

# **Realidade Virtual como Ferramenta de Arquitectura**

ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa

Milton Barbosa | 2019





**Instituto Universitário de Lisboa**

Escola de Tecnologias e Arquitectura  
Departamento de Arquitectura e Urbanismo  
Mestrado Integrado em Arquitectura

**Projecto Final de Arquitectura 2018 | 2019**

**Milton Durval Afonso Barbosa 53681**

**Vertente Teórica**

**Realidade Virtual como Ferramenta de Arquitectura**

Orientador: Doutor Eng.º José Ricardo Pontes Resende, Prof. Auxiliar do ISCTE-IUL

**Vertente Prática**

**Casa da Cultura de Carcavelos**

Tutor: Doutor Arq.º Pedro Alexandre Aguiar Mendes, Prof. Auxiliar do ISCTE-IUL

Trabalho Prático e Teórico submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Arquitectura.

O presente trabalho não foi escrito ao abrigo do novo acordo ortográfico.

Lisboa | Outubro de 2019



## **Agradecimentos**

Aos meus pais, por todo o apoio, força e motivação para concluir esta etapa.

À Teresa pelo apoio, paciência e por estar sempre presente.

Aos professores e orientadores das vertentes prática e teórica, Pedro Mendes e Ricardo Resende, pelo acompanhamento prestado no desenvolvimento deste trabalho.

Aos ateliers Noz Arquitectura e CR Espassos pela disponibilidade para a realização das entrevistas.



**Aos meus pais.**



# Índice Geral

## Parte I - Vertente teórica

<b>1. Introdução</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Estado de Arte</b> .....	<b>17</b>
<b>3. Realidade virtual na Arquitectura</b> .....	<b>45</b>
<b>4. Uso na Arquitectura Nacional</b> .....	<b>65</b>
<b>5. Resultados e Conclusões</b> .....	<b>77</b>
<b>6. Referências Bibliográficas</b> .....	<b>81</b>
<b>7. Anexos</b> .....	<b>87</b>

## Parte II - Vertente prática

<b>1. Estratégia de Grupo</b> .....	<b>111</b>
<b>2. Proposta Individual</b> .....	<b>123</b>
<b>3. Desenhos Técnicos</b> .....	<b>133</b>



Vertente Teórica

# **Realidade Virtual como Ferramenta de Arquitectura**



## Resumo

A Realidade Virtual destaca-se nos últimos anos abrangendo áreas como o Ensino, a Medicina, a Defesa, o Cinema e a Arquitectura. Os motores de jogos, utilizados para a criação de jogos na área de entretenimento, e as soluções adicionadas aos softwares de modelação (*Addins e Plugins*) surgem como principais ferramentas para criação de ambientes virtuais na área da Arquitectura, facilitando a sua utilização por parte de usuários que não dominam a programação.

Este trabalho investiga a utilização da Realidade Virtual como ferramenta de trabalho em Arquitectura. Pretende enumerar algumas das utilizações, tendo como pergunta base: De que forma a Realidade Virtual, os Motores de Jogos e os *Plugins* podem e são utilizados como ferramenta de produção e comunicação da arquitectura?

Esta dissertação procura investigar, através de inquéritos e entrevistas, como são utilizadas estas ferramentas a nível nacional. Recolhe informação dos arquitectos acerca das dificuldades e mais-valias, em que fases de projecto as utilizam, que tipos de formação obtiveram e que futuro vêm na utilização destas ferramentas.

De acordo com a informação recolhida conclui-se que a RV é uma ferramenta que cada vez mais faz parte integrante do processo de Arquitectura, mas é na apresentação/comunicação que se destaca por permitir uma nova forma de comunicar/visualizar o projecto. Os *Plugins*, em comparação com os motores de jogos, são uma melhor opção por oferecer uma ligação directa com os softwares *BIM* em “tempo real” e por não exigirem conhecimentos de programação.

**Palavras chave:** Arquitectura; Realidade Virtual; Motores de jogos; *Plugins*;

# Abstract

Virtual Reality stands out in recent years covering areas such as Training, Medicine, Defense, Cinema and Architecture. Game engines, used for game creation in the entertainment area, and solutions added to modeling software (Addins and Plugins) are the main tools for creating environments in the architecture area, making it easy for non-programming users to use.

This work investigates the use of Virtual Reality as a work tool in Architecture. It aims to list some of the uses, based on the following question: How Virtual Reality, Game Engines and Plugins can and are used as a production and communication tool of architecture?

This dissertation seeks to find out through surveys and interviews how these tools are used at national level. It collects information from architects about the difficulties and gains, at what stages of the project they use it, the types of training gained, and what future they see in use of these tools.

According to the information gathered, it is concluded that VR is a tool that is increasingly part of the Architecture process, but it is in the presentation / communication that stands out for allowing a new way to communicate / visualize the project. Plugins, compared to game engines, are a better option because they offer a direct connection to “real-time” BIM software and do not require programming skills.

**Keywords:** Architecture; Virtual Reality; Game Engines; Plugins;

# ÍNDICE

Índice de Imagens .....	6
Índice de Tabelas.....	8
Lista de Acrónimos .....	9
<b>1. Introdução</b> .....	<b>11</b>
1.1. Apresentação.....	13
1.2. Objectivos.....	14
1.3. Metodologia .....	14
1.4. Estrutura do Trabalho .....	15
<b>2. Estado da Arte</b> .....	<b>17</b>
2.1. Computador Pessoal .....	19
2.2. Desenho Assistido por Computador .....	20
2.3. Building Information Modeling .....	24
2.4. Realidade Virtual .....	24
2.4.1. Evolução da Realidade Virtual .....	26
2.4.2. Dispositivos .....	35
2.4.3. Aplicações .....	41
<b>3. Realidade Virtual na Arquitectura</b> .....	<b>45</b>
3.1. Do Desenho de Projecto à Realidade Virtual .....	47
3.2. Aplicações da RV no Projecto e Obra .....	48
3.3. Motores de Jogos (Game Engine).....	50
3.4. Principais Plugins .....	55
3.5. Vantagens e Desvantagens.....	60

<b>4. Uso na Arquitectura Nacional</b> .....	65
4.1. Inquérito Informal.....	67
4.2. Entrevistas.....	73
<b>5. Resultados e Conclusões</b> .....	77
<b>6. Referências Bibliográficas</b> .....	81
<b>7. Anexos</b> .....	87
7.1. Anexo A – Inquérito.....	88
7.2. Anexo B – Entrevista Transcrita – NOZ Arquitectura.....	100
7.3. Anexo C – Entrevista Transcrita – CR Espassos .....	105

## Índice de Imagens

Figura 1 – <i>Ivan Sutherland</i> no computador <i>TX-2</i> no <i>MIT Lincoln Laboratory</i> (Ivan Edward Sutherland, 1963, p. 507) .....	21
Figura 2 – Timothy Jonhson desenhando com software CAD (Yares, 2013).....	22
Figura 3 – Desenhos da patente do “ <i>Sensorama Simulator</i> ” (Heilig, 1962).....	27
Figura 4 – Cartaz divulgação do Sensorama (Jacobson, 1994, p. 13) .....	27
Figura 5 – O primeiro HMD “ <i>The Telesphere Mask</i> ” (Heilig, 1960, p. 1).....	28
Figura 6 – HMD com visores CRT (Ivan E Sutherland, 1968, p. 759).....	30
Figura 7 – À esquerda sensor “ <i>The Shower Stall</i> ”; à direita sensor “ <i>The Sword of Damocles</i> ” (Ivan E Sutherland, 1968, p. 760).....	30
Figura 8 – Partes do Sistema Tridimensional ou Reality Engine (Ivan E Sutherland, 1968, p. 758) ....	31
Figura 9 – Perspectiva da “sala” vista de fora exibida por computador (Ivan E Sutherland, 1968, p.	

763) .....	32
Figura 10 – Perspectiva do modelo molecular do Cicloexano exibido por computador (Ivan E Sutherland, 1968, p. 763).....	32
Figura 11 – Piloto usando o capacete “Super Cockpit” (Netto, Machado, & Oliveira, 2002, p. 7).....	33
Figura 12 – Sega VR (“Sega VR,” 1993, p. 93).....	35
Figura 13 – Virtual Boy da Nintendo (Itoi, n.d.) .....	35
Figura 14 – Kit Oculus Touch (Óculos, 2 Comandos Touch e 2 sensores) (“Oculus Rift,” n.d.).....	36
Figura 15 – Kit HTC Vive (Óculos, 2 comandos e 2 sensores) (“VIVE™,” n.d.).....	36
Figura 16 – BOOM (Binocular Omni-Orientation Monitor) (Tori, Kirner, & Siscoutto, 2006, p. 394).....	37
Figura 17 – Comparação som Virtual 3D com som stereo (Tori et al., 2006, p. 48).....	38
Figura 18 – Dispositivo háptico “PHANTOM Omni” (fonte: <a href="https://www.researchgate.net/figure/The-phantom-omni-haptic-device_fig3_290624991">https://www.researchgate.net/figure/The-phantom-omni-haptic-device_fig3_290624991</a> ) .....	39
Figura 19 – Luva “5DT GLOVE” (Rebelo, 1999, p. 32) .....	39
Figura 20 - Fato feminino exosqueleto para RV da Teslasuit (Mikhalchuk, 2019) .....	39
Figura 21 – Tom Zimmerman com a luva que criou (Jacobson, 1994, p. 7) .....	40
Figura 22 – Em cima o protótipo criado em Unreal Engine; Em baixo o carro real (The Economist, 2016) .....	44
Figura 23 – Pong de 1972 (Borries et al., 2007, p. 32) .....	50
Figura 24 – Tetris de 1985 (Borries et al., 2007, p. 52) .....	50
Figura 25 – Wolfenstein 3D de 1992 (Borries et al., 2007, p. 40) .....	50
Figura 26 – Loja de recursos ( <i>Assets</i> ) do <i>Unity</i> (fonte: imagem do autor).....	54
Figura 27 – Loja de recursos ( <i>Assets</i> ) do <i>Unreal Engine</i> (fonte: imagem do autor) .....	54

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Teste de Plugins de Exportação de BIM.....	59
Tabela 2 – Comparação entre BIM, Plugins e Motores de Jogos para o tipo de uso .....	62
Tabela 3 – Experiência com a Realidade Virtual (Inquérito).....	68
Tabela 4 – Número de opiniões em relação à utilização da RV em cada fase de projecto (Inquérito) .	69
Tabela 5 – Utilização motores de jogos (Inquérito) .....	70
Tabela 6 – Plugins de Realidade Virtual para programas BIM (Inquérito).....	71
Tabela 7 – Informação acerca da utilização de Assets (Inquérito) .....	72

## Lista de Acrónimos

**RV** – Realidade Virtual

**ISTAR** – Centro de Investigação em Ciências da Informação, Tecnologias e Arquitectura

**CAD** – Computer-Aided Design ou Desenho Assistido por Computador

**IBM** – International Business Machines Corporation

**GM** – General Motors

**CAM** – Computer-Aided Manufacture

**CNC** – Computer Numeric Control

**CATIA** – Computer-Aided Three-dimensional Interactive Application

**BIM** – Building Information Modeling

**I&D** – Investigação e Desenvolvimento

**HMD** – Head-Mounted Display

**CRT** – Cathodic Ray Tube ou Tubo de Raios Catódicos

**RA** – Realidade Aumentada

**VCASS** – Visually-Coupled Airborne Systems Simulator

**NASA** – National Aeronautics and Space Administration

**VIVED** – Virtual Visual Environment Display

**LCD** – Liquid Crystal Display

**VIEW** – Virtual Interface Environment Workstation

**CAVE** – Cave Automatic Virtual Environment

**BOOM** – Binocular Omni-Orientation Monitor

**ESA** – European Space Agency

**IDE** – Integrated Development Environment

**AEC** – Arquitectura, Engenharia e Construção



# 1. Introdução



## 1.1. Apresentação

A representação em arquitectura é essencial é uma forma do arquitecto compreender e comunicar o seu projecto a terceiros. Antes da evolução do computador, o arquitecto tinha na sua disposição as ferramentas tradicionais feitas à mão, como a maquete, o esquiço e o desenho rigoroso. Com a evolução do computador e dos gráficos interactivos, aparecem novas ferramentas de trabalho (as ferramentas digitais) que complementam as tradicionais auxiliando o arquitecto no processo de trabalho desde a concepção à apresentação/comunicação do projecto: softwares de modelação 2D e 3D (*AutoCAD*, *3DMax*, entre outros), programas *BIM* e a Realidade Virtual, através dos motores de jogos e *Plugins*, serão o foco deste trabalho.

Esta dissertação reflecte o interesse da Realidade Virtual (RV) como ferramenta de trabalho do arquitecto a nível nacional. São investigados os benefícios e a evolução da RV, a possibilidade de ter uma experiência imersiva num ambiente modelado tridimensionalmente como se estivesse no local, a antevisão do projecto ainda sem o mesmo estar construído, detectar e corrigir anomalias de projecto à escala real, e por último os motores de jogos e *Plugins*.

