo real lá fora?

P17 - O mundo virtual pareceu mais como algo que vi, ou um lugar que visitei?

Esta tabela corresponde ao questionário de presença SUS sendo o início da parte do questionário após a utilização de RVI. As perguntas baseavam-se na comparação entre o mundo virtual e o real.

O resultado do teste de presença SUS tem uma média de 5 (em 7) o que significa que a realidade virtual imersiva utilizada permitiu em boa medida criar a sensação de presença nos participantes.

Todos os resultados do grupo da habitação são superiores ao grupo do CINERGIA e no grupo Total os resultados médios estão todos próximos do valor 5 apesar de dois valores ainda estarem no valor 4. Isto poderá significar que os participantes se sentiram inclinados a dizer que o mundo virtual parecia real e imersivo, apesar de ainda serem capazes de, facilmente, distinguiem-no da realidade.

O facto de ambos os modelos, tanto o da habitação como o da Adene, não estarem com aspeto foto realista poderá ter sido uma das razões para as médias totais estarem tão próximas do meio da tabela. O aspeto foto realista não era pretendido pois a intenção era dar a conhecer os projetos em volumetria e com um pouco de aproximação aos materiais. Isto teria de ser feito sem cair na tentação do híper realismo, que acaba sempre por ser diferente da realidade. Originando, por vezes, uma ideia errada e “embelezando” em demasia e de forma irreal o espaço o que não se pretendia fazer para este nível de projeto.

<b>Categoria</b>	<b>P18</b>	<b>P19</b>	<b>P20</b>	<b>P21</b>	<b>P22</b>	<b>P23</b>	<b>Total</b>
	Conseguir controlar os eventos.	O ambiente foi responsivo às suas ações.	Medida que os aspetos visuais do A.V. foram envolventes.	Os mecanismos de navegação no A.V. foram naturais.	Medida que a experiência no A.V. foi consistente com o real.	Velocidade de adaptação à experiência de realidade virtual	
<b>Habitação</b>							
Média	5,5	5	7	5	5	5	5,25
Desvio Padrão	2,12	0,71	0,71	1,41	0	1,41	1,13
<b>CINERGIA</b>							
Média	5,8	6	5,8	5	5,1	5,1	5,47
Desvio Padrão	1,14	0,67	0,79	1,05	0,74	1,45	1,04
<b>Total</b>							
Média	5,75	5,75	5,92	5	5,08	5,08	5,43
Desvio Padrão	1,22	0,87	0,79	1,04	0,67	1,38	1,07

Tabela 4 Resultado das respostas dos participantes com informação relativa ao “Terceiro questionário(após apresentação em R.V.I.)” na subcategoria “Questionário Presença – W&S”.

As perguntas foram todas respondidas com base numa escala de 1 (muito pouco) a 7 (bastante).

P18 - Em que medida consegui controlar os eventos?

P19 - Em que medida foi responsivo foi o ambiente às suas ações?

P20 - Em que medida foram envolventes os aspetos visuais do ambiente virtual?

P21 - Em que medida foram naturais os mecanismos de navegação no mundo virtual (teclado)?

P22 - Em que medida foi consistente a experiência no mundo virtual com as experiências no mundo real?

P23 - Com que velocidade me consegui adaptar à experiência de realidade virtual?

Estes dados são relativos ao questionário de presença W&S que testa também o nível d presença no mundo virtual.

O resultado do teste de presença W&S tem uma média de 5,43 (em 7) o que significa que também com este teste se comprova que a realidade virtual imersiva utilizada permitiu em boa medida criar a sensação de presença nos participantes.

*Resultados do 3º questionário (após apresentação em RVI) na subcategoria Percepção*

<b>Categoria</b>	<b>P24</b>	<b>P25</b>	<b>P26</b>	<b>P27</b>	<b>P28</b>	<b>P29</b>	<b>P30</b>
	Pareceu mais real no A.V. do que antes.	Compreendi melhor a exposição no A.V. do que antes.	Compreendi melhor as dimensões dos compartimentos no A.V. do que antes.	Compreendi melhor as ligações entre compartimentos no A.V. do que antes.	Agrada-me poder passear livremente no A.V.	Em qual apresentação o me senti mais atraído pelo centro.	Após visualizar no A.V. que facilidade tenho em descrever.
<b>Habitação</b>							
Média	7	N. S. A.	7	R. R.	7	7	7
Desvio Padrão	0	N. S. A.	0	R. R.	0	0	0
<b>CINERGIA</b>							
Média	5,9	6,3	6,3	5,9	6,4	6,5	6,1
Desvio Padrão	1,29	0,95	0,82	1,29	0,52	0,85	0,88
<b>Total</b>							
Média	6,08	6,3	6,42	5,83	6,5	6,58	6,25
Desvio Padrão	1,24	0,95	0,79	1,34	0,52	0,79	0,87

Tabela 5 Resultado das respostas dos participantes com informação relativa ao “Terceiro questionário (após apresentação em R.V.I.)” na subcategoria “Percepção”.

As perguntas foram todas respondidas com base numa escala de 1 (muito pouco) a 7 (bastante). N.S.A – não se aplica; R.R. – resultado retirado.

P24 - A casa/centro pareceu-me mais real quando naveguei no modelo virtual comparativamente ao que me foi apresentado antes.

P25 - Compreendi melhor como a exposição do centro vai funcionar quando visualizei o centro no modelo virtual comparativamente ao que me foi apresentado antes.

P26 - Compreendi melhor as dimensões dos compartimentos quando visualizei a casa/o centro no modelo virtual comparativamente ao que me foi apresentado antes.

P27 - Compreendi melhor as ligações entre compartimentos quando visualizei a casa/o centro no modelo virtual comparativamente ao que me foi apresentado antes.

P28 - Agrada-me a possibilidade de passear livremente no modelo de realidade virtual imersiva.

P29 - Em qual dos métodos de demonstração me senti mais atraído(a) pela casa/centro?

P30 - Após a visualização da casa/do centro em realidade virtual qual a facilidade que tenho em descrevê-la comparativamente ao que tinha antes?

Nesta tabela pode-se ver os dados correspondentes à parte do questionário que analisa a “Percepção”, nomeadamente a diferença entre os métodos tradicionais e a RVI, analisando de que forma tiveram uma melhor noção do espaço e qual preferiam para verem e perceberem o projeto.

A P24, “A casa/centro pareceu-me mais real quando naveguei no modelo virtual comparativamente ao que me foi apresentado antes.” obteve uma média total de resposta de 6,08. Na categoria “Habitação” a média é de 7 e na categoria “CINERGIA” a média é 5,9.

Na P25, “Compreendi melhor como a exposição do centro vai funcionar quando visualizei o centro no modelo virtual comparativamente ao que me foi apresentado antes.”, a média total de resposta é de 6,3. Na categoria “Habitação” esta pergunta não estava no questionário pois é uma pergunta relativa apenas ao “CINERGIA”. A categoria “CINERGIA” conta com uma média de 6,3.

A P26, “Compreendi melhor as dimensões dos compartimentos quando visualizei a casa/o centro no modelo virtual comparativamente ao que me foi apresentado antes.” tem uma média total de resposta de 6,42. Em relação à categoria “Habitação” a média é 7 e na categoria “CINERGIA” a média é 6,3.

Na P27, “Compreendi melhor as ligações entre compartimentos quando visualizei a casa/o centro no modelo virtual comparativamente ao que me foi apresentado antes.” encontra-se uma média total de resposta de 5,83. Na categoria “Habitação” retiraram-se os resultados agrupados pois a navegação pelo modelo virtual realizou-se em condições especiais num dos casos. Um dos participantes sentiu-se enjoado e não conseguiu navegar sozinho apesar de querer continuar a ver o modelo 3D. Para resolver esta situação da melhor maneira, o participante era apenas colocado em cada divisão, sem ver como se chegava lá ou as ligações entre as divisões, e só então observava à vontade com os Oculus uma divisão de cada vez. Como a questão baseava-se em compreender melhor a ligação entre

compartimentos a resposta deste participante teve de ser retirada. Posto isto, não foi feita a média e desvio padrão na Habitação, mas restou um participante, que respondeu a esta pergunta com um 7, e a resposta deste entrou para a média e desvio padrão Total. A categoria “CINERGIA” conta com uma média de 5,9.