O tema escolhido resultou do interesse do autor pelos jogos e de que forma estas ferramentas são utilizadas no processo de arquitectura. Neste âmbito, houve a possibilidade de explorar o *Unity*, um motor de jogos utilizado no *Centro de Investigação em Ciências da Informação, Tecnologias e Arquitectura (ISTAR-IUL)*.

## 1.2. Objectivos

No tema da Realidade Virtual (RV), pretende-se identificar: as plataformas mais relevantes, como por exemplo o motor de jogos (como o *Unity*, *Unreal Engine* e *Twinmotion*) e os plugins (como o *Revit Live*, *Iris VR Prospect*, *Fuzor*, *Enscape*, entre outros); os dispositivos (*HMD*, *CAVE*, *BOOM*, som 3D, dispositivos hápticos, entre outros) e aplicações em áreas como o Cinema, Medicina, Defesa e Arquitectura.

Elaboram-se inquéritos a ateliers sobre a utilização dos motores de jogos, com o objectivo de perceber a experiência e recolher comentários sobre a sua utilização.

Investigam-se ateliers que utilizam estas ferramentas a fim de conhecer as dificuldades e vantagens e os comentários dos clientes com a sua utilização.

Cruza-se a experiência pessoal com o feedback dos ateliers para descrever as mais e menos-valias da utilização destes programas.

## 1.3. Metodologia

Para a realização deste trabalho, primeiro investigou-se acerca da evolução da tecnologia **com os computadores**, dando relevância aos **gráficos interactivos** com o trabalho de *Ivan Sutherland*, o "*Sketchpad*", que contribuiu para a evolução do computador pessoal e foi impulsionador das ferramentas digitais como o *CAD*, *BIM* e Realidade Virtual. Após a investigação histórica, houve a preocupação em investigar as plataformas mais relevantes, os dispositivos e as aplicações da RV, assim como as vantagens e desvantagens.

De forma a entender a utilização da RV, a nível nacional, foram utilizados inquéritos online a gabinetes de arquitectura e serviços associados que estão a implementar ferramentas de RV. Estes inquéritos tiveram o intuito de perceber se utilizam ou tiveram alguma experiência com ferramentas de Realidade Virtual no processo de arquitectura e que comentários têm a fazer acerca da sua utilização. O inquérito está subdividido em quatro partes: Experiência pessoal na Realidade Virtual; Utilização de Motores de Jogos como ferramenta de arquitectura; Utilização de *Plugins* para visualização e concepção do projecto; Utilização de *Assets* nos projectos de arquitectura.

Após a fase dos inquéritos, foram feitas duas entrevistas de forma a conhecer como trabalham nos gabinetes de arquitectura neste domínio: que ferramentas utilizam; como as utilizam; as dificuldades e mais-valias; a reacção dos clientes ao experimentar a visualização dos projectos de arquitectura numa realidade imersiva.

Por fim cruzam-se as informações obtidas dos inquéritos e entrevistas com a experiência pessoal do autor, seguindo-se os resultados, conclusões e hipóteses de desenvolvimento futuro.

## **1.4. Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho desenvolve-se em sete capítulos, iniciando-se com a apresentação do tema, objectivos e metodologia utilizada nesta investigação.

O Segundo e o Terceiro capítulo correspondem ao estado da arte. O Segundo capítulo aborda a evolução do computador pessoal e das ferramentas digitais como o *CAD* e *BIM* (dando maior foco no *CAD* por ser impulsionador na tecnologia das ferramentas virtuais) e a descrição da Realidade Virtual, referindo os dispositivos utilizados e as áreas em que se aplicam para além do entretenimento.

No Terceiro capítulo desenvolve-se o estudo da utilização da RV como ferramenta de arquitectura, desde a concepção do projecto até à construção do mesmo. Neste mesmo capítulo é feita a descrição dos motores de jogos (principais plataformas utilizadas), *Plugins*, vantagens e desvantagens.

O Quarto capítulo é dedicado ao uso da realidade virtual na arquitectura nacional, tendo por base os inquéritos e entrevistas feitos aos gabinetes de arquitectura, onde são comparadas as experiências dos mesmos na utilização destas tecnologias.

No Quinto capítulo apresentam-se os resultados e conclusões da investigação, assim como as hipóteses de continuidade ao tema em desenvolvimento. O Sexto capítulo é dedicado à referência bibliográfica utilizada no trabalho, concluindo com os anexos.

## **2. Estado da Arte**



## 2.1. Computador Pessoal

A evolução da tecnologia, não é um percurso linear directo, mas sim um conjunto de percursos independentes que ao convergirem, criam algo novo. O computador é um exemplo concreto da junção de ideias e de tecnologias – recorreram das tecnologias do vídeo e do *hardware* existentes – para a criação de uma nova tecnologia, o “*Interface*”, para que este facilitasse a comunicação entre homem-máquina, tanto a especialistas como também a leigos da linguagem de programação.

Em 1950 haviam poucos computadores – estes eram de grandes dimensões e utilizados apenas por especialistas em linguagem de programação, sendo os comandos (*inputs*) dados através de cartões perfurados – e a televisão era uma tecnologia recente. *Douglas Engelbart*, um dos pioneiros que contribuíram para a criação de “computadores pessoais”, teve a ideia de juntar estas duas tecnologias (televisão e computador) defendendo que os computadores podiam e deviam exibir informação em ecrãs visto ser uma tecnologia destinada a programadores e leigos, gerando alguma controvérsia nas mentalidades da época (Rheingold, 1997, pp. 69, 85).

Outro pioneiro foi *J. C. R. Licklider* que escreve em 1960 “*Man-Computer Symbiosis*” prevendo que a ligação de humanos e computadores resultariam numa parceria imbatível a nível de raciocínio, tratamento e processamento de informação, associando o computador como uma “ampliação da mente humana”. Com as ideias destes pioneiros – *Engelbart, Licklider e Sutherland* – e com a “revolução da miniaturização” da década de 60 – os componentes dos computadores passam a ser mais poderosos e pequenos, reduzindo o custo dos mesmos – é que foi possível a criação do computador pessoal (Rheingold, 1997, pp. 80, 81).

As ideias defendidas por *Engelbart* – gráficos interactivos e dispositivos interactivos de visualização – e *Licklider* – o computador ser uma ampliação da mente humana –, impulsionaram

a evolução de *hardware* e *software* (sendo este último desenvolvido por *Ivan Sutherland*) por dar a possibilidade de interagir com gráficos bidimensionais, tridimensionais e RV. Na Realidade Virtual a interacção é feita através de “*Reality Engines*”, um computador que executa tarefas à criação e actualização do mundo virtual.

O computador evoluiu nos anos 60 e 70 por equipas autónomas para uso próprio, construindo e desenvolvendo as bases de hardware e software que permitiu desenvolver a tecnologia da Realidade Virtual adiante descrita.

## 2.2. Desenho Assistido por Computador

O Desenho Assistido por Computador (*Computer-Aided Design* ou *CAD*) é o termo dado a softwares utilizados nas áreas de arquitectura, engenharia e desenho industrial para representar desenhos técnicos e para modelação tridimensional.

Esta ferramenta digital surge em 1963 quando *Ivan Sutherland* apresenta a sua tese de Doutoramento “*Sketchpad: a man-machine graphical communication system*”, onde desenvolve uma interface gráfica designada *Sketchpad* reconhecida como o primeiro sistema *CAD* interactivo, onde o utilizador, com a ajuda de uma caneta digital – “*lightpen*” – desenhava directamente no ecrã. “*O sistema Sketchpad torna possível uma comunicação rápida entre homem e máquina por meio de linhas [...] ao eliminar as instruções digitadas (excepto nas legendas) a favor do desenho de linhas, abre uma nova área de comunicação entre homem-máquina*”<sup>1</sup> (*Ivan Edward Sutherland*, 1963, p. 507).

---

<sup>1</sup> Tradução livre do autor “*The Sketchpad system makes it possible for a man and a computer to converse rapidly through the medium of line drawings [...] by eliminating typed statements (except for legends) in favor of line drawings, opens up a new area of man-machine communication*” (*Ivan Edward Sutherland*, 1963, p. 507).

A interface “*Sketchpad*” é importante na época pois foi a primeira onde era possível a interação homem-máquina em tempo real – o utilizador interagia apontando e desenhando e o computador actualizava o desenho automaticamente – permitindo desta forma haver um “diálogo” entre os dois através de desenhos. Para além de criar uma nova forma de dar um comando, o computador passa a ser utilizado não só para processamento de dados como também permite guardar e modificar os dados na memória. O *Sketchpad* foi executado no computador TX-2 do MIT Lincoln Laboratory [Figura 1], o computador mais avançado à época.



Figura 1 – *Ivan Sutherland* no computador TX-2 no MIT Lincoln Laboratory (Ivan Edward Sutherland, 1963, p. 507)

A dar continuidade ao trabalho de *Sutherland*, *Timothy Johnson* apresenta o “*Sketchpad III*”, uma versão 3D do programa criando a possibilidade de desenhar com objectos sólidos tridimensionais [Figura 2]. Também *Lawrence G. Roberts*, na sua tese de doutoramento, adiciona uma melhoria ao *Sketchpad* permitindo ao programa reconhecer sólidos tridimensionais nas fotografias (*Ivan Edward Sutherland*, 1963, pp. 522, 523).



Figura 2 – Timothy Johnson desenhando com software CAD (Yares, 2013)

Pouco depois do aparecimento do *Sketchpad* a empresa americana *IBM (International Business Machines Corporation)* cria uma ferramenta gráfica para a *GM (General Motors)*, a sigla utilizada para esse programa foi *DAC (Design Augmented by Computer)*, acabando por “dar” o nome a essa área que ficou conhecida como *CAD (Computer-Aided Design)* (Rheingold, 1997, p. 127).

O *CAD* desenvolve-se nas décadas de 70 e 80. Para além de ser uma ferramenta cara, implicava

conhecimento para utilizar a interface. Nos anos 80 é criada a empresa *Autodesk*, com a colaboração do programador *John Walker*, com intuito de desenvolver um programa *CAD* mais acessível, destinado a pequenos gabinetes, que oferecesse uma fracção das funções dos programas que custavam milhares de dólares. Em 1988 a *Autodesk* foi pioneira a aventurar-se no campo da visualização 3D com a apresentação do “*Cyberia Project*” (Rheingold, 1997, pp. 128, 129). A utilização da ferramenta *CAD* teve a sua maior procura a partir da **década de 90 devido à variedade do mesmo a nível monetário e também da evolução do computador pessoal – representação gráfica suficiente, capacidade de cálculo – e sua maior demanda pelo público** em geral.

Actualmente, em todos os ateliers de arquitectura que não transitaram para o *BIM* (descrito adiante), os programas *CAD* são indispensáveis, mas no seu início, o *CAD* gerou desconfiança e muitos arquitectos defendiam “*que o uso de sistemas CAD debilitaria o traço, uma característica forte na expressão gráfica arquitectónica*” (Orcioli, 2010 cit. por Miguel, 2014, p. 139). Apesar das críticas, todos os ateliers apostaram na utilização destas tecnologias digitais. O que era feito de forma artesanal – cortes, alçados, plantas, axonometrias – passa a ser também desenhado num formato digital à escala 1:1, num ficheiro editável, com a vantagem de poder imprimir e replicar os desenhos sempre que necessário. Outra vantagem foi a introdução do modelo tridimensional que, ao contrário da maquete física, permite a visualização do projecto à escala real.

A união dos programas *CAD* (*Computer-Aided Design*), *CAM* (*Computer-Aided Manufacture*) e *CNC* (*Computer Numeric Control*), resultou na fabricação digital, permitiu melhorar as ferramentas digitais e de representação com os ambientes de Realidade Virtual (RV) e com a *CATIA* (*Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Applications*) (Carreiro & Pinto, 2013, p. 29). A tecnologia *CAM* passa a ser mais procurada por arquitectos e estudantes que utilizam a fabricação digital no desenvolvimento de projecto arquitectónico, para criar maquetes de forma económica, com maior rigor e rapidez (Miguel, 2014, p. 141).

## 2.3. Building Information Modeling

*Building Information Modeling* ou *BIM* é um sistema onde é possível gerir toda a informação das especialidades do projecto, da construção e manutenção através de um modelo 3D. As ferramentas *BIM*, para além da componente tridimensional, são uma base de dados que contém toda a informação do projecto, estreitando as relações entre os intervenientes de obter informações do projecto com apenas um modelo tridimensional, desde a escala urbana até ao pormenor do caixilho. Os programas *BIM* permitem uma aproximação entre as fases de planeamento e construção, onde a informação nele disponibilizada é utilizada na fase de construção (Bento & Martinucci, 2018, p. 579).