A P28, “Agrada-me a possibilidade de passear livremente no modelo de realidade virtual imersiva.”, tem uma média total de 6,5. Em relação à mesma pergunta na categoria “Habitação” a média é de 7 e na categoria “CINERGIA” a média é 6,4.

A P29, “Em qual dos métodos de demonstração me senti mais atraído(a) pela casa/centro?”, tem uma média total de 6,58. A média na categoria “Habitação” é de 7 e na categoria “CINERGIA” a média é de 6,5.

A P30, “Após a visualização da casa/do centro em realidade virtual qual a facilidade que tenho em descrevê-la comparativamente ao que tinha antes?” tem uma média total de 6,25. A média na categoria “Habitação” é de 7 e a média na categoria “CINERGIA” é de 6,1.

Nas médias totais os resultados estão acima de 6 havendo apenas um abaixo com o valor de 5,83, ou seja, próximo do 6 também. Os desvios-padrão totais estão todos abaixo de 1,50 sendo que apenas dois estão acima de 1 o que mostra a pouca dispersão nas respostas.

Com base nestes dados pode-se verificar que os participantes compreenderam melhor o projeto através da utilização da RVI, assim como, preferiram conhecer o projeto desta forma e até sentiram-se mais atraídos pelo projeto. Podemos ver também, através dos dados, que após a visualização do projeto em RVI os participantes têm mais facilidade a descrever o projeto.

No caso da experiência com participantes da ADENE, e com base nos comentários que foram sendo retirados ao longo das experiências, é ainda possível constatar que as respostas menos positivas em relação à RVI foram dos participantes que ou enjoaram ao longo da experiência e/ou daqueles que já conheciam muito bem o centro.



## Discussão dos resultados **4**

## 4 Discussão dos resultados

A hipótese de investigação principal para este trabalho, referida no capítulo da introdução, foi:

Hipótese: A compreensão do projeto de arquitetura é maior quando os clientes visualizam o projeto através de realidade virtual imersiva em lugar dos processos tradicionais de representação (desenhos técnicos, maquete, renders)

Para testar esta hipótese recorreu-se essencialmente a duas perguntas P29 (Em qual dos métodos de demonstração me senti mais atraído(a) pela casa/centro?) e P30 (Após a visualização da casa/do centro em realidade virtual qual a facilidade que tenho em descrevê-la comparativamente ao que tinha antes?).

No que diz respeito à atração pelo método de demonstração, a média de resposta foi de 6.58 (sendo o 1 o método tradicional e o 7 o método com realidade virtual). O desvio padrão foi de 0.79.

Em relação à facilidade de descrever o edifício após a experiência em RV comparativamente à que tinha antes através da visualização dos desenhos, os participantes indicaram como média 6.25 (sendo o 1 o método tradicional e o 7 o método com realidade virtual). Neste caso o desvio padrão foi de 0.86.

De destacar que no caso da habitação, na qual a reunião foi a primeira vez que conheceram o projeto, ambos os participantes consideraram como resposta o 7 para ambas as perguntas, mostrando uma clara preferência pela representação através da realidade virtual. As respostas menos positivas para a realidade virtual vieram de participantes que tinham um conhecimento anterior mais profundo do projeto CINERGIA.

Quando se adiciona também os dados relativos às perguntas 25 (Compreendi melhor como a exposição do centro vai funcionar quando visualizei o centro no modelo virtual comparativamente ao que me foi apresentado antes.), 26 (Compreendi melhor as dimensões dos compartimentos quando visualizei o centro no modelo virtual comparativamente ao que me foi apresentado antes.) e 27 (Compreendi melhor as ligações entre compartimentos quando visualizei o centro no modelo virtual

comparativamente ao que me foi apresentado antes.) chega-se a uma conclusão bastante sólida relativamente à hipótese apresentada.

Percebe-se que de facto os participantes tiveram um maior conhecimento e perceção do projeto na sua totalidade e em diversos pormenores após visualizarem os projetos através da RVI comparativamente com o que tinham através dos métodos tradicionais.

Um dos fatores que justifica estes dados é, como está referido no Estado da Arte, alguns métodos tradicionais, nomeadamente os desenhos técnicos, basearem-se em códigos de representação próprios da área sendo conhecidos essencialmente por profissionais. Isto torna a interpretação dos desenhos técnicos (plantas, cortes e alçados) dos projetos mais difícil por parte de leigos provocando por vezes ideias e interpretações erradas dos projetos. Em relação aos renders, também vistos em apresentações de arquitetura e que são realizados através de modelos virtuais, percebe-se que a RVI consegue proporcionar um ambiente mais natural para os participantes do que os modelos virtuais vistos em 2D (duas dimensões) (Hermund, Klint and Bundgaard, 2018). Assim, através da RVI, pode-se utilizar de forma mais natural a arquitetura digital como ferramenta para compreender as qualidades espaciais de um projeto (Hermund, Klint and Bundgaard, 2018).

A RVI vem ajudar a interpretar melhor os projetos, não querendo substituir os métodos tradicionais, ao introduzir uma nova forma de ver e conhecer o projeto que vem complementar as já existentes. Como se viu, nos dados desta experiência, este complemento é de facto uma ajuda e melhoria na forma de comunicação de um projeto por parte do projetista para com um leigo, quer seja um cliente ou apenas alguém a quem se tem de dar a conhecer o projeto.

Durante a experiência também foi possível observar que as pessoas diretamente envolvidas nos projetos aproveitaram a oportunidade de utilizar a RVI para fazerem comentários com os colegas sobre vários aspetos que gostam assim como alguns que tinham de ser corrigidos. Estes, apesar de estarem habituados aos métodos tradicionais, também tiveram uma melhor perceção do projeto e destacaram vários espaços que não tinham noção como por exemplo a largura de uma ligação, o espaço de uma zona de observação e a localização de imagens em monitores, entre outros.

Fizeram-se ainda outras análises de modo a compreender que tipo de influência na experiência em Realidade Virtual Imersiva podiam ter fatores externos à experiência.

Relativamente à relação entre idade e adaptação à RVI testou-se a hipótese – “Quanto menor a faixa etária, maior a velocidade de adaptação à RVI” – verificou-se, na amostra, uma correlação praticamente nula ( $r_s=0,025$ ) entre a faixa etária e a velocidade de adaptação. Esta hipótese é refutada uma vez que o valor-p é igual a 0,938.

Relativamente à relação entre experiência em jogos e velocidade de adaptação à RVI testou-se a hipótese – “Pessoas com experiência em jogos de computador adaptam-se com mais velocidade à RVI” – verifica-se uma correlação positiva moderada ( $r=0,498$ ) entre a experiência em jogos de computador e a velocidade de adaptação. Aceita-se esta hipótese uma vez que o valor-p é igual a 0,099.

Relativamente à relação entre experiência em jogos e necessidade de ajuda na RVI testou-se a hipótese – “Maior a experiência em jogos de computador, menor a ajuda necessária para utilizar a RVI” – verifica-se uma correlação positiva moderada ( $r=0,547$ ) entre a experiência em jogos de computador e a necessidade de ajuda na utilização da RVI. Aceita-se esta hipótese uma vez que o valor-p é igual a 0,066.

Relativamente aos resultados do teste das hipóteses, a análise dos resultados foi realizada no software SPSS. As respostas aos questionários deixadas em branco foram declaradas como “missing values” no SPSS e foram referidas anteriormente como N.S.A. Foi utilizado um grau de confiança de 90% para testar as hipóteses, posto isto, uma hipótese é admitida quando o valor-p é inferior ou igual a 0,10.

As perguntas de investigação feitas no início deste trabalho são agora recuperadas de modo a que, com os dados obtidos se possam tirar algumas conclusões e procurar uma resposta. As perguntas são:

- 1) Em que medida os clientes compreendem o projeto de arquitetura da obra que encomendaram quando o arquiteto o explica com recurso aos instrumentos tradicionais de arquitetura?
- 2) O uso de sistemas de realidade virtual imersiva melhora a compreensão do projeto pelo cliente?

Relativamente à primeira pergunta de investigação obtemos dados curiosos e interessantes de interpretar.