O facto das ferramentas *BIM* serem paramétricas – os desenhos são alterados e as folhas quantitativas são recalculadas automaticamente sempre que é feita uma alteração no modelo tridimensional – economiza tempo e mão-de-obra nos gabinetes de arquitectura e obtêm maior precisão nos projectos.

## 2.4. Realidade Virtual

Segundo várias definições, a *Realidade Virtual* ou *RV* é um mundo digital criado por um computador, permitindo ao utilizador usufruir de uma experiência imersiva e interactiva num ambiente virtual tridimensional. A palavra “*Ciberespaço*” foi inventada pelo romancista *William Gibson* no seu livro “*Neuromante*” de 1984, que na narrativa era o ambiente virtual. O termo “*Realidade Virtual*”, foi cunhado pelo fundador da *VPL Research Inc.*, *Jaron Lanier* nos anos 80 (Rheingold, 1997, pp. 16, 17).

A *RV* é caracterizada por duas ideias fundamentais: a *Imersão*, criando a ilusão de estar dentro de um cenário gerado por computador; e a *Navegação*, a possibilidade do utilizador poder percorrer

o ambiente virtual livremente (Rheingold, 1997, p. 129). A interação do utilizador no ambiente virtual implica a utilização de tecnologias ópticas como os capacetes de visualização e a *CAVE (Cave Automatic Virtual Environment)*, e tecnologias electrónicas como a luva, o teclado, entre outros, permitindo ao usuário ter a experiência de imersão e navegação na RV. Os monitores oferecem ao utilizador uma experiência não imersiva, porque têm sempre a noção do espaço real envolvente. A imersão implica que o utilizador se sinta inserido no ambiente tridimensional através do *HMD (Head-Mounted Display)* e do som. Quanto maior o realismo do ambiente virtual – Sons, texturas realistas e detecção do movimento em tempo real – melhor é a experiência do utilizador ao navegar na RV.

Em *Chapel Hill*, a utilização da RV influenciou a construção do edifício *Sitterson Hall* com a exploração do modelo no ciberespaço à escala real. Antes do início das obras do edifício, os investigadores que iriam trabalhar no edificado modelaram-no em 3D à escala real para percorrê-lo e ver como seria. A possibilidade de explorar o modelo, antes da sua construção, permitiu a avaliação do edifício sendo detectada a necessidade de modificar a planta do edifício. As primeiras aplicações da RV apresentadas por *Frederick Brooks* foram os “*Walkthrough*” na área de arquitectura, permitindo passear no modelo virtual, e o “acoplamento molecular” na área da medicina (Rheingold, 1997, pp. 32, 46).

A Força Aérea Americana é importante para o desenvolvimento da RV, sendo o maior financiador desta tecnologia por razões de segurança e custo associado ao treino militar. Com os simuladores de voo, o treino do militar é mais barato e seguro e não coloca a vida do soldado em risco. O desenvolvimento dos componentes gráficos e de *hardware*, junto com o financiamento da Força Aérea Americana e os pensamentos inovadores da época contribuíram para que se aprimorasse a tecnologia da Realidade Virtual até aos dias de hoje.

### 2.4.1. Evolução da Realidade Virtual

A RV (Realidade Virtual) existente na actualidade remonta a ideias de pioneiros que desejavam expandir o seu conhecimento de forma a proporcionar experiências únicas à época. No campo da imersão *Fred Waller* foi um dos pioneiros. No final dos anos 30, entendia que o campo de visão dos ecrãs era pequeno e através de experiências com projectores e telas múltiplas desejava expandi-lo ao campo de visão humano (155° na vertical e 185° na horizontal). *Waller* consegue um contracto com a Força Aérea onde constrói um dispositivo de visualização para os primeiros simuladores de voo, utilizando três projectores na base e dois no topo. Após a Segunda Guerra Mundial, leva a ideia a *Hollywood* com algumas alterações: em vez de cinco câmaras e cinco projectores, são utilizadas apenas três. Conseguiu convencer o produtor *Mike Todd* e ambos produziram o filme “*This is Cinerama*”, sendo um sucesso no início dos anos 50 (Rheingold, 1997, pp. 60, 61).

Este filme acabou por despertar em *Morton Heilig* o interesse na “ilusão da realidade”, que consiste em criar a ilusão de estar dentro de um cenário cinematográfico, desenvolvendo o “*Teatro da Experiência*”, uma tabela que continha toda a informação do que era necessário para criar aquela “realidade”. Escreve um manifesto para os estúdios de *Hollywood* e para o governo a apelar a criação de um projecto de *I&D* (Investigação e Desenvolvimento) acerca de: elementos do som, olfacto, visão periférica, vibração e refrigeração. Não obtendo resposta, parte para o México para gravar documentários onde conhece *Siqueros*, um jornalista que se interessa pelas suas ideias. *Siqueros* convida-o a dar palestras a um grupo de intelectuais – arquitectos, engenheiros e pintores – e a publicar as suas ideias no jornal: são estes artigos que despertam o interesse do Ministro da Educação, que o apoia no seu projecto de *I&D*. Com a morte do Ministro num acidente de aviação, perde o financiamento no México e volta para Nova York. Heilig, junto com outro sócio, funda a companhia “*Sensorama*” e cria um protótipo da sua ideia “*Sensorama Simulator*” [Figura 3] e [Figura 4] patenteada em 1962. Levaram

às grandes companhias como a *Ford e International Harvester*, a restaurantes e salas de espetáculos, mas estas não mostraram interesse no simulador (Rheingold, 1997, pp. 64, 65).

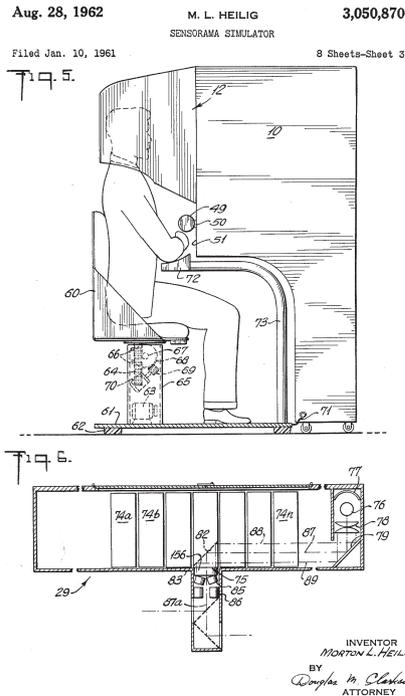


Figura 3 – Desenhos da patente do “*Sensorama Simulator*” (Heilig, 1962)



Figura 4 – Cartaz divulgação do Sensorama (Jacobson, 1994, p. 13)

O simulador consistia numa cabine que permitia ao utilizador uma experiência multissensorial, exposto a uma combinação de sons, vibrações mecânicas, visão tridimensional, aromas e ar. Apesar de não ter sido um sucesso a nível comercial, o que o motivou a criar o simulador foi a convicção de que o cinema devia ser capaz de integrar todos os sentidos de forma eficiente.

Antes do *Sensorama*, Heilig já tinha registado em Outubro de 1960 a sua patente do que foi o primeiro HMD (*Head-Mounted Display*) denominado “*The Telesphere Mask*” [Figura 5], que por falta de financiamento não construiu.

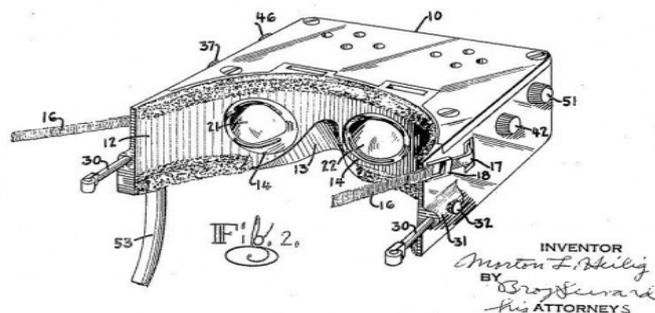


Figura 5 – O primeiro HMD “*The Telesphere Mask*” (Heilig, 1960, p. 1)

*Sutherland*, após ter criado o *Sketchpad*, já pensava na possibilidade de “entrar” dentro dos monitores. Publica o artigo “*The Ultimate Display*” em 1965, onde escreve sobre as possibilidades do uso do monitor e das ferramentas ligadas ao computador que remete para o mundo virtual: “O monitor conectado ao computador dá-nos a chance de familiarizarmos com conceitos não realizáveis no mundo real.”<sup>2</sup> (Ivan E. Sutherland, 1965, p. 506). Refere que o computador consegue detectar a posição de qualquer músculo do corpo, apesar de apenas utilizarem as mãos e os braços, e propõe que os computadores devam detectar os movimentos dos olhos e receber comandos com o olhar:

<sup>2</sup> Tradução livre do autor: “A display connected to a digital computer gives us a chance to gain familiarity with concepts not realizable in the physical world.” (Ivan E. Sutherland, 1965, p. 506).

“Uma experiência interessante será fazer com que o “monitor” dependa de onde olhamos.”<sup>3</sup> (Ivan E. Sutherland, 1965, p. 507). Este excerto do artigo “*The Ultimate Display*” de Sutherland define a sua ideia:

*“The ultimate display would, of course, be a room within which the computer can control the existence of matter. A chair displayed in such a room would be good enough to sit in. Handcuffs displayed in such a room would be confining, and a bullet displayed in such a room would be fatal. With appropriate programming such a display could literally be the Wonderland into which Alice walked.”* (Ivan E. Sutherland, 1965).

Apesar de *Heilig* ter a patente de 1960 do primeiro capacete de visualização, foi *Sutherland* que criou os primeiros *HMD* funcionais, pois teve financiadores que permitiram que começasse, em 1966, as primeiras experiências no *Lincoln Laboratory do MIT*.

Em 1968 *Sutherland* escreve o artigo “*A Head-Mounted Three Dimensional Display*”, onde explica a ideia base do *HMD* que desenvolveu e o funcionamento do mesmo. Na sua primeira versão de *HMD*, a imagem era repetida nos dois ecrãs, um para cada olho, seguindo o princípio da estereoscopia criando a ilusão de tridimensionalidade ao ver duas imagens bidimensionais com centímetros de diferença entre elas. *Sutherland* deparava-se com um problema, como fazer o computador detectar e reconhecer o movimento do olhar do utilizador, pois “*A imagem apresentada pelo dispositivo deve mudar exactamente como faria a imagem do objecto real perante os movimentos da cabeça do utilizador.*”<sup>4</sup> (Ivan E Sutherland, 1968, p. 757). O *HMD* [Figura 6] era conectado ao computador *TX2* (o mesmo utilizado no *Sketchpad*) e as imagens são direccionadas às retinas do utilizador com dois visores *CRT* – *Cathodic Ray Tube* ou visor de Tubo de Raios Catódicos – um para cada olho.

---

<sup>3</sup> Tradução livre do autor: “An interesting experiment will be to make the display presentation depend on where we look.” (Ivan E. Sutherland, 1965, p. 507).

<sup>4</sup> Tradução livre do autor: “The image presented by the three-dimensional display must change in exactly the way that the image of a real object would change for similar motions of the user’s head.” (Ivan E Sutherland, 1968, p. 757).

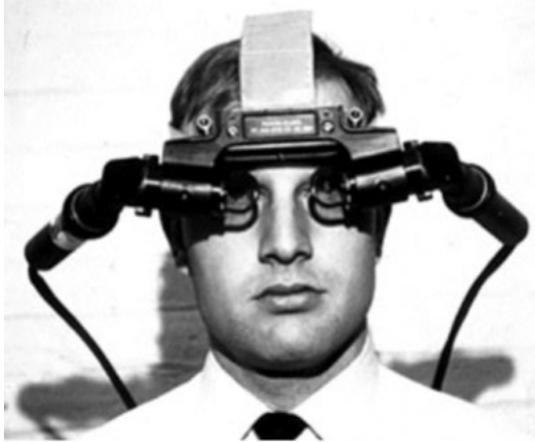


Figura 6 – HMD com visores CRT (Ivan E Sutherland, 1968, p. 759)

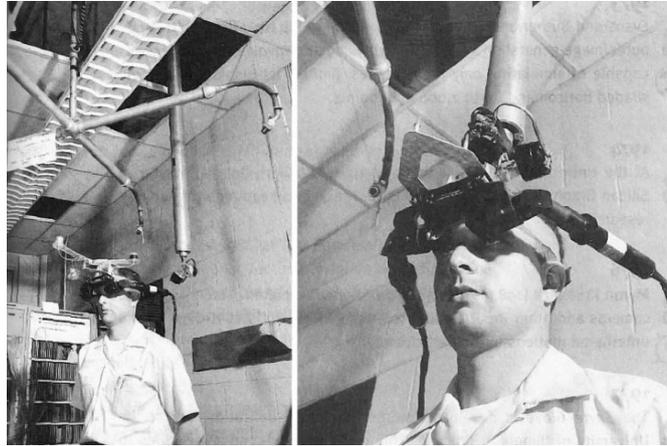


Figura 7 – À esquerda sensor “*The Shower Stall*”; à direita sensor “*The Sword of Damocles*” (Ivan E Sutherland, 1968, p. 760)

A detecção da posição da cabeça foi resolvida com dois sensores: o primeiro “*The Shower Stall*” [Figura 7], um sensor ultra-sónico composto por quatro receptores no tecto e três transmissores no capacete; o segundo “*The Sword of Damocles*” [Figura 7] um sensor mecânico. Os sensores ultra-sónicos dão maior liberdade de movimentação ao utilizador, mas qualquer objecto que esteja entre o transmissor e o receptor interfere com a detecção da posição da cabeça. O sensor mecânico detecta a posição com maior rapidez oferecendo pouco espaço de movimentação.