Os resultados dos questionários são elevados sendo as médias das perguntas relativas à satisfação perante os métodos tradicionais (desde a pergunta 8 até à 13) superiores a 6 à exceção da pergunta 13 cuja média é 5,67 o que também é um valor alto e muito próximo do 6. Apesar disto, os dados seguintes, relativos às perguntas que comparam os métodos tradicionais com a RVI (desde a pergunta 25 até à 30) apresentam em todas as perguntas valores médios superiores a 6, à exceção da pergunta 27 cujo valor é 5,83 sendo este também muito próximo do 6.

Estes dados levam à conclusão de que os dados das respostas relativas aos métodos tradicionais podem estar enviesados. Isto poderá dever-se a algumas pessoas estarem familiarizadas com o projeto em si, nomeadamente as que estão envolvidas no desenvolvimento do projeto, mas em relação às pessoas sem experiência, estes resultados podem dever-se a diversos fatores. Alguns desses fatores podem ser querer mostrar que conseguem entender estes métodos para não se sentirem “inferiores” ou com menos capacidades, querer agradecer ou contentar a pessoa que realiza o estudo achando que estas respostas ajudam, ou não ter noção do que realmente perceberam do projeto até à comparação com a RVI.

Deste modo, ao analisar apenas os dados das perguntas 8 a 13 é sugerido que os participantes conseguem compreender bem o projeto através dos métodos tradicionais, mas ao analisar os dados das perguntas 25 a 30 e os comentários feitos durante a experiência de RVI chega-se à conclusão de que afinal os participantes não perceberam o projeto como os primeiros dados davam a entender.

No que diz respeito à segunda pergunta de investigação, como já foi referido na hipótese principal e na análise da pergunta anterior, os dados demonstram que os utilizadores compreenderam melhor o projeto quando o visualizaram com recurso à RVI.

Segundo os questionários, os participantes, após experimentarem a RVI conseguiram perceber melhor vários aspetos tais como de que forma a exposição do centro vai funcionar, as dimensões dos compartimentos e as ligações entre compartimentos, assim como conseguiram mais facilmente descrever o projeto comparativamente com a facilidade que tinham apenas com a apresentação através de métodos tradicionais.

Uma possível razão que leva a este resultado também já foi referida na análise à hipótese principal que é o dos desenhos serem realizados com bases em códigos de representação próprios da área de arquitetura e por isso desconhecidos para os leigos.





## Considerações finais **5**

## 5 Considerações finais

Este trabalho surge com a problemática de os arquitetos transmitirem a clientes e à população em geral os seus projetos com recurso aos métodos tradicionais, nomeadamente desenhos técnicos, maquetas e renders, e estes serem de difícil leitura para leigos. Esta situação causa ideias erradas fazendo com que os clientes não tenham a noção correta do projeto até este estar concluído.

A RVI está a imergir cada vez mais no mundo da arquitetura sendo um novo processo de mostrar e discutir projetos quer seja em reunião com colegas quer seja com clientes ou a população em geral. Esta nova ferramenta providencia uma imersão e interatividade no projeto nunca conseguida a não ser em maquetas à escala real ou no projeto já construído. Isto facilita não só a comunicação com clientes como também todo o processo de desenvolvimento do projeto permitindo visualizar o que se projeta à medida que se vai avançando.

Os métodos tradicionais não são algo obsoleto e seguramente vão e devem continuar a ser utilizados, mas, devido à dificuldade de leitura de alguns destes métodos, a RVI atua como complemento e permite facilitar a perceção do projeto através de uma experiência que pretende ser intuitiva, interativa e de exploração. Assim, a RVI não pretende nem deve substituir os métodos tradicionais, mas sim, ser um auxílio e mais valia que visa facilitar a comunicação do projeto de arquitetura.

Durante este trabalho foi feita uma pesquisa que visava conhecer os instrumentos de representação em arquitetura, entre eles a realidade virtual imersiva, assim como compreender melhor como funciona a perceção do espaço nos seres humanos. Isto permite ter um maior conhecimento e consequentemente uma maior capacidade para analisar e interpretar os dados recolhidos através dos questionários.

Foi realizada uma experiência e foram distribuídos questionários através dos quais foi possível comparar a compreensão de um projeto através dos métodos tradicionais de representação em arquitetura com a compreensão através da utilização da RVI e ver com qual método é mais fácil perceber um projeto assim como as mais valias de cada um destes métodos.

A RVI é uma ferramenta intuitiva e, como o próprio nome indica, imersiva que permite uma livre exploração do projeto. Esta ferramenta deu aos participantes da experiência uma maior perceção do

projeto, sendo que praticamente todos gostaram de experimentar e preferiram visualizar o projeto desta forma em comparação com a forma tradicional.

Os modelos utilizados nesta experiência foram modelos simples e completos que mostravam a espacialidade dos projetos e conseguiam representar bem a materialidade e, no caso do centro, a exposição. Este é um tipo de modelo útil e simples que pretende demonstrar o essencial.

Após as experiências e a análise dos resultados comprovou-se a hipótese principal do trabalho (A compreensão do projeto de arquitetura é maior quando os clientes visualizam o projeto através de realidade virtual imersiva em lugar dos processos tradicionais de representação (desenhos técnicos, maquete, renders)) pois os dados mostraram que, de facto, os participantes tiveram uma maior percepção do projeto após utilizarem a RVI. Os participantes, ao utilizar a RVI, estavam mais à vontade para comentar os projetos, pois conseguiam compreender melhor, assim como iam comentado o que estavam a achar da experiência e da utilidade desta nova tecnologia.

Os arquitetos e outras pessoas envolvidas na realização dos projetos também puderam utilizar a RVI e observar os seus projetos através de uma nova perspectiva. Estes aproveitaram para discutir projeto e mostrar o projeto a pessoas de outras áreas, como por exemplo da área de multimédia, que estavam presentes numa das reuniões.

## 5.1 Trabalho futuro

A experiência realizada neste trabalho foi positiva e cumpriu o proposto. Apesar disso, no futuro, poderá fazer-se novas experiências que incidam principalmente na comunicação entre arquitetos ou entre arquitetos e colegas de outras áreas que também tenham um papel no projeto.

- Experimentar a utilizar esta tecnologia durante toda a evolução do projeto tornando possível os arquitetos verem o projeto a avançar e irem comentando e fazendo alterações com a ajuda desta tecnologia.
- Poderá analisar-se também se é prático ver o projeto no início de uma reunião entre várias especialidades e ao longo desta ir-se alterando o modelo virtual para ver como ficou o

resultado no final da mesma, ou se é mais prático apenas ver o projeto e registrar as alterações para alterar o modelo com calma e mostrar apenas na próxima reunião onde se volta a comentar.

Outro aspeto que também se poderá testar é que tipo de apresentação, expressão e pormenorização é melhor dar ao modelo virtual.

- Apenas volumétrica e com cores a representar os materiais.
- Com uma maior pormenorização nos materiais e na luz, mas algo simples.
- Ultrarrealista

Perceber não só qual destes modelos os clientes preferem, mas também qual é o suficiente para dar a conhecer o projeto incluindo a sua materialidade e sensações que transmite. Pois deverá ser necessário estabelecer, no futuro, os parâmetros nos quais a realidade virtual consegue mostrar um modelo realista, mas ainda assim, deixando espaço suficiente para a imaginação (Hermund, Klint and Bundgaard, 2018).

Outro aspeto a testar, ainda dentro do tema do tipo de pormenorização no modelo virtual, é o tempo que cada modelo leva a preparar com estas diferentes características, referenciadas anteriormente, e quais destes tipos de pormenorização são viáveis para investir tendo em conta o esforço e tempo despendido.

Poderá também testar-se um maior nível de interatividade durante a exploração do projeto no modelo virtual que pode favorecer a experiência de RVI. A interação é algo crucial na simulação da arquitetura (Hermund, Klint and Bundgaard, 2018). As representações virtuais, ao serem combinadas com as sensações do corpo humano, são capazes de criar uma boa experiência de perceção (Hermund, Klint and Bundgaard, 2018). Assim, a perceção visual combinada com uma resposta interativa do ambiente virtual, ajuda a gerar uma experiência imersiva assim como uma maior sensação de se estar realmente presente no espaço arquitetónico projetado (Hermund, Klint and Bundgaard, 2018).