*“The job of the head position sensor is to measure and report to the computer the position and orientation of the user’s head. The head position sensor should provide the user reasonable freedom of motion.”* (Ivan E Sutherland, 1968, p. 759).

Em 1970 conseguiu o primeiro *Reality Engine* [Figura 8] totalmente funcional composto por seis subsistemas: um *Clipping Divider*; um multiplicador de matizes; um capacete, detector de posição de cabeça e um computador. Para criar os gráficos tridimensionais e manipulá-los em tempo real, sincronizado com os movimentos da cabeça do utilizador, foi criado o “*Clipping Divider*”, um processador importante para o *HMD*: permite ocultar as linhas do mundo virtual que estão atrás ou fora do campo de visão do utilizador; tem a capacidade de transformar uma imagem tridimensional em bidimensional e envia as imagens para os ecrãs nos *HMD*. O “*Matrix Multiplier*” (Multiplicador de Matrizes) tinha a função de calcular os pontos do objecto 3D pela posição da cabeça do utilizador, de forma a mostrar a perspectiva do objecto com mais eficácia (Ivan E Sutherland, 1968, p. 758).

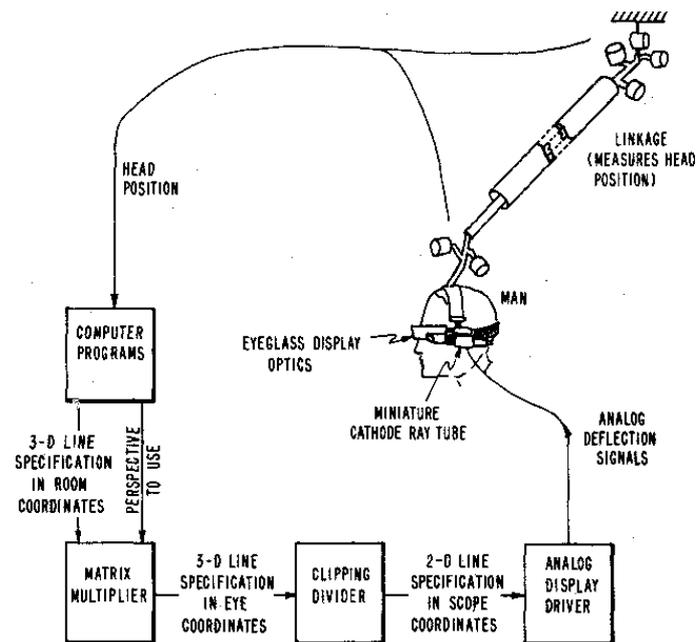


Figura 8 – Partes do Sistema Tridimensional ou *Reality Engine* (Ivan E Sutherland, 1968, p. 758)

O primeiro objecto virtual foi um cubo [Figura 9] e um modelo molecular cicloexano [Figura 10], representados em vista *Wireframe*, ou seja, o objecto tridimensional é exibido apenas em linhas que definem as suas arestas porque, na altura, o computador não conseguia ler o objecto como um sólido opaco, e estavam a resolver o problema com as linhas invisíveis.

*“In order to make truly realistic pictures of solid three-dimensional objects, it is necessary to solve the “hidden line problem.” Although it is easy to compute the perspective positions of all parts of a complex object, it is difficult to compute which portions of one object are hidden by another object ... The only existing real-time solution to the hidden line problem is a very expensive special-purpose computer at NASA Houston which can display only relatively simple objects. We have concluded that showing “opaque” objects with hidden lines removed is beyond our present capability. The three-dimensional objects shown by our equipment are transparent “wire frame” line drawings.” (Ivan E Sutherland, 1968, pp. 757, 758).*

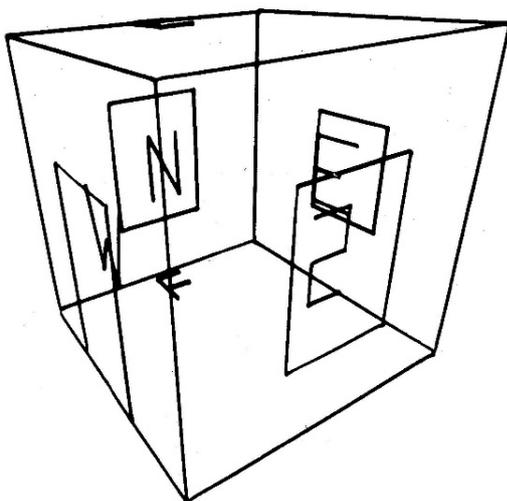


Figura 9 – Perspectiva da “sala” vista de fora exibida por computador (Ivan E Sutherland, 1968, p. 763)

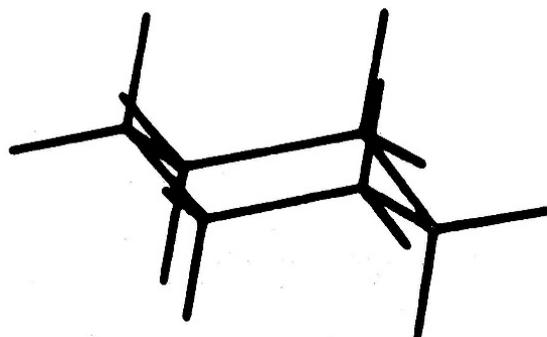


Figura 10 – Perspectiva do modelo molecular do Cicloexano exibido por computador (Ivan E Sutherland, 1968, p. 763)

Apesar de Sutherland ser reconhecido como quem desenvolveu o primeiro sistema de Realidade Virtual com as perspectivas mostradas anteriormente, há quem defenda que não desenvolveu o sistema RV, mas sim o sistema RA (Realidade Aumentada ou *Augmented Reality*).

*“In the late 1960s, Ivan Sutherland developed what came to be known as the first VR system. The user of the system saw a simple wireframe cube whose perspectival view would change as the user moved his head. The wireframe cube appeared over whatever the user was seeing. Because the idea of a 3D computer graphics display whose perspective changes in real time according to the position of the user became associated with subsequent virtual reality systems, Sutherland is credited with inventing the first one. It can be argued, however, that this was not a VR, but rather an AR system because the virtual display was laid over the user’s field of vision without blocking it. In other words, in Sutherland’s system, new information – a virtual cube – was added to the physical environment.”* (Borries, Walz, & Böttger, 2007, p. 253).

Em 1982 *Thomas Furness* apresenta à Força Aérea Americana o VCASS (*Visually-Coupled Airborne Systems Simulator*), um simulador de voo também conhecido como “*Super Cockpit*” [Figura 11]. Este simulador avançado possui um capacete com alta resolução de imagem e som, assim como um computador que permite uma actualização rápida das imagens, sendo um sistema muito caro.



Figura 11 – Piloto usando o capacete “*Super Cockpit*” (Netto, Machado, & Oliveira, 2002, p. 7)

Como alternativa ao VCASS, *Michael McGreevy* desenvolve na *NASA* um simulador mais barato, o *VIVED (Virtual Visual Environment Display)*. A solução para reduzir os custos do capacete é a utilização da tecnologia dos visores de cristal líquido (*LCD* ou *Liquid Crystal Display*) que em comparação com os *CRT* são mais limitados na resolução de imagem. Em 1985 *Scott Fisher* junta-se ao projecto para incluir o reconhecimento de voz, a síntese de som 3D, os dispositivos de resposta táctil e “*DataGlove*” – luvas que captavam o movimento das mãos, criadas por *Thomas Zimmerman*. Incluir as luvas como dispositivo de input é muito mais do que agarrar ou manipular objectos tridimensionais: são apropriadas tanto para o mundo virtual, como para a telepresença (o utilizador opera no mundo virtual e os robots reproduzem os movimentos no mundo real). O *VIVED* evoluiu para *VIEW (Virtual Interface Environment Workstation)* e inclui, para além do *HMD* e das luvas, um microfone que permitia o reconhecimento de voz. Foi apresentado não só para missões da *NASA* como também para aplicações civis (visualização científica e medicina). A ideia de que os projectos da *NASA* sobre a RV poderiam ser comercializados, desencadeou o interesse das grandes empresas de informática que começaram a desenvolver os seus próprios produtos. Como é o caso da *VPL Research Inc.* e da *Autodesk* que em 1989 entram na indústria da Realidade Virtual, com os “*Walkthroughs*” arquitectónicos que passam da vertente da investigação para o desenvolvimento comercial (Rheingold, 1997, p. 33).

Em meados da década de 90 a *Sega* e a *Nintendo*, duas empresas de jogos, desenvolvem as primeiras tentativas de produtos de RV: em 1993 a *Sega* anuncia na revista “*Sega Visions*” o seu produto “*Sega VR*” [Figura 12] – onde prometia a imersão com a visão estéreo, som 3D, e sensor para detectar o movimento da cabeça – que não chega a ser lançado; em 1995 a *Nintendo* lança a sua versão da RV, o “*Virtual Boy*” [Figura 13] – exibia as imagens 3D de cor vermelho e preto em vista *Wireframe* – que foi um fracasso comercial para a *Nintendo*.



Figura 12 – Sega VR (“Sega VR,” 1993, p. 93)



Figura 13 – Virtual Boy da Nintendo (Itoi, n.d.)

### 2.4.2. Dispositivos

Para o utilizador usufruir da imersão e explorar o ambiente virtual são precisos dispositivos de entrada (*Input*) e de saída (*Output*) de dados, com o objectivo de estimular os sentidos, sendo a visão e a audição os mais explorados. Estes dispositivos são diferenciados pela sua função de inserir ou receber informação no sistema tridimensional. Os dispositivos de entrada de dados têm a função de captar os movimentos do utilizador e enviar esses dados para o computador – como por exemplo o rato, teclado, comando (*gamepad* ou *joystick*) e *DataGlove* – que por sua vez transmite o resultado do processamento da interacção através de estímulos dos sentidos humanos com os dispositivos de saída que podem ser visuais (*HMD*, *HCD*, *BOOM* e *CAVE*), auditivos e hápticos. De seguida são apresentados alguns dispositivos utilizados na exploração do ambiente virtual.

### Dispositivos visuais (Output)

O sistema da tecnologia dos capacetes e óculos da Realidade Virtual baseiam-se no princípio da estereoscopia – utilização de dispositivos ópticos com pares de imagens que dão a ilusão da tridimensionalidade – para simular “o trabalho da retina de perceber a distância do objecto e produzir o efeito de profundidade e perspectiva, através da vibração de duas imagens com mesmo conteúdo” (Rebelo, 1999, p. 31).

Os dispositivos visuais *HMD* (*Head-Mounted Display*), como os *Oculus Rift* [Figura 14] e os *HTC Vive* [Figura 15], permitem uma melhor imersão no ambiente virtual pois isolam o utilizador do mundo real. Estes equipamentos possuem: dois pequenos monitores de alta definição (um para cada olho); sensores (acelerómetros e giroscópios) para detectar a posição e o movimento da cabeça do utilizador; comandos para explorar o ambiente virtual, e alguns kits possuem auscultadores acoplados que permitem uma melhor experiência de imersão.



Figura 14 – Kit *Oculus Touch* (Óculos, 2 Comandos Touch e 2 sensores) (“Oculus Rift,” n.d.)



Figura 15 – Kit *HTC Vive* (Óculos, 2 comandos e 2 sensores) (“VIVE™,” n.d.)

Os *HCD* (*Head-Coupled Display*) ou *BOOM* (*Binocular Omni-Orientation Monitor*) [Figura 16] funcionam como os *HMD*, com a diferença de que o utilizador navega através do monitor acoplado ao braço mecânico. Neste caso, os sensores de detecção da posição e movimento da cabeça são mecânicos e estão conectados ao braço que suporta o monitor. Esta tecnologia remete à *Sword of Damocles* de *Ivan Sutherland*, ancestral dos *HMD*. Actualmente o *BOOM* é pouco utilizado, dando lugar aos *HMD*.