**Referências bibliográficas**

**Lista de acrônimos**

**Índices de imagens e de tabelas**

**Anexos**

## 6 Referências bibliográficas

Allen, L. *et al.* (2016) 'The Past , Present and Futures of Drawing Drawing Futures Augmentations Deviated Histories Future Fantasticals Biographies'. Available at: <https://archive.org/details/DrawingFutures>.

Alves, L. *et al.* (2015) 'Multimodal interaction with BIM data in immersive virtual reality', *Proceedings of BIM International Conference (BIC 2015)*, pp. 3–5.

Bielefeld, B. and Skiba, I. (2009) 'Basics Technical Drawing'.

Carreiro, M. B. T. and Pinto, P. da L. (2013) 'The Evolution of Representation in Architecture', pp. 1–10. doi: 10.1162/NECO.

Coroado, L. (2014) 'Arquitetura ou Revolução Learning from the satallite Visualização e Interação'.

Costa, F. (2015) 'O virtual sobre a realidade'.

Dalholm, E. *et al.* (1999) 'The Experience of Space in Full-Scale Models and Virtual Reality', *Proceedings 7th EFA-Conference*, pp. 67–74.

Eloy, S. *et al.* (2016) 'Digital Technologies in Architecture and Engineering: Exploring an Engaged Interaction within Curricula', *Handbook of Research on Applied E-Learning in Engineering and Architecture Education*, (TEM os materiais de VR), pp. 368–402. doi: 10.4018/978-1-4666-8803-2.ch017.

Hermund, A., Klint, L. S. and Bundgaard, T. S. (2018) 'The Perception of Architectural Space in Reality , in Virtual Reality , and through Plan and Section Drawings A case study of the perception of architectural atmosphere', 2(C), pp. 735–744.

Kieferle, J., Wossner, U. and Becker, M. (2006) 'Interactive Simulation of Architecture in Virtual Environments', *24th eCAADe Conference Proceeding*, pp. 52–57.

Miguel, J. R. M. (2014) 'Arquitetura ou Revolução Learning from the satallite Realidade Aumentada Aplicada ao Processo de Projeto de Arquitetura', p. 144.

Mizell, D. W. *et al.* (2001) 'Comparing Immersive Virtual Reality with Other Display Modes for Visualizing Complex 3D Geometry', pp. 1–7. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.99.5391&rep=rep1&type=pdf>.

Netto, A. V., Santos, L. DOS and Oliveira, M. C. F. DE (2002) 'Realidade Virtual: Definições, Dispositivos e Aplicações', *Revista Eletrônica de Iniciação Científica da SBC*, (March 2002), pp. 1–33.

Papadopoulos, C. *et al.* (2015) 'The Reality Deck - Immersive Gigapixel Display', 35(1), pp. 1–11. doi: 10.1109/MCG.2014.80.

Pinon, H. (2008) 'Representación gráfica del edificio y construcción visual de la arquitectura', p. 3. Available at: [http://helio-pinon.org/escritos\\_y\\_conferencias/det-representacion\\_grafica\\_del\\_edificio\\_y\\_construccion\\_visual\\_de\\_la\\_arquitectura\\_i58438](http://helio-pinon.org/escritos_y_conferencias/det-representacion_grafica_del_edificio_y_construccion_visual_de_la_arquitectura_i58438).

Witmer, B. G. and Singer, M. J. (1998) 'Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire', *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), pp. 225–240. doi: 10.1162/105474698565686.

## 7 Lista de Acrónimos

3D - a 3 Dimensões;

AV - Ambiente Virtual;

AVI - Ambiente Virtual Imersivo;

BIM - Building Information Modeling;

BOOM - Binocular Omni-oriented Monitor;

CAD - computer aided design (Desenho Assistido por computador)

CAVE - CAVE Automatic Virtual Environment;

HMD - Head-Mounted Display;

N.S.A. - Não se aplica;

P – Pergunta;

PFA - Projeto Final de Arquitetura;

R. R. - Resultado Retirado;

RV - Realidade Virtual;

## 8 Índice

### 8.1 Índice de figuras

<i>Figura 1</i> Esboço de Álvaro Siza, da Casa António Carlos Siza. Fonte: <a href="http://gulgulbenkian.pt/biblioteca-artearquivo-alvaro-siza">httpsgulgulbenkian.pt/biblioteca-artearquivo-alvaro-siza</a>	60
<i>Figura 2</i> Fotomontagem dos Superstudio. Retirado de <a href="https://www.maxxi.art/en/superstudio/">https://www.maxxi.art/en/superstudio/</a>	62
<i>Figura 3</i> Princípio de como fazer uma planta. Imagem de (Bielefeld & Skiba, 2009, p. 8)	65
<i>Figura 4</i> Exemplo de uma planta. Imagem de (Bielefeld & Skiba, 2009, p. 34)	66
<i>Figura 5</i> Princípio de como fazer uma alçada. Imagem de (Bielefeld & Skiba, 2009, p. 11)	68
<i>Figura 6</i> Exemplo de um alçado. Imagem de (Bielefeld & Skiba, 2009, p. 36)	69
<i>Figura 7</i> Princípio de como fazer um corte. Imagem de (Bielefeld & Skiba, 2009, p. 12)	71
<i>Figura 8</i> Exemplo de um corte. Imagem de (Bielefeld & Skiba, 2009, p. 35)	72
<i>Figura 9</i> Diferentes perspectivas paralelas. Imagem de (Bielefeld & Skiba, 2009, p. 13)	73
<i>Figura 10</i> Maqueta virtual. Retirado de <a href="https://www.architectmagazine.com/technology/the-technology-to-master-in-architecture-in-2017_o">https://www.architectmagazine.com/technology/the-technology-to-master-in-architecture-in-2017_o</a>	77
<i>Figura 11</i> Sensorama. Retirado de <a href="https://realitevirtuelleprojet.wordpress.com/histoire/le-commencement-2/80">https://realitevirtuelleprojet.wordpress.com/histoire/le-commencement-2/80</a>	80
<i>Figura 12</i> Datagloves. Retirado de <a href="https://realitevirtuelleprojet.wordpress.com/histoire/avancees-fulgurantes/">https://realitevirtuelleprojet.wordpress.com/histoire/avancees-fulgurantes/</a>	81
<i>Figura 13</i> BOOM (Binocular Omni Orientation Monitor). Retirado de <a href="https://realitevirtuelleprojet.wordpress.com/histoire/dernieres-inventions/">https://realitevirtuelleprojet.wordpress.com/histoire/dernieres-inventions/</a>	83
<i>Figura 14</i> HMD (Head Mounted Display), Oculus Rift. Retirado de <a href="https://realitevirtuelleprojet.wordpress.com/jeux-video/">https://realitevirtuelleprojet.wordpress.com/jeux-video/</a>	84
<i>Figura 15</i> Visão dos Oculus. Retirado de <a href="https://realitevirtuelleprojet.wordpress.com/principe/">https://realitevirtuelleprojet.wordpress.com/principe/</a>	85
<i>Figura 16</i> Reality Deck - "Synthetic, to-scale, view of the immersive gigapixel Reality Deck facility displaying a geometric model of «future» New York City (approximately 40 million triangles with hundreds of materials)." Imagem de (Papadopoulos et al., 2015, p.2)	86
<i>Figura 17</i> Esquema de uma CAVE com o posicionamento dos projetores atrás das telas. Imagem de (Netto, 2002, p.10)	88
<i>Figura 18</i> Cubo desenhado em duas dimensões. Imagem de (Arnheim, 2002, p.255).	94

<i>Figura 19</i> Momento durante a apresentação do projeto Habitação com recurso aos métodos tradicionais, neste caso uma maquete.	107
<i>Figura 20</i> Momento durante a apresentação do projeto Habitação com recurso à realidade virtual imersiva.	108
<i>Figura 21</i> Momento durante a apresentação do projeto CINERGIA, participante a preencher questionário.	112
<i>Figura 22</i> Momento durante a apresentação do projeto CINERGIA, participante a visualizar o projeto com recurso à realidade virtual imersiva.	113
<i>Figura 23</i> Imagem do modelo da habitação retirada do Unity.	168
<i>Figura 24</i> Imagem do modelo da habitação retirada do Unity.	169
<i>Figura 25</i> Imagem do modelo da habitação retirada do Unity.	170
<i>Figura 26</i> Imagem do modelo da habitação retirada do Unity.	171
<i>Figura 27</i> Fotografia do preenchimento dos questionários do projeto da habitação.	172
<i>Figura 28</i> Fotografia de um dos métodos tradicionais utilizadas na apresentação do projeto da habitação.	173
<i>Figura 29</i> Utilização da RVI no projeto da habitação.	174
<i>Figura 30</i> Utilização da RVI no projeto da habitação.	175
<i>Figura 31</i> Imagem do modelo do centro CINERGIA retirada do Unity.	176
<i>Figura 32</i> Imagem do modelo do centro CINERGIA retirada do Unity.	177
<i>Figura 33</i> Imagem do modelo do centro CINERGIA retirada do Unity.	178
<i>Figura 34</i> Imagem do modelo do centro CINERGIA retirada do Unity.	179
<i>Figura 35</i> Utilização da RVI no projeto do centro CINERGIA.	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
<i>Figura 36</i> Fotografia de Sara Eloy. Preenchimento do questionário do projeto CINERGIA.	181
<i>Figura 37</i> Utilização da RVI no projeto do centro CINERGIA.	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
<i>Figura 38</i> Utilização da RVI no projeto do centro CINERGIA.	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
<i>Figura 39</i> Utilização da RVI no projeto do centro CINERGIA.	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
<i>Figura 40</i> Utilização da RVI no projeto do centro CINERGIA. Discussão de projeto.	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
<i>Figura 41</i> Utilização da RVI no projeto do centro CINERGIA. Discussão de projeto com a arquiteta Celia Fulcher.	185

## 8.2 Índice de tabelas

Tabela 1 Resultados das respostas dos participantes com informação relativa ao “Primeiro questionário (dados básicos)”.	116
Tabela 2 Resultados das respostas dos participantes com informação relativa ao “Segundo questionário (método tradicional)”.	119
Tabela 3 Resultados das respostas dos participantes com informação relativa ao “Terceiro questionário (após apresentação em R.V.I.)” na subcategoria “Questionário Presença – SUS”.	122
Tabela 4 Resultado das respostas dos participantes com informação relativa ao “Terceiro questionário(após apresentação em R.V.I.)” na subcategoria “Questionário Presença – W&S”.	124
Tabela 5 Resultado das respostas dos participantes com informação relativa ao “Terceiro questionário (após apresentação em R.V.I.)” na subcategoria “Percepção”.	126

## 9 Anexos

Questionários, Fotografias e imagens.

### *Anexo A - Termo de Consentimento informado*

#### **Início do estudo**

**Nome do Estudo:** Compreensão do projeto de arquitetura por não especialistas: um estudo comparativo usando realidade virtual imersiva

**Investigadores Responsáveis:** Flávio Serpa

#### **TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO**

##### **Objetivo do Estudo**

O objetivo deste estudo é testar a percepção do espaço arquitetónico através do uso de Realidade Virtual Imersiva.

##### **Condições do Estudo**

O tempo previsto de duração do estudo é de cerca de 30 minutos. A sua participação representa um importante contributo, não só para o estudo em curso, mas também para o desenvolvimento do conhecimento na área da Arquitetura. Ao participar, terá a oportunidade de experimentar equipamentos e tecnologias associadas à Realidade Virtual, que não são de uso comum. A utilização

deste tipo de equipamento é bastante fácil e não coloca qualquer problema para a sua saúde. Vai estar sempre alguém presente em toda a experiência.

### **Voluntariado**

Este sistema tem um carácter voluntário. O participante tem a possibilidade, por motivos éticos, de negar a participação ou de se retirar do estudo, a qualquer momento, sempre que assim o entender

### **Confidencialidade, Privacidade e Anonimato**

De acordo com as normas da Comissão de Proteção de Dados, os dados recolhidos são anónimos e a sua eventual publicação só poderá ter lugar em Revistas da especialidade.

Tendo tomado conhecimento sobre a informação disponível do estudo, declaro aceitar participar.

\_\_\_/\_\_\_/2018

---

Anexo B - Questionário utilizado no atelier Correia Monteiro

**Primeiro questionário (dados básicos)**

**Responda às questões seguintes: (marque com um x a sua resposta)**

1. Qual a experiência que tenho de visualização de edifícios através de desenhos técnicos (plantas corte e alçado), maquetas e renders?

<b>Muito Pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

2. Qual a experiência que tenho de uso de **ambientes virtuais**?

<b>Muito Pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

3. Qual a experiência que tenho de uso de **jogos** de computador?

<b>Muito Pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

4. Qual a experiência que tenho de uso de **ambientes virtuais imersivos** (aqueles ambientes virtuais em que nos sentimos presentes neles como se se tratasse da vida real)?

<b>Muito Pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

5. Qual a minha faixa etária

<b>1-10</b>	<b>11-20</b>	<b>21-30</b>	<b>31-40</b>	<b>41-50</b>	<b>51-60</b>	<b>+de61</b>
1	2	3	4	5	6	7

6. Qual a minha profissão

---

**Questionário início da apresentação (após 1ª apresentação projeto)**

**Responda às questões seguintes: (marque com um x a sua resposta)**

7. A explicação que me foi dada da casa foi **suficiente para eu perceber** toda a sua espacialidade

<b>Discordo totalmente</b>						<b>Concordo totalmente</b>
1	2	3	4	5	6	7

8. **Compreendi as dimensões** dos compartimentos

<b>Discordo totalmente</b>						<b>Concordo totalmente</b>
1	2	3	4	5	6	7

9. **Compreendi as ligações** entre compartimentos

<b>Discordo totalmente</b>						<b>Concordo totalmente</b>
1	2	3	4	5	6	7

10. Consigo **descrever a casa** se tal me for pedido

<b>Discordo totalmente</b>						<b>Concordo totalmente</b>
1	2	3	4	5	6	7

11. Percebi a **dimensão vertical** da casa? (e.g. altura dos tetos, relação entre pisos, etc)

<b>Não tenho noção</b>						<b>Tenho uma boa noção</b>
1	2	3	4	5	6	7

12. Sobre que aspetos do projeto gostaria de visualizar mais nesta fase?

---

**Questionário final (após apresentação realidade virtual imersiva)**

**Responda às questões seguintes: (marque com um x a sua resposta)**

**QUESTIONÁRIO PRESENÇA - SUS**

13. O quão **real** lhe pareceu o mundo virtual?

<b>Não real</b>						<b>Muito real</b>
1	2	3	4	5	6	7

14. Até que ponto houve vezes em que sentiu que o mundo virtual passou a ser **“realidade”** para si, e quase se esqueceu do **mundo real** lá fora?

<b>Em nenhuma altura</b>						<b>Quase o tempo todo</b>
1	2	3	4	5	6	7

15. O mundo virtual pareceu mais como **algo que vi**, ou um **lugar que visitei**?

<b>Algo que vi</b>						<b>Um lugar que visitei</b>
1	2	3	4	5	6	7

**QUESTIONÁRIO PRESENÇA - W&S**

16. Em que medida consegui controlar os eventos?

<b>Muito pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

17. Em que medida foi responsivo foi o ambiente às suas ações?

<b>Muito pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

18. Em que medida foram envolventes os aspetos visuais do ambiente virtual?

<b>Muito pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

19. Em que medida foram naturais os mecanismos de navegação no mundo virtual (teclado)?

<b>Muito pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

20. Em que medida foi consistente a experiência no mundo virtual com as experiências no mundo real?

<b>Muito pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

21. Com que velocidade me consegui adaptar à experiência de realidade virtual?

<b>Muito lento</b>			<b>Médio</b>			<b>Muito rápido</b>
1	2	3	4	5	6	7

## PERCEÇÃO

22. A casa **pareceu-me mais real** quando naveguei no modelo virtual comparativamente ao que me foi apresentado antes (marque com um “X” o número que corresponde à sua resposta)

<b>Discordo totalmente</b>						<b>Concordo totalmente</b>
1	2	3	4	5	6	7

23. **Compreendi melhor as dimensões dos compartimentos** quando visualizei a casa no modelo virtual comparativamente ao que me foi apresentado antes (marque com um “X” o número que corresponde à sua resposta)