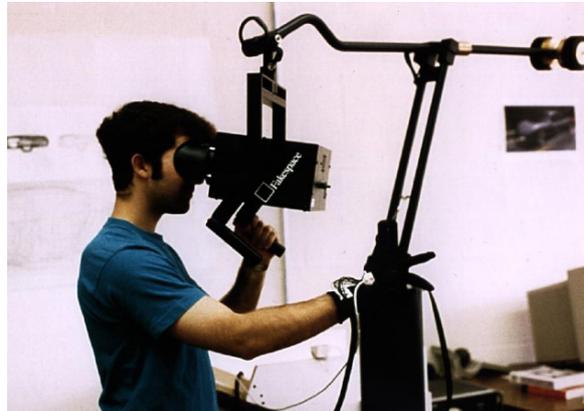


Figura 16 – *BOOM* (*Binocular Omni-Orientation Monitor*)  
(Tori, Kirner, & Siscoutto, 2006, p. 394)

A *CAVE* (*Cave Automatic Virtual Environment*) foi desenvolvida em 1992, na Universidade de Illinois e tornou-se popular pelas características de imersão: numa sala, em tamanho real, o chão, paredes e tecto servem de projecção do ambiente virtual; sincronizado com os óculos obturadores (*Shutter Glasses*), é permitida a visualização em grupo (participação de vários utilizadores em simultâneo) (Neto, 2004, p. 24).

As lentes dos óculos obturadores “funcionam intercalando as imagens do olho esquerdo com as do olho direito a cada 1/30 de segundo; os obturadores bloqueiam ou admitem selectivamente as visões do ecrã em sincronia com as intercalações, mostrando sempre a visão adequada a cada olho.” (Rheingold, 1997, p. 71).

### Dispositivos auditivos (Output)

O ouvido humano possui a capacidade de captar ondas sonoras de várias direcções e processá-las até ao cérebro que, ao receber a informação, consegue localizar a sua origem ou posição espacial (à frente ou a atrás, em cima ou em baixo, longe ou perto). A gravação de som 3D é feita através da gravação *Binaural* – gravação com dois microfones, cujo o som será reproduzido nos auscultadores de acordo com a orientação (microfone esquerdo no auscultador esquerdo, o microfone direito no auscultador direito) – proporcionando uma noção espacial. O sistema de som 3D duplica de forma artificial os “gatilhos” naturais que auxiliam o cérebro a localizar o som e recria esses efeitos em tempo real (Jacobson, 1994, pp. 150, 151).

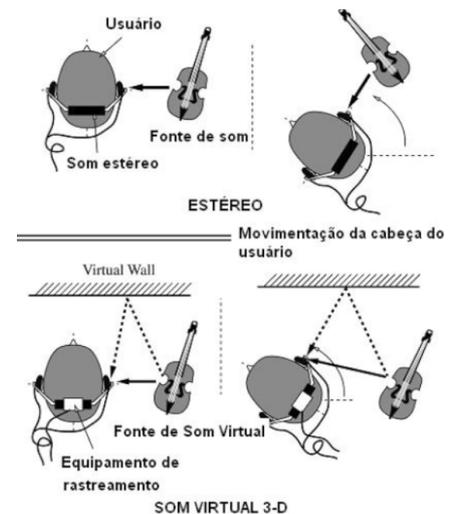


Figura 17 – Comparação som Virtual 3D com som stereo (Tori et al., 2006, p. 48)

### Dispositivos físicos (Output)

Os dispositivos físicos são especialmente úteis em simulações onde não exista informação a nível visual pois estimulam o tacto (sensação ao toque, percepção de geometria, rugosidade e temperatura) e tensão muscular (reacção da força que exerce a um objecto). Os dispositivos hápticos têm sensores incorporados para detectar as acções do utilizador e enviá-las ao sistema, que após a interacção envia a força de retorno do objecto (*Force Feedback*) e a informação acerca da sua textura, estimulando o tacto. Estes dispositivos podem ser fixos (*Ground-Based*) – exemplo do *Phantom Omni* [Figura 18] – ou móveis (*Body-Based*) – exemplo da luva [Figura 19] e fato exosqueleto [Figura 20] – (Tori et al., 2006, p. 49).



Figura 18 – Dispositivo háptico “PHANTOM Omni”<sup>5</sup>



Figura 19 – Luva “5DT GLOVE” (Rebelo, 1999, p. 32)



Figura 20 - Fato feminino exosqueleto para RV da *Teslasuit* (Mikhailchuk, 2019)

<sup>5</sup> Fonte: [https://www.researchgate.net/figure/The-PHANTOM-Omni-haptic-device\\_fig3\\_290624991](https://www.researchgate.net/figure/The-PHANTOM-Omni-haptic-device_fig3_290624991)

## Dispositivos de interacção (Input)

Existem vários dispositivos de interacção, indirectos ou directos que permitem ao utilizador manipular objectos e explorar o ambiente virtual. Estes dispositivos permitem a interacção em Realidade Virtual, enviando os sinais do usuário para o computador. Os sensores biológicos que processam os comandos de voz e os sinais eléctricos musculares são considerados dispositivos indirectos. Os dispositivos directos – o rato, o teclado, o comando (*gamepad* ou *joystick*) e a luva de dados [Figura 21] – têm sensores que detectam o movimento e a posição do usuário.



Figura 21 – *Tom Zimmerman* com a luva que criou (Jacobson, 1994, p. 7)

### Dispositivos de trajectória ou *tracking* (Input)

Estes dispositivos são responsáveis pela monitorização dos movimentos e da posição do utilizador, permitindo determinar a orientação e posição do usuário em relação a um ponto de referência, actualizando o seu ponto de vista no ambiente virtual sempre que este se movimenta no mundo real (Rebelo, 1999, p. 33). Os dispositivos referidos anteriormente – visuais, auditivos, físicos e de interacção – possuem sensores para detecção dos movimentos e são fundamentais para a experiência na exploração da RV.

O sistema de trajectória ou *tracking* pode ser activo – os sensores comunicam nos dois sentidos usando emissores e receptores aplicados no corpo para calcular o seu movimento – ou *tracking* passivo – comunica num só sentido utilizando apenas sensores para observar o corpo e determinar a sua orientação e posição (Jacobson, 1994, p. 142).

Estes sistemas são subdivididos em quatro tipos de tecnologia utilizada: sensores electromagnéticos, ópticos, mecânicos e ultra-sónicos (“*The Sword of Damocles*” e “*The Shower Stall*” [Figura 7], do Sutherland, são exemplos dos sensores mecânicos e ultra-sónicos, respectivamente).

### **2.4.3. Aplicações**

Além da área de entretenimento, que utiliza a RV na indústria dos jogos e no cinema, outras áreas como o ensino, medicina, arquitectura, defesa, indústria espacial e automóvel utilizam a Realidade Virtual para as mais diversas tarefas, apostando na formação (através de simuladores), na criação, teste e promoção dos seus artigos no âmbito comercial.

De acordo com *Clive Downie*, chefe de marketing da *Unity Technologies*, são várias as vantagens na utilização da RV no cinema. As principais vantagens incidem na qualidade da renderização e na rapidez do serviço, pois qualquer alteração feita no ambiente virtual – iluminação, mobiliário, material – é feita instantaneamente sem precisar redesenhar todo o cenário, que levaria horas a concretizar (*The Economist*, 2016).

No **ensino e formação**, a RV pode ajudar os alunos na compreensão de determinado tema através da visualização tridimensional e dos simuladores, como por exemplo, nas escolas de condução (para os alunos adquirirem prática na condução) e simuladores de mecânica.

Na **medicina** esta tecnologia é utilizada para análise do acoplamento molecular, simular cirurgias e procedimentos complexos, ensinar anatomia, terapia virtual, reabilitação e tratamento de fobias. Stephen Pizer, chefe de uma equipa que desenvolveu ferramentas RV para a área da medicina, propõe a sua utilização para ver o interior do paciente e utilizar a imagem tridimensional do diagnóstico para ensaiar operações delicadas; utilizar os sensores ultra-sónicos para criar imagens tridimensionais que ao navegar permita ver em tempo real o batimento cardíaco ou até o feto na barriga da mãe, em vez da ecografia (Rheingold, 1997, pp. 35, 36).

Na **arquitectura**, a utilização da RV permite explorar e observar, de vários ângulos, um modelo virtual à escala real como se estivesse construído. Esta aproximação à “realidade”, prevendo o aspecto final do projecto é obtido através das texturas, efeitos de luz, som, movimento, simulação e física dos objectos que os programas utilizados para RV (motores de jogos e *plugins* descritos adiante) permitem. A Realidade Virtual é utilizada como ferramenta de análise e de apresentação do projecto de arquitectura e tanto o arquitecto como o cliente podem explorar livremente e interagir dentro do modelo para executar as suas tarefas desejadas tais como: comunicar e prever o resultado final do projecto ao dono de obra ou ao colega de trabalho; analisar marcar e corrigir detalhes construtivos; planear a execução de obra; medições; testar opções de projecto; e para fins de pesquisa, por exemplo,

reconstruir o centro histórico (edifícios já demolidos).

A **indústria militar** foi uma das áreas pioneiras na utilização da RV, recorrendo a simuladores para treinar os seus militares (no treino de viaturas e no planeamento de tácticas de combate) num ambiente totalmente simulado por computador sendo mais económico e seguro.

**Agências espaciais** como a *ESA (European Space Agency)* e a *NASA (National Aeronautics and Space Administration)* utilizam a RV para treinar astronautas através de simuladores. A *NASA Ames Research Center* também desenvolveu várias ferramentas, como por exemplo: o projecto “*WINDTUNNEL*” que consiste num túnel de vento virtual, com as mesmas características do real, para visualização e simulação 3D; a criação de planetas tridimensionais para explorá-los no ambiente virtual através dos dados recolhidos dos satélites; e também a telepresença, ou seja, o humano através da RV, utiliza robôs para o substituir tarefas perigosas.

No **ramo automobilístico**, a RV é utilizada para a criação e testes de protótipos, como é o caso da *McLaren* [Figura 22] e da *Volvo*. Com a Realidade Virtual, estas empresas testam os seus protótipos com maior rapidez e economia, sem construírem o modelo. A *Volvo* criou um troço de estrada virtual para, através de *test-drive*, recolher informações sobre o comportamento do carro e simular colisões para análise de protecção. Além da indústria automóvel, as companhias de aviação e de maquinaria pesada – como a *McDonnell Douglas* e a *Caterpillar*, respectivamente – através da RV criam e testam os seus protótipos antes de iniciar a sua construção.



Figura 22 – Em cima o protótipo criado em *Unreal Engine*; Em baixo o carro real (The Economist, 2016)

### **3. Realidade Virtual na Arquitectura**



### 3.1. Do Desenho de Projecto à Realidade Virtual

O desenvolvimento de um projecto de arquitectura traduz-se num processo com várias etapas, onde o trabalho produzido difere consoante o objectivo, seja de estudo, apresentação ou execução de obra. Desde a transposição da ideia para um esboço até ao desenho rigoroso, são necessárias diferentes formas de representar para poder comunicar o projecto aos diferentes intervenientes, desde o cliente ao colega de trabalho. O tipo e a quantidade de informação a debater com colegas será diferente daquela a apresentar ao cliente, sendo essencial saber transmitir a ideia de forma clara. Entre colegas de profissão, conseguimos facilmente comunicar e perceber o espaço através de um desenho técnico, enquanto que para leigos é mais difícil, sendo preferível recorrer a outras formas de representação.

Nas várias fases do projecto desde a concepção até à construção do mesmo, os arquitectos utilizam como ferramentas de trabalho o esboço, desenho rigoroso – plantas, cortes, alçados e axonometrias – e maquetes, para facilitar a visualização e compreensão do projecto.

A representação em arquitectura acompanhou a evolução das tecnologias e com o aparecimento do computador pessoal e sua evolução a nível de *hardware e software*, surge como instrumento de trabalho para os arquitectos. A passagem do suporte físico para digital possibilitou novas ferramentas na concepção de projectos com o aparecimento de programas para modelação bidimensional e tridimensional, como o *CAD* e o *BIM*, bem como programas para tratamento de imagem.

Actualmente estas ferramentas digitais são imprescindíveis no processo arquitectónico pelas suas vantagens: maior rapidez e precisão na execução dos trabalhos; escala 1:1; reprodução dos ficheiros digitais; facilidade em comunicar o projecto e corrigir os erros de desenho (o que não acontece no método tradicional sendo até necessário o projectista, em alguns casos, ter de refazer o desenho); e modelação virtual tridimensional. Ainda assim, as ferramentas digitais não prevalecem

sobre as restantes pois cada uma é distinta e aplicada nas diferentes fases de projecto, desde a ideia, concepção, verificação e execução do mesmo, requerendo assim os diferentes tipos de representação. Enquanto que no processo inicial o projectista utiliza o desenho esquiso por ter maior liberdade e rapidez em exprimir a sua ideia, nas fases posteriores do projecto utilizará os meios digitais através dos programas *CAD* e *BIM* por serem mais eficazes nas fases de execução e de apoio à obra.

É praticamente impossível imaginar um gabinete não utilizar o computador no processo de arquitectura. Com o computador obtiveram novas ferramentas de trabalho, com as mais diversas características (paramétricos, visualização tridimensional, tratamento de imagem, desenho rigoroso), para serem utilizados nas várias fases de projecto.