<b>Discordo totalmente</b>						<b>Concordo totalmente</b>
1	2	3	4	5	6	7

24. **Compreendi melhor as ligações entre compartimentos** quando visualizei a casa no modelo virtual comparativamente ao que me foi apresentado antes (marque com um “X” o número que corresponde à sua resposta)

<b>Discordo totalmente</b>						<b>Concordo totalmente</b>
1	2	3	4	5	6	7

25. **Agrada-me a possibilidade de passear livremente** no modelo de realidade virtual imersiva (marque com um “X” o número que corresponde à sua resposta)

<b>Discordo totalmente</b>							<b>Concordo totalmente</b>
1	2	3	4	5	6	7	

26. Em qual dos métodos de demonstração me senti **mais atraído(a) pela casa** (marque com um “X” o número que corresponde à sua resposta)

<b>No 1º método</b>							<b>No 2º método (Realidade Virtual Imersiva)</b>
1	2	3	4	5	6	7	

27. Após a visualização da casa em realidade virtual **qual a facilidade que tenho em descrevê-la** comparativamente ao que tinha antes? (marque com um “X” o número que corresponde à sua resposta)

<b>Menos fácil agora</b>							<b>Mais fácil agora</b>
1	2	3	4	5	6	7	

28. Que aspetos do projeto consegui perceber com os Oculus de Realidade Virtual que não tinha percebido antes?

---

29. Sobre que aspetos do projeto gostaria de visualizar mais nesta fase?

---

## Anexo C - Questionário utilizado na Adene

### Primeiro questionário (dados básicos)

Responda às questões seguintes: (marque com um x a sua resposta)

1. Experiência com **ferramentas tradicionais** de representação de arquitetura (Desenhos técnicos, maquetas e reders)

<b>Muito Pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

2. Experiência de utilização de **programas BIM** (Sketchup, revit...)

<b>Muito Pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

3. Experiência em **ambientes virtuais**

<b>Muito Pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

4. Experiência com **jogos**

<b>Muito Pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

5. Experiência em **ambientes virtuais imersivos**

<b>Muito Pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

6. Faixa etária

<b>1-10</b>	<b>11-20</b>	<b>21-30</b>	<b>31-40</b>	<b>41-50</b>	<b>51-60</b>	<b>+ de 61</b>
1	2	3	4	5	6	7

7. Profissão

---

**Questionário do início da apresentação (após 1ª apresentação do projeto)**

**Responda às questões seguintes: (marque com um x a sua resposta)**

8. A explicação que me foi dada do centro foi **suficiente para eu perceber** toda a sua espacialidade

<b>Discordo totalmente</b>						<b>Concordo totalmente</b>
1	2	3	4	5	6	7

9. **Compreendi as dimensões** dos compartimentos

<b>Discordo totalmente</b>						<b>Concordo totalmente</b>
1	2	3	4	5	6	7

10. **Compreendi as ligações** entre compartimentos

<b>Discordo totalmente</b>						<b>Concordo totalmente</b>
1	2	3	4	5	6	7

11. **Compreendi como a exposição** do centro vai funcionar

<b>Discordo totalmente</b>						<b>Concordo totalmente</b>
1	2	3	4	5	6	7

12. Consigo **descrever o centro** se tal me for pedido

<b>Discordo totalmente</b>						<b>Concordo totalmente</b>
1	2	3	4	5	6	7

13. Percebi a **dimensão vertical** do centro? (e.g. altura dos tetos, etc)

<b>Não tenho noção</b>						<b>Tenho uma boa noção</b>
1	2	3	4	5	6	7

14. Sobre que aspetos do projeto gostaria de visualizar mais nesta fase?

---

**Questionário final (após a apresentação em realidade virtual imersiva)**

**Responda às questões seguintes: (marque com um x a sua resposta)**

**QUESTIONÁRIO PRESENÇA - SUS**

15. O quão **real** lhe pareceu o mundo virtual?

<b>Não real</b>						<b>Muito real</b>
1	2	3	4	5	6	7

16. Até que ponto houve vezes em que sentiu que o mundo virtual passou a ser **“realidade”** para si, e quase se esqueceu do **mundo real** lá fora?

<b>Em nenhuma altura</b>						<b>Quase o tempo todo</b>
1	2	3	4	5	6	7

17. O mundo virtual pareceu mais como **algo que vi**, ou um **lugar que visitei**?

<b>Algo que vi</b>						<b>Um lugar que visitei</b>
1	2	3	4	5	6	7

**QUESTIONÁRIO PRESENÇA - W&S**

18. Em que medida consegui controlar os eventos?

<b>Muito pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

19. Em que medida foi responsivo o ambiente às suas ações?

<b>Muito pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

20. Em que medida foram envolventes os aspetos visuais do ambiente virtual?

<b>Muito pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

21. Em que medida foram naturais os mecanismos de navegação no mundo virtual (teclado)?

<b>Muito pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

22. Em que medida foi consistente a experiência no mundo virtual com as experiências no mundo real?

<b>Muito pouco</b>			<b>Razoável</b>			<b>Bastante</b>
1	2	3	4	5	6	7

23. Com que velocidade me consegui adaptar à experiência de realidade virtual?

<b>Muito lento</b>			<b>Médio</b>			<b>Muito rápido</b>
1	2	3	4	5	6	7

## PERCEÇÃO

24. O centro **pareceu-me mais real** quando naveguei no modelo virtual comparativamente ao que me foi apresentado antes.

<b>Discordo totalmente</b>						<b>Concordo totalmente</b>
1	2	3	4	5	6	7

25. **Compreendi melhor como a exposição do centro vai funcionar** quando visualizei o centro no modelo virtual comparativamente ao que me foi apresentado antes.

<b>Discordo totalmente</b>						<b>Concordo totalmente</b>
1	2	3	4	5	6	7

26. **Compreendi melhor as dimensões dos compartimentos** quando visualizei o centro no modelo virtual comparativamente ao que me foi apresentado antes.

<b>Discordo totalmente</b>						<b>Concordo totalmente</b>
1	2	3	4	5	6	7

27. **Compreendi melhor as ligações entre compartimentos** quando visualizei o centro no modelo virtual comparativamente ao que me foi apresentado antes.

<b>Discordo totalmente</b>						<b>Concordo totalmente</b>
1	2	3	4	5	6	7

28. **Agrada-me a possibilidade de passear livremente** no modelo de realidade virtual imersiva.

<b>Discordo totalmente</b>						<b>Concordo totalmente</b>
1	2	3	4	5	6	7

29. Em qual dos métodos de demonstração me senti **mais atraído(a) pelo centro**.

<b>No 1º método</b>						<b>No 2º método (Realidade Virtual Imersiva)</b>
1	2	3	4	5	6	7

30. Após a visualização do centro em realidade virtual **qual a facilidade que tenho em descrevê-la** comparativamente ao que tinha antes?

<b>Menos fácil agora</b>						<b>Mais fácil agora</b>
1	2	3	4	5	6	7

31. Que aspetos do projeto consegui perceber com os Oculus de Realidade Virtual que não tinha percebido antes?

---

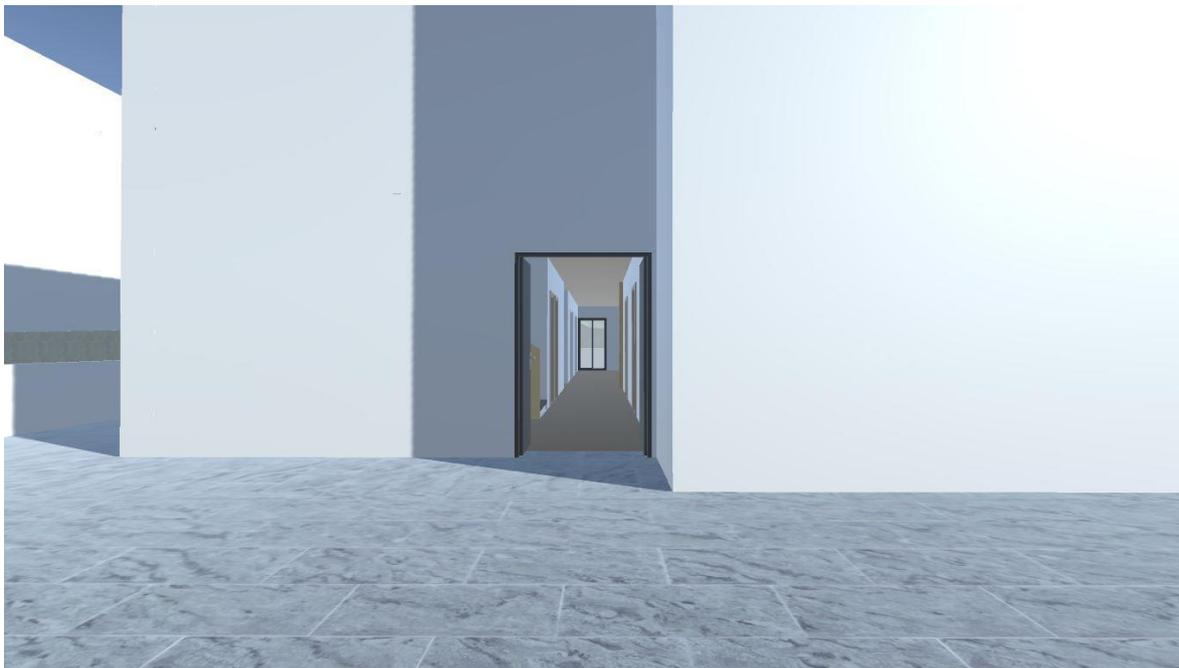
32. Sobre que aspetos do projeto gostaria de visualizar mais nesta fase?

---

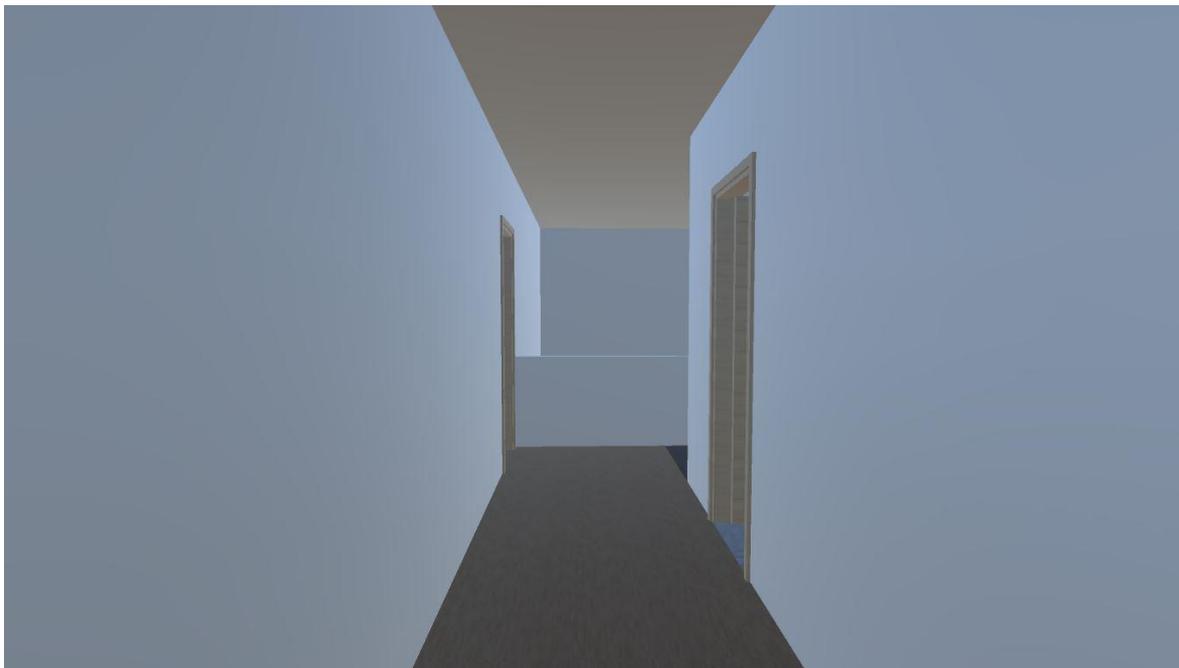
## Anexo D - Imagens e fotografias das experiências



*Figura 23 Imagem do modelo da habitação retirada do Unity.*



*Figura 24 Imagem do modelo da habitação retirada do Unity.*



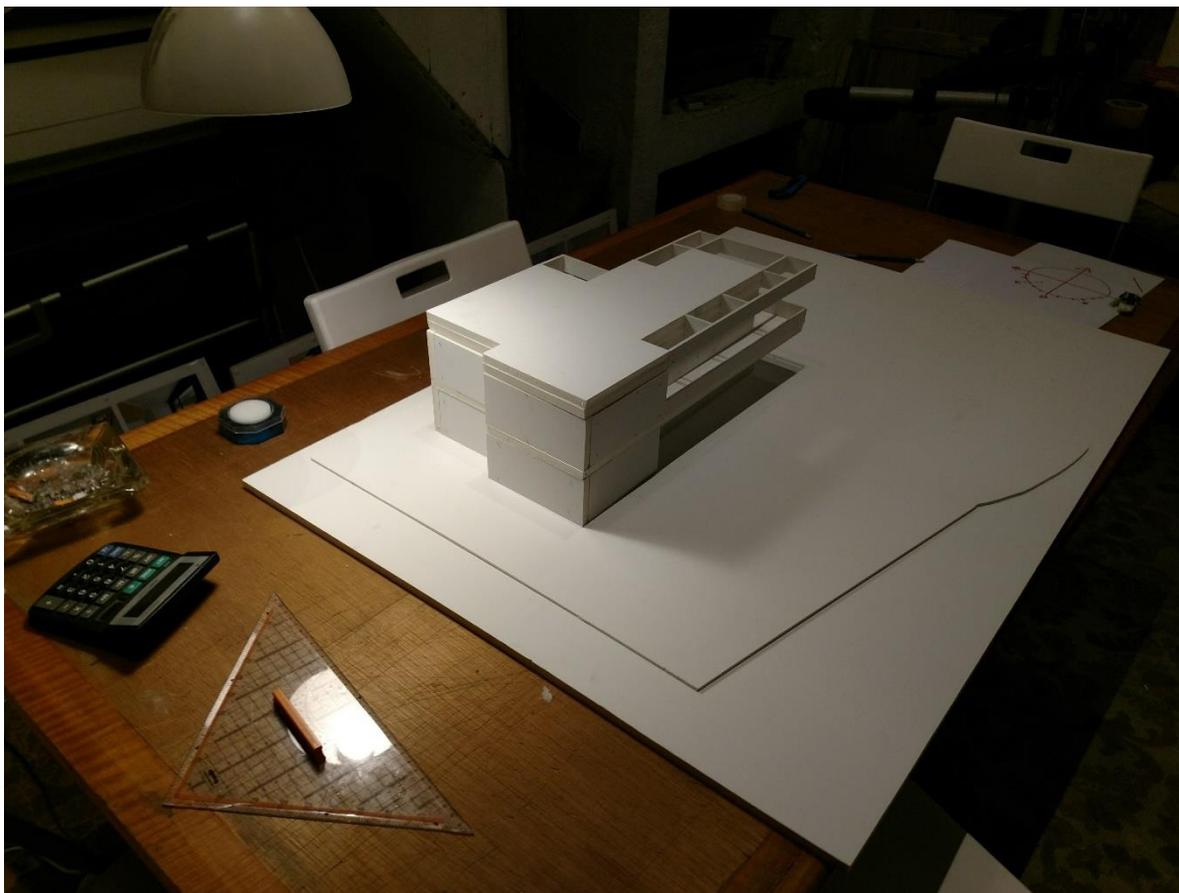
*Figura 25 Imagem do modelo da habitação retirada do Unity.*



*Figura 26 Imagem do modelo da habitação retirada do Unity.*



*Figura 27 Fotografia do preenchimento dos questionários do projeto da habitação.*