Além do recurso a maquetas, modelos 3D e fotomontagens, a Realidade Virtual surge como ferramenta de construção e comunicação do projecto, oferecendo a possibilidade de explorar e interagir com o modelo virtual (à escala real ou escala da maquete) com a aproximação à realidade.

Com a inovação e aparecimento destas tecnologias, cabe ao arquitecto definir a utilidade das ferramentas que tem disponíveis para facilitar no processo arquitectónico e na compreensão do projecto tanto à sua equipa como a terceiros.

### **3.2. Aplicações da RV no Projecto e Obra**

*“... a RV apresenta-se como mais um instrumento que permite compreender, aferir e testar o projecto de arquitectura, embora tenha simultaneamente a importância de constituir uma nova forma de visualização”* (Bento & Martinucci, 2018: p. 578).

Utilizada em diferentes fases de projecto, é uma ferramenta que serve de apoio ao arquitecto em todo o processo de trabalho. A visualização oferece uma antevisão precisa do que será construído,

permitindo ao utilizador uma experiência imersiva e interactiva, onde o grau de realismo depende do tratamento dado à textura dos materiais, luz, entre outros aspectos. Para o cliente é a alternativa à visualização dos desenhos técnicos, permitindo um contacto mais directo, facilitando a compreensão do espaço e prevendo o resultado final. No caso do arquitecto, além da utilização para visualização e comunicação do projecto, é uma ferramenta de trabalho que permite detectar, testar e reparar erros de construção. Também pode ser utilizada no planeamento das fases de construção (posicionar a maquinaria relacionada com o estaleiro da obra, grua, betoneiras, entre outras) de forma a manter ordem e segurança em toda a obra.

### 3.3. Motores de Jogos (Game Engine)

Até ao início dos anos 90, não havia relação entre a arquitectura e os jogos 2D (como por exemplo, *PONG* de 1972 [Figura 23], *Space Invaders* de 1978 e *Tetris* de 1985 [Figura 24]), por não haver noção de espacialidade e narrativa. Com a passagem para o 3D e a introdução da narrativa nos jogos (como por exemplo o *Wolfenstein 3D* de 1992 [Figura 25]), é que começa a haver uma relação entre estas duas áreas, porque ambas exploram e interagem com o intuito de usar e entender o espaço tridimensional. Não é só na visualização tridimensional que ambas as áreas convergem: a forma como os arquitectos e os desenvolvedores de jogos (*game developers*) trabalham e os meios que utilizam são semelhantes (modelagem tridimensional, tratamento de imagens, estética), ambos actuando como criadores do espaço real e do espaço virtual, respectivamente. A arquitectura beneficia do espaço tridimensional virtual para estudar soluções construtivas, e os jogos tendem a basear-se na arquitectura de forma a tornar o espaço virtual mais realista possível (Borries et al., 2007, pp. 134, 135).

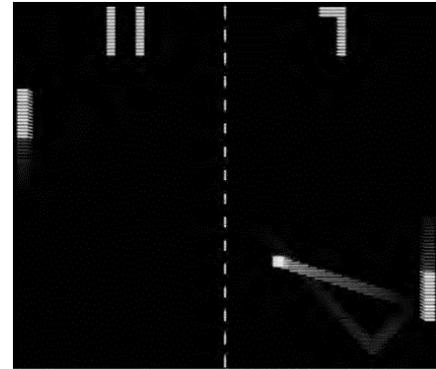


Figura 23 – *Pong* de 1972 (Borries et al., 2007, p. 32)

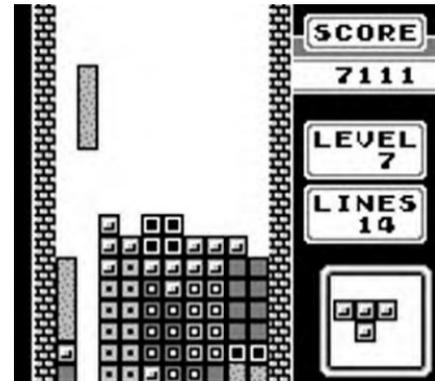


Figura 24 – *Tetris* de 1985 (Borries et al., 2007, p. 52)



Figura 25 – *Wolfenstein 3D* de 1992 (Borries et al., 2007, p. 40)

Os motores de jogos são ferramentas utilizadas pelos desenvolvedores de jogos para a criação de jogos 2D e 3D. Pela experiência do autor com a utilização do Unity, este programa de criação de jogos tem como vantagens: gráficos com grande qualidade; simplicidade na utilização da ferramenta; física dos objectos e o facto de ser reconhecido o contacto entre eles através da “colisão” (*colliders*); vasta biblioteca de *scripts* (pedaços de código que podem ser usados) pré-definidos e de *Assets*, recursos que dão maior realismo aos jogos (som, texturas, iluminação, veículos, pessoas, vegetação, água, entre outros); capacidade de reconhecer vários tipos de dispositivos de entrada (*inputs*); possibilidade de importar objectos criados em outros programas como o *Revit*, *3DS Max*, *Maya*, *ArchiCAD*, *Blender*, entre outros.

Para produzir ambientes de Realidade Virtual em projectos de arquitectura, é necessário recorrer a motores de jogos ou *plugins* (descritos adiante). O modelo tridimensional criado em programas *BIM* e de modelação tridimensional, é exportado para o motor de jogos no formato *FBX* (*Filmbox*) ou *OBJ* (*Object file*) que mantêm a geometria do modelo. Estes formatos exportados directamente do *BIM* não retêm as texturas, sendo necessário recorrer a programas como o *Maya* e *3DS Max* antes de importar para o motor de jogos (Dinis, 2016, pp. 30, 32) a implementação do BIM não é adotada transversalmente por todos os intervenientes no ramo da Arquitectura e Engenharia Civil. Ainda existem barreiras, seja por razões economicistas, resistência à mudança, etc., que dificultam a implementação desta nova metodologia de trabalho. A Realidade Virtual (RV).

Das várias plataformas de motores de jogos existentes (como o *Anvil* da *Ubisoft*, o *Amazon Sumerian*, o *Blender* da empresa *Blender Foundation*, entre outros), estas foram as que suscitaram maior interesse por parte do autor para testar o modelo virtual do projecto em RV:

**Unity** – Este motor de jogos é um *IDE* (*Integrated Development Environment*) desenvolvido pela empresa *Unity Technologies*. Esta ferramenta está disponível numa versão básica gratuita e também nas versões pagas *Pro* e *Plus*. Esta plataforma de criação de jogos tem estado no topo dos motores de

jogos por ser de fácil utilização e requerida por uma grande diversidade de entidades, desde pessoas autónomas a utilizar por lazer até grandes ateliers de trabalho (Monteiro, 2013, p. 30). Esta plataforma foi utilizada pelo autor para testar a ferramenta com o modelo tridimensional da vertente prática, não sendo incluído no trabalho escrito. A sua escolha deu-se ao facto deste programa ser utilizado no *ISTAR*, Centro de Investigação do *ISCTE-IUL*.

**Unreal Engine** – É um motor de jogos desenvolvido em 1998 pela empresa *Epic Games* para a criação do jogo “*Unreal*”, começou a ganhar muito sucesso pela qualidade gráfica, expandindo para outras áreas (Monteiro, 2013, p. 31). Este programa, tal como o anterior, foi testado no início do trabalho para conhecer a sua interface, não sendo escolhido por haver pouca informação comparativamente ao *Unity*.

**Twinmotion** – Este software foi desenvolvido pela empresa *KA-RA*, sendo adquirido em Maio de 2019 pela *Epic Games* para dar apoio aos profissionais da *AEC* (Arquitectura, Engenharia e Construção). Esta plataforma além da visualização e imersão tridimensional tem outras características semelhantes aos motores anteriores (qualidade gráfica, interface simples e fácil de utilizar, vasta biblioteca de assets, entre outras) além de ter um *plugin* para *ArchiCAD*, *Revit*, *Sketchup* e *RikCAD* (Epic Games, 2019b). Este motor de jogos foi testado, antes de pertencer à *Epic Games*, por haver curiosidade em conhecer a plataforma. A utilização para visualizar projectos de arquitectura é positiva por ser de fácil manuseamento, ter qualidade gráfica e oferecer os mesmos parâmetros das plataformas referidas anteriormente como o vento, terreno, modelar superfícies 3D, vegetação, alterar materiais, física, entre outros.

**Stingray** – Esta plataforma suscitou interesse em experimentar por ter sido criada pela *Autodesk*, mas não houve possibilidade de testar porque além do computador portátil não suportar o programa, desde o dia 7 de Janeiro de 2018 que foi descontinuado pela própria *Autodesk*. Como grande parte dos seus clientes utilizam as plataformas *Unity* e *Unreal*, a *Autodesk* decidiu formar parcerias

com as empresas *Unity Technologies* e *Epic Games*, responsáveis pelos motores de jogos referidos anteriormente (Autodesk, 2018).

Em arquitectura, para completar o desenho de projecto adiciona-se elementos: no *AutoCAD* são “blocos” como mesas, cadeiras, tramas (*hatch*), entre outros; nos programas *BIM*, são as “*Famílias*”, modelações tridimensionais que contêm diversas informações anexadas ao objecto (como o preço, material e outros componentes); nos motores de jogos estes elementos são conhecidos como *Assets*. Os “recursos” ou *Assets* podem ser criados por outros programas e depois importados para os motores de jogos e podem ser: um modelo 3D; som; imagem, entre outros. No caso do Unity estes elementos podem ser criados com o *Animator Controller*, *Render Texture* e com o *Audio Mixer* (Unity Technologies, n.d.). Para economizar tempo, em vez de criar o *Asset* de raiz, pode comprar um na loja virtual, criado por membros da comunidade do próprio motor de jogos – o *Unity* tem a *Unity Asset Store* [Figura 26] e o *Unreal Engine* tem o *Marketplace* [Figura 27] – ou em sites de *Assets* que disponibilizam esses recursos (por exemplo <https://sketchfab.com/> ; <https://www.cgtrader.com/3d-models> ; <https://www.turbosquid.com>).

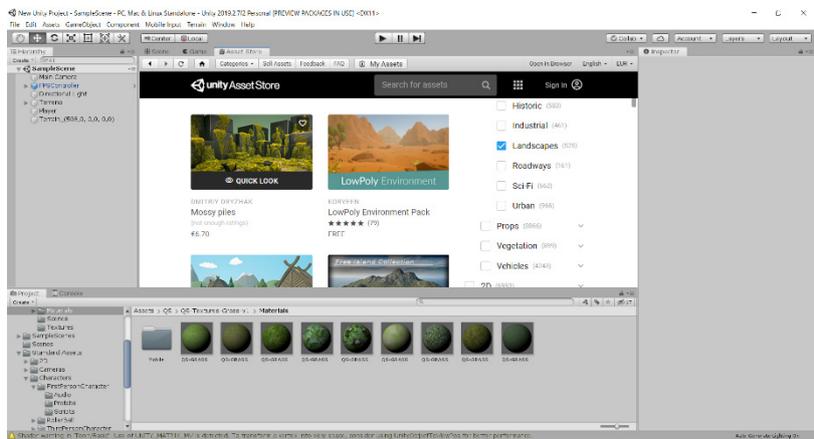


Figura 26 – Loja de recursos (Assets) do *Unity* (fonte: imagem do autor)

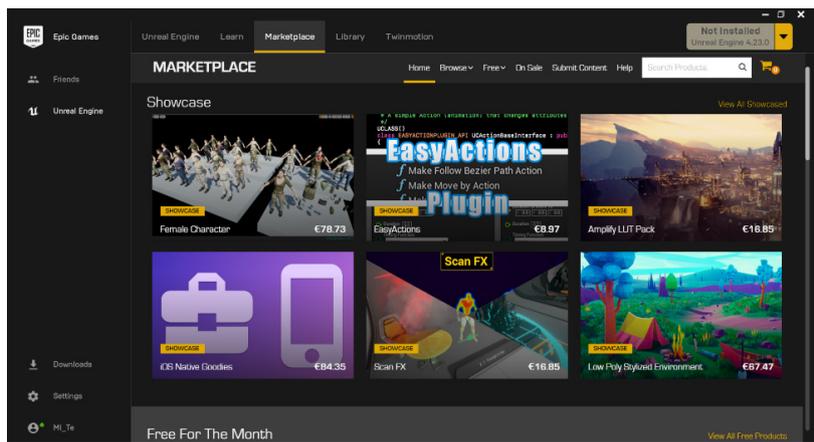


Figura 27 – Loja de recursos (Assets) do *Unreal Engine* (fonte: imagem do autor)

### 3.4. Principais Plugins

Como alternativa aos motores de jogos, permitindo agilizar ainda mais a passagem para RV, são desenvolvidos plugins para softwares *BIM*. Actualmente já há, por parte das empresas que desenvolvem os motores de jogos, uma procura pela expansão da área do entretenimento para outras áreas. A *Unity Technologies* e a *Epic Games* estão a expandir para a área de Arquitectura, Engenharia e Construção (*AEC*), com a criação de *plugins* que instalados nos programas *BIM* consigam exportar os modelos tridimensionais para os seus motores de jogos. Existem vários plugins de Realidade Virtual, mas só serão apresentados de seguida os que suscitaram o interesse do autor:

**Revizto** – É uma ferramenta de coordenação e colaboração do projecto *BIM*, com possibilidade de passar para ambientes virtuais tridimensionais, criada pela empresa *Vizerra SA*. Esta ferramenta trabalha em tempo real, onde os colaboradores podem identificar e corrigir os problemas estando imersivos ou não, com a actualização automática dos desenhos nos programas *BIM*. Aceita a tecnologia VR podendo utilizar os *Oculus* ou os *HTC Vive* (*Vizerra SA*, 2019).

**IrisVR Prospect** – Este *plugin* oferece uma vasta lista de acções para auxiliar o utilizador permitindo: navegar pelo projecto; marcar anotações mesmo enquanto imersivo no modelo tridimensional; utilizar *layers*; fazer medições e estudo do sol; trabalhar na escala 1:1 e de maquete; aceita a imersão com *Oculus Rift*, *Quest*, *HTC Vive* e *Windows MR (Mixed Reality)* e *Windows VR*; permite a imersão de vários utilizadores ao mesmo tempo, entre outras características (*Iris VR*, 2019).

**Enscape** – Este *plugin* tem características que vão de acordo com os restantes: navegar livremente pelo projecto; marcar anotações enquanto imersivo; escala 1:1; sincroniza qualquer alteração feita no programa *BIM*; aceita tecnologia VR, como por exemplo *Oculus Rift* e *Rift S*, *HTC Vive* e *Windows Mixed Reality*; (*Enscape™*, 2019).

**Revit Live** – Criado pela *Autodesk*, este *plugin* não se vende em separado, estando incorporado no pacote *AEC* (Arquitetura, Engenharia e Construção). Este pacote pode ser uma mais valia para os gabinetes de arquitectura e engenharia pelas ferramentas que oferece: *Revit*; *Revit Live*; *Recap Pro*; *Formit Pro*; *Dynamo Studio*; *Insight*; *Navisworks*; *AutoCAD*. A interface do *plugin* é fácil de usar: pode-se controlar o tempo; aceita imersão VR com os *HTC Vive* e os *Oculus Rift*, permite fazer medições enquanto imersivo na RV; tem duas opções de escala, a real (1:1) e a da maquete (Autodesk, 2019).

**Walk-Through-3D** – Criado pela *AMC Bridge*, este *plugin* feito apenas para o *Revit* e *Rhinoceros*, é mais limitado que os outros, mas tem a vantagem de ser gratuito. Neste *plugin* só trabalha com a escala 1:1; é possível controlar o tempo; permite a imersão em VR, aceitando os *HTC Vive*; aceita a interacção com o modelo através de gestos com o *Real Sense Camera* ( um programa da *Intel* onde é possível interagir/mover com gestos sem precisar de rato e teclado); e tem a opção “Mapa” onde se pode ver a localização do utilizador nos diferentes níveis do projecto (AMC Bridge, 2018).

**PiXYZ** – Criado pela *PiXYZ Software* que pertence à empresa *Metaverse Technologies*, este *plugin* consegue exportar ficheiros dos programas *BIM* (conservando os metadados), para os motores de jogos *Unity* e *Unreal Engine*, sincronizando as duas ferramentas e agilizando o processo de transição para a RV (PiXYZ Software, 2019).

**Unity Reflect** – Este *plugin* criado pela *Unity Technologies* ainda não foi lançado à data da realização deste trabalho, Outubro de 2019, mas o lançamento está previsto para o Outono deste ano. Esta ferramenta possibilita a passagem dos ficheiros de programas *BIM* para o motor de jogos *Unity* sem perder informação do modelo (texturas, material e a base de dados relativo ao objecto), está sincronizado com os programas *BIM* e permite visualização imersiva VR (de momento *HTC Vive*) e AR; entre outras funcionalidades (Unity Technologies, 2019).

**Insite VR** – Esta plataforma permite: marcar, identificar e anotar enquanto está imersivo; possui duas escalas, a da maquete e a real (1:1); sincronizar com os programas *BIM*; imersão com vários

utilizadores ao mesmo tempo; aceita *Oculus Rift, Quest e Go, HTC Vive e Windows MR* (InsiteVR, 2019).

**Trezi** – Criado pela *SmartVizX* exclusivamente para o motor de jogos *Unreal Engine*, este *plugin* também permite: fazer medições e anotações; interagir com o modelo virtual; várias pessoas em imersão ao mesmo tempo; escala 1:1 e escala de maquete; sincronização entre o motor de jogos e os programas *BIM* (Epic Games, 2019a).

**Fuzor** – criado pelo *Kalloc Studios*, este *plugin* possui também muitas características enriquecedoras para *AEC*, nomeadamente a opção de planeamento de obra, onde é possível recriar o desenvolvimento da obra no estaleiro (as fases da construção, a posição dos veículos, entre outras coisas). Tal como os *plugins* referidos anteriormente, permite a interacção no modelo, sincronização com os programas *BIM*, escala 1:1 e maquete, personalização de texturas, imersão de múltiplas pessoas ao mesmo tempo, e aceita tecnologia VR, com os *Oculus Rift, Rift S, Touch, HTC Vive e Windows MR* (Kalloc Studios, 2019).

O *Revit, ArchiCAD, 3DS Max e Maya* são alguns programas que exportam modelos tridimensionais para Realidade Virtual, sendo o *Revit* o programa escolhido pelo autor para testar o modelo. Durante a construção do modelo tridimensional foram feitos testes com alguns *plugins*, de forma a comparar diversos parâmetros. De seguida é apresentada uma tabela comparativa, da autoria do autor, onde são apresentados os seguintes *plugins*: *Walk-Through-3D, Enscape, Iris VR (Prospect), Fuzor e Revit Live*. Na Tabela 1 são comparados os seguintes parâmetros:

- Visualização – que tipo de tecnologia aceita, monitor e *HMD*;
- Imersão de Múltiplas pessoas – possibilidade de ter várias pessoas imersivas com os *HMD*;
- Navegação Livre – explorar o modelo virtual livremente;

- Texturas – permite alterar a texturas do modelo ou não;
- Escala – escala real (1:1) e escala da maquete;
- Sincroniza com *BIM* – as alterações feitas no *plugin* são actualizadas automaticamente no *BIM* e vice-versa;
- Colisão com Objectos – os objectos são detectados como corpo/barreira ou se atravessa o objecto;
- Interactividade com Modelo 3D – acrescentar objectos, editar o modelo, entre outras coisas;
- Iluminação Natural – personalizar o tempo (dia, noite, chuva, sol);
- Iluminação Artificial – reconhece a iluminação artificial do modelo;
- Medições – permite fazer medições enquanto imersivo;
- Anotações e marcações – marcar ou anotar informações no próprio modelo, enquanto imersivo;
- Planeamento de Obra – hipótese de planear a execução de obra (o tempo das fases de construção, posição das viaturas, entre outros).

Tabela 1 – Teste de *Plugins* de Exportação de *BIM*

CARACTERÍSTICAS	PLUGINS				
	<i>Walk-Through-3D</i>	<i>Enscape</i>	<i>Iris VR (Prospect)</i>	<i>Fuzor</i>	<i>Revit Live</i>
Visualização	Monitor, HMD	Monitor, HMD	Monitor, HMD	Monitor, HMD	Monitor, HMD
Imersão de Múltiplas Pessoas	Não	Não	Sim	Sim	Não
Navegação Livre	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Texturas	Modelo	Modelo e outras	Modelo e outras	Modelo e outras	Modelo
Escala	1:1	1:1	1:1 e maquete	1:1 e maquete	1:1 e maquete
Sincroniza com BIM	Não	Sim	Não	Sim	Não
Colisão com Objectos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Interactividade com Modelo 3D	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Iluminação Natural	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Iluminação Artificial	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Medições	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Anotações ou Marcações	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Planeamento de Obra	Não	Não	Não	Sim	Não

A partir da Tabela 1, é possível concluir que o plugin “*Walk-Through-3D*” apresenta maiores limitações, sendo uma boa escolha apenas para visualização de arquitectura pelo facto de ser gratuito. O *Revit*

*Live*, indicado para visualização e tem a vantagem de estar incluído no pacote *AEC* (Arquitectura Engenharia e Construção) mas, apesar de ser melhor que o “*Walk-Through-3D*”, apresenta algumas limitações quanto às texturas e interação com o modelo. Destacam-se os *plugins Enscape, Iris VR (Prospect), Fuzor*, e na opinião do autor, os últimos dois são as melhores opções pela funcionalidades que permitem.

### 3.5. Vantagens e Desvantagens

A utilização de motores de jogos e plugins para a Realidade Virtual no exercício da arquitectura, traz mais vantagens do que desvantagens, aplicáveis a diferentes fases de desenvolvimento do projecto.

A experiência imersiva e interactiva é uma das vantagens de utilização destas ferramentas, quer para o utilizador interno – arquitecto projectista, engenheiros e construtores –, quer para o utilizador externo, como o cliente. A opção de navegar livremente e interagir com o modelo tridimensional dá ao utilizador uma melhor percepção ou antevisão do projecto. Para o arquitecto estas vantagens traduzem-se na facilidade em “materializar” e visualizar uma ideia, próxima da realidade, podendo testar, detectar e corrigir possíveis erros de construção.

A comunicação do projecto é outra fase em que a Realidade Virtual se pode apresentar como uma vantagem, em comparação com os sistemas frequentemente utilizados: plantas, cortes, alçados, maquetes e fotomontagens. A percepção que o utilizador externo pode ter do projecto, através da RV, é muito mais do que uma “imagem”, é uma experiência de aproximação ao que poderá ser na realidade. São ferramentas com elevado nível de qualidade gráfica, apresentando paisagens muito realistas e texturas com relevo, através dos “*Bump Maps*”, que produz diferentes reacções consoante a posição e incidência da luz. Para além da aplicação de texturas, o arquitecto pode ainda proporcionar uma

experiência imersiva mais realista adicionando efeitos do vento, chuva, som, entre outros.

Para a construção de um trabalho rigoroso, tanto os *plugins* como os motores de jogos necessitam de um modelo em *BIM* (por exemplo o *Revit* ou *ArchiCAD*) ou em programas de modelação 3D (como o *3D Studio Max*, *Maya* e *Blender*). Além de requerer conhecimentos de programação, a maior desvantagem dos motores de jogos é a falta de diálogo com os softwares *BIM*, pois o facto de não serem paramétricos, implica que cada alteração feita no projecto tenha de ser efectuada manualmente em *BIM* e novamente importada para o motor de jogos. O ideal é que as alterações feitas na RV sejam actualizadas em tempo real, no modelo *BIM*, como acontece em alguns *plugins* como o *Enscape* e o *Fuzor*. Com os novos *plugins* desenvolvidos, como o *PiXYZ*, o *Trezi* e o *Unity Reflect*, espera-se uma maior ligação entre os programas *BIM* e os motores de jogos.

Na Tabela 2 é feita a comparação entre softwares *BIM*, *Plugins* e Motores de Jogos, numa escala de 0 a 2 – 0 é Razoável, 1 é Bom, 2 é Muito Bom – de acordo com a experiência do autor na utilização dessas ferramentas. Foi organizada de forma a entender nos seguintes parâmetros, a comparação entre os programas *BIM*, *Plugins* e Motores de Jogos. Os parâmetros referidos foram:

- Qualidade gráfica – qualidade das texturas;
- Realismo – aproximação do modelo tridimensional à realidade;
- Interactividade com o modelo – interagir com o modelo virtual (acrescentar, eliminar e mudar objectos no modelo);
- Rapidez de trabalho – construir o modelo virtual com maior rapidez e facilidade;
- Precisão – rigor no modelo;
- Paramétrico/Sincronia – actualiza em tempo real as alterações feitas entre programas;

- Física dos Objectos – o objecto é lido como um corpo/barreira permitindo a colisão e reconhece a força da gravidade;
- Navegação – explorar o modelo livremente;

Tabela 2 – Comparação entre *BIM*, *Plugins* e Motores de Jogos para o tipo de uso

	Programas BIM	Plugins	Motores de Jogos
Qualidade Gráfica (Texturas)	1	1	2
Realismo	1	2	2
Interactividade com o Projecto	1	1	2
Rapidez de Trabalho	2	1	0
Precisão	2	2	1
Paramétrico/Sincronização	2	1	1
Física dos Objectos (colisão e gravidade)	0	2	2
Navegação Livre	0	2	2
Soma	9	12	12

O software *BIM* é imprescindível porque é onde se desenvolve os “ficheiros base” para a utilização tanto de *plugins* como de motores de jogos. Estes programas *BIM* destacam-se por serem paramétricos e por desenvolverem um modelo tridimensional rápido e rigoroso. Os resultados obtidos, nesta tabela, são relevantes para clarificar os parâmetros em que os *plugins* e os motores de jogos podem complementar os *softwares BIM*.

Apesar da qualidade gráfica superior, realismo e melhor interactividade, os motores de jogos estão em desvantagem porque, para além de exigir mais tempo que os restantes para o desenvolvimento do projecto, requer conhecimentos da *interface*. Sendo possível construir de raiz o modelo virtual, a opção mais viável e rigorosa é importar o ficheiro do *software BIM* e trabalhar sobre esta base. Esta transição entre o *software BIM* e os motores de jogos é facilitada por *plugins* como o *PiXYZ* e *Trezi*, que preservam os parâmetros do ficheiro base.

Por ser mais intuitivo, de fácil manuseamento e com relação directa com o *software BIM*, conclui-se que, para uma melhor dinâmica de trabalho, o *Plugin* é a ferramenta mais adequada para obter resultados imediatos.



## **4. Uso na Arquitectura Nacional**



## 4.1. Inquérito Informal

Para o desenvolvimento deste trabalho foi necessário fazer um enquadramento, no âmbito nacional, para perceber o uso da RV nos gabinetes de arquitectura. Para o efeito, recorreu-se a um inquérito<sup>6</sup> informal criado no *Google Forms*, subdividido em quatro partes: Experiência pessoal com a utilização da Realidade Virtual; Utilização de Motores de Jogos como ferramenta de arquitectura; Utilização de *Plugins* para visualização e concepção do projecto; Utilização de *Assets*. Como o tema da dissertação é acerca da Realidade Virtual na arquitectura, procuraram-se gabinetes que a aplicam, com o intuito de perceber como estão a ser utilizadas estas ferramentas no processo de trabalho. Foram contactados doze gabinetes por email, para a divulgação do inquérito, sendo obtidas seis respostas até à data de escrita da tese (Outubro de 2019).

Algumas das respostas estão descritas por extenso, enquanto que outras foram organizadas em tabelas para sintetizar e elaborar algumas conclusões. Das seis respostas, cinco são de gabinetes de arquitectura e uma da área de *Design* e programação. Dos seis indivíduos, quatro utilizam os programas *BIM*. Como esperado, todos os inquiridos têm conhecimento e já tiveram contacto com a Realidade Virtual.

---

<sup>6</sup> Inquérito “*Realidade Virtual em Arquitectura*” do autor, encontra-se no Anexo A

Tabela 3 – Experiência com a Realidade Virtual (Inquérito)

Indivíduos	4. Já teve alguma experiência de Realidade Virtual?										
	5. Com que dispositivo?						6. Que tipo de conteúdo?				
	Oculus Rift	Samsung Gear VR	HTC Vive	Playstation VR	Google Cardboard	Outros	Experiência Educativa	Experiência de Marketing	Filme ou Fotografia 360°	Jogo	Visualização de arquitectura
1	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
2	X	X	X	-	X	Microsoft Hololens	-	-	-	-	X
3	X	-	X	-	X	-	X	X	X	X	X
4	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X
5	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X
6	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-	X

Após a análise da Tabela 3, é notável a preferência pelos dispositivos *HTC Vive* e *Google Cardboard*, seguindo-se os *Oculus Rift* e *Samsung Gear VR*, havendo também quem adiciona a experiência com a *Hololens* da Realidade Aumentada. Na área de arquitectura, todos experimentaram a RV apenas para a “visualização de arquitectura”, enquanto que o indivíduo 3, para além desta, recorre a outras experiências de imersão como os “jogos”, “*marketing*”, entre outros. Dos seis inquiridos, apenas quatro comentaram acerca da sua experiência, variando entre “Boa”, “Muito imersiva” e “Muito útil”. É de realçar que um deles qualifica como “*Boa em termos espaciais, mas curta na qualidade da renderização quando comparada com uma imagem 3D tradicional*”.

Em resposta à oitava e nona pergunta – 8. *Já teve contacto directo com projectos de Arquitectura em Realidade Virtual?* e 9. *A Realidade Virtual é uma ferramenta interessante para o Projectista*

*de Architectura?* – todos os inquiridos já tiveram contacto directo com projectos de arquitectura em Realidade Virtual, e consideram que esta é uma ferramenta interessante para o arquitecto.

Tabela 4 – Número de opiniões em relação à utilização da RV em cada fase de projecto (Inquérito)

10. Considera que a Realidade Virtual pode beneficiar o Projecto de Arquitectura nas seguintes fases?			
FASES DE PROJECTO	NADA ÚTIL	POUCO ÚTIL	MUITO ÚTIL
Concurso	2	0	4
Concepção	0	2	4
Apresentação ao Cliente	0	0	6
Projecto de Execução	1	0	5
Execução de Obra	1	1	4
Venda/ Promoção Imobiliária	0	0	6

As divergências acontecem em relação às fases em que a RV pode ou não beneficiar o projecto de arquitectura, variando as respostas entre “Nada”, “Pouco” e “Muito”. Como se pode concluir na Tabela 4: todos aprovam a utilização na “Apresentação ao cliente” e na “Venda/Promoção imobiliária”; nas restantes fases – Concurso; Concepção; Projecto de Execução e Execução de obra – as respostas tendem a ser “Muito” no que toca à utilização da RV, mas há quem defenda que estas ferramentas pouco ou nada favorece a arquitectura.

À pergunta – 11. *Já utilizou modelos de Realidade Virtual no processo de projecto?* – apenas o indivíduo 5 respondeu não ter utilizado, passando directamente para o final do inquérito, pelo facto das seguintes perguntas estarem relacionadas com a experiência obtida na utilização da RV. As próximas perguntas são dirigidas aos cinco restantes.

Na pergunta – 12. *Quando utilizou modelos de Realidade Virtual, criou-os ou contratou terceiros?* – todos eles responderam ter criado os seus próprios modelos de RV.

A 13ª pergunta é de resposta opcional, onde era pedido para descrever a sua experiência. Um dos inquiridos realça a importância da RV, referindo que “*Faz parte do processo de projecto e comunicação*”. Ao mesmo tempo em que algumas empresas se especializam na criação de modelos de RV para arquitectura, os arquitectos começam a utilizar a RV como ferramenta de trabalho.

Relativamente aos motores de jogos, todos os inquiridos respondem que “Sim” à pergunta: 14. *Utiliza ou já utilizou motores de jogos para visualização em Arquitectura?*

Tabela 5 – Utilização motores de jogos (Inquérito)

	Qual utiliza?	Em que fases?	Vai continuar a utilizar esses programas?
1	Unreal Engine e Twinmotion	Apresentação ao cliente; Venda/Promoção Imobiliária	Sim
2	Não responde	Pesquisa	Talvez
3	Unreal Engine	Apresentação ao cliente; Venda/Promoção Imobiliária	Sim
4	Unity	Apresentação ao cliente	Sim
5	Não responde	Não responde	Não responde
6	Unity e Unreal Engine	Concepção; Apresentação ao cliente	Sim

Conforme a Tabela 5, todos os inquiridos utilizam motores de jogos, sendo o *Unreal Engine* e o *Unity* os mais utilizados. As fases onde mais utilizam estas ferramentas é na “Apresentação ao cliente” e “Venda/Promoção imobiliária”, havendo também uma minoria que utiliza para “Pesquisa” e “Concepção” do projecto. À pergunta opcional acerca do feedback da ferramenta, alguns dos inquiridos responderam que a utilização dos motores de jogos é “Muito boa”, e que permite conhecer um ambiente antes de ser construído. Apenas um gabinete tem dúvidas se vai ou não utilizar os motores de jogos, enquanto que todos os outros pretendem continuar a utilizá-los.

Tabela 6 – Plugins de Realidade Virtual para programas BIM (Inquérito)

	Quais conhece?	Quais utiliza ou utilizou?	Com que finalidade?
1	Enscape; IrisVR; Revit Live	Enscape; IrisVR; Revit Live	Apresentação ao cliente; Venda/Promoção imobiliária
2	Enscape; IrisVR; Revit Live	Enscape; IrisVR; Revit Live	Concurso; Análise do local; Concepção; Apresentação ao cliente; Projecto de execução; Execução de obra
3	Não responde	Não responde	Não responde
4	Revit Live	Revit Live	Concurso; Análise do local, Concepção; Apresentação ao cliente; Projecto de execução; Execução de obra; Venda/Promoção imobiliária
5	Não responde	Não responde	Não responde
6	Não responde	Não responde	Não responde

Em relação aos *plugins* para *softwares BIM*, como se pode ver na Tabela 6, três dos cinco inquiridos utilizam ou já os utilizaram para visualização 3D, sendo o *Revit Live*, *Enscape* e *IrisVR* os mais

conhecidos e utilizados. Os dois inquiridos que responderam “Não” ficam sem poder responder a estas perguntas porque tem precedentes que só seriam acessíveis em caso afirmativo. Em resposta à finalidade da utilização destes *plugins*, a maioria respondeu que os utilizam em todas as fases de projecto – Concurso, Análise do local, Concepção, Apresentação ao cliente, Projecto de execução, Execução de obra, Venda/Promoção imobiliária – e entendem que estes fazem parte do projecto, são práticos e de grande utilidade.

Tabela 7 – Informação acerca da utilização de Assets (Inquérito)

	Utiliza Assets?	Já comprou assets?	Origem dos assets?	Que tipos de assets utiliza?
1	Sim	Sim	Elementos ou famílias do software BIM; Asset Store do motor de jogos (Unreal, Unity, etc.); Sites de assets 3D	Texturas/Materiais; Elementos naturais: vegetação, rochas, água, etc.; Mobiliário interior ou exterior; Veículos; Pessoas e animais estáticos; Pessoas e animais animados; Sons
2	Não	-	-	-
3	Sim	Não	-	-
4	Não	-	-	-
5	-	-	-	-
6	Sim	Sim	Elementos ou famílias do software BIM	Texturas/Materiais; Elementos naturais: vegetação, rochas, água, etc.; Mobiliário interior ou exterior; Veículos; Pessoas e animais estáticos; Pessoas e animais animados

É notável, na Tabela 7, uma maior preocupação em complementar e aproximar os modelos de RV à realidade, com elementos – os *Assets* – que ajudam a compor o espaço. Dos inquiridos que responderam afirmativamente, para além da procura em sites específicos, recorrem também às famílias dos *softwares*

*BIM*. Os elementos mais procurados por esses gabinetes são texturas, materiais, elementos naturais, mobiliário, veículos, pessoas, animais e sons, para conferir ao modelo um ambiente mais aproximado da realidade.

## 4.2. Entrevistas

Após a fase de inquéritos foram realizadas entrevistas a dois gabinetes de arquitectura, *NOZ ARQUITECTURA*<sup>7</sup> e *CR Espassos*<sup>8</sup>, com o objectivo de perceber a sua experiência com a Realidade Virtual.

*Noz Architectura* é um atelier fundado em 2006 e com sede em Lisboa. É uma equipa de nove elementos composta por arquitectos. Este atelier especializado em Arquitectura, Plano Director, Urbanismo, Design, Design de Interiores e Paisagismo está a apostar na Realidade Virtual.

*CR Espassos* é um atelier de arquitectura fundado em 2009 e com sede na Charneca da Caparica. É uma equipa de nove elementos composta por arquitectos, engenheiros e desenhadores. Este atelier especializado em Arquitectura, Projectos de Especialidades e Obra, utiliza *software BIM* e está a apostar na Realidade Virtual.

Em ambos os casos, a implementação da Realidade virtual nos seus gabinetes foi essencial, obtendo uma experiência positiva com a utilização da mesma. O *CR Espassos* implementou há três anos a Realidade virtual no atelier, e o *NOZ Architectura* encontra-se familiarizado com a ferramenta há uns anos, não sendo possível confirmar quantos. A utilização desta ferramenta foi motivada pela vontade de fazer um melhor trabalho e poder comunicar com mais eficiência com o cliente. Um dos pontos que ambos referem é o facto de nem todas as pessoas saberem ler plantas, cortes e alçados,

<sup>7</sup> Entrevista NOZ Architectura transcrita no ANEXO B

<sup>8</sup> Entrevista CR Espassos transcrita no ANEXO C

e com o auxílio da Realidade Virtual há uma comunicação mais directa, facilitando entendimento do projecto por parte do cliente. Além disto, os dois gabinetes consideram a RV como ferramenta de trabalho interno que faz parte integrante no processo de arquitectura.

Desenvolvem o projecto em *BIM*, utilizam os *plugins Revit Live e Enscape* para exportar o modelo para RV, onde visualizam a evolução do trabalho e consequentemente corrigem os erros enquanto imersivos no Ambiente Virtual.

Quanto à aprendizagem destas ferramentas, o Arquitecto Rui Dias, do *Noz