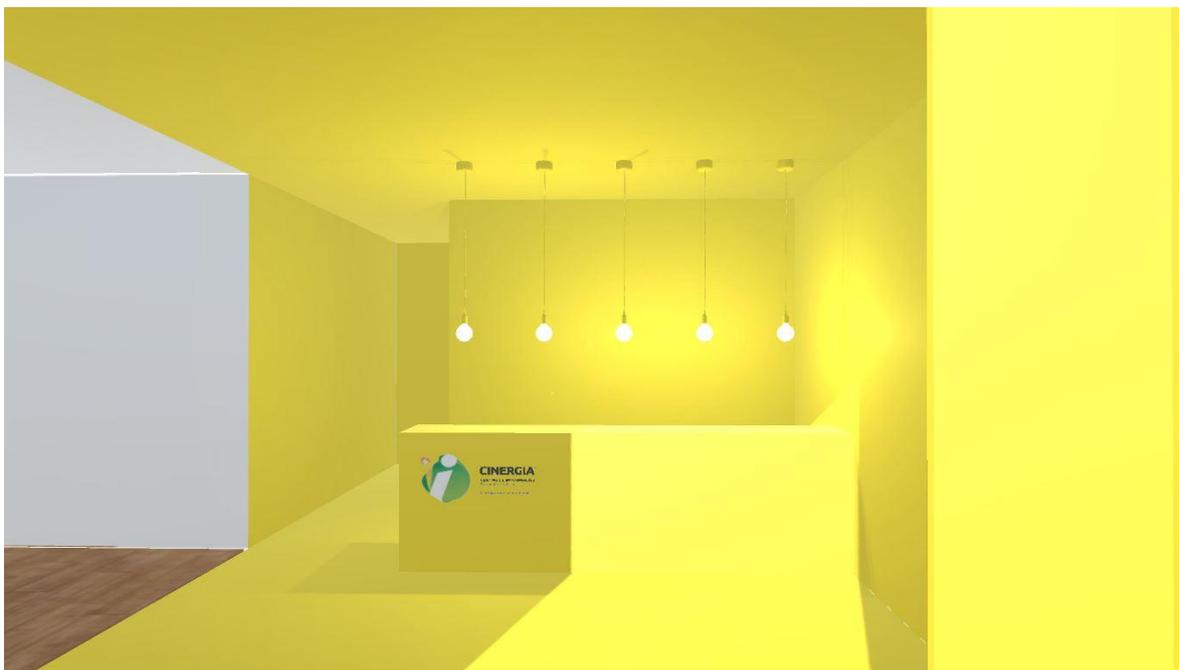
*Figura 28 Fotografia de um dos métodos tradicionais utilizadas na apresentação do projeto da habitação.*



*Figura 29 Utilização da RVI no projeto da habitação.*



*Figura 30 Utilização da RVI no projeto da habitação.*



*Figura 31 Imagem do modelo do centro CINERGIA retirada do Unity.*



Figura 32 Imagem do modelo do centro CINERGIA retirada do Unity.



*Figura 33 Imagem do modelo do centro CINERGIA retirada do Unity.*



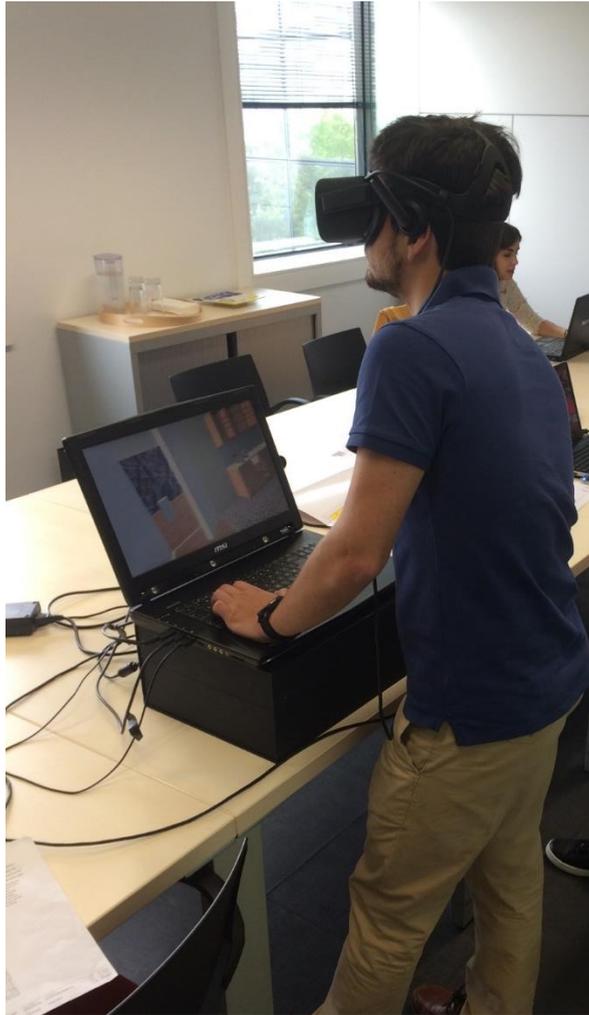
Figura 34 Imagem do modelo do centro CINERGIA retirada do Unity.



*Figura 35 Utilização da RVI no projeto do centro CINERGIA.*



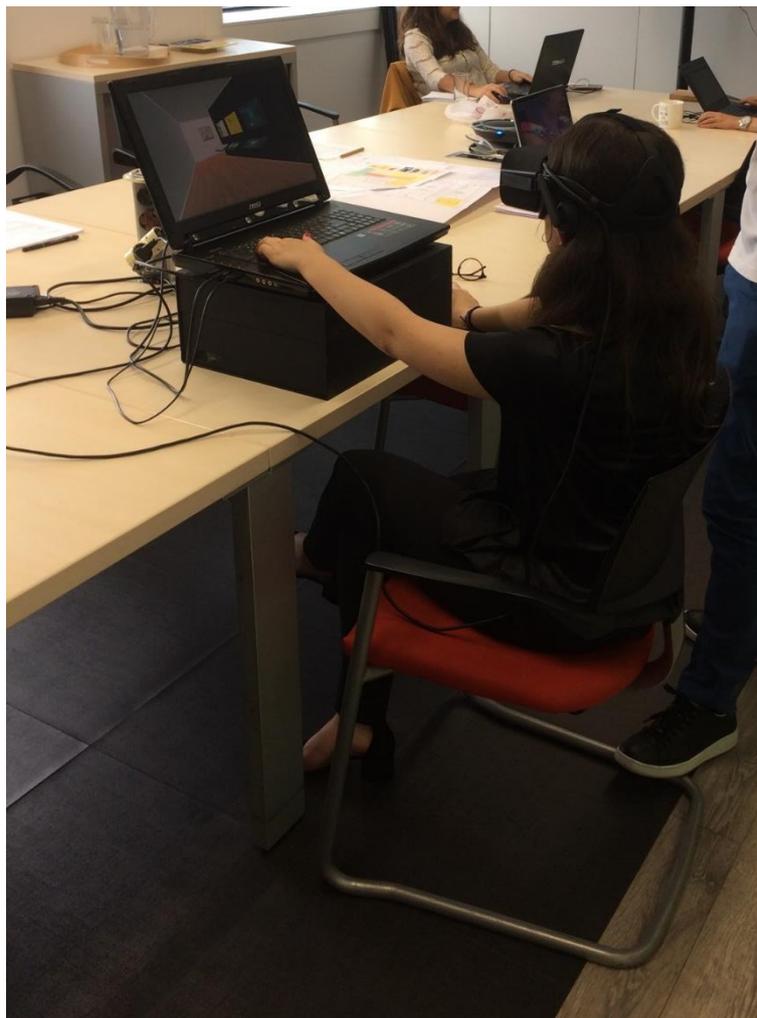
*Figura 36 Fotografia de Sara Eloy. Preenchimento do questionário do projeto CINERGIA.*



*Figura 37 Utilização da RVI no projeto do centro CINERGIA.*



*Figura 38 Utilização da RVI no projeto do centro CINERGIA.*



*Figura 39 Utilização da RVI no projeto do centro CINERGIA.*



*Figura 40 Utilização da RVI no projeto do centro CINERGIA. Discussão de projeto.*



*Figura 41 Utilização da RVI no projeto do centro CINERGIA.  
Discussão de projeto com a arquiteta Celia Fulcher.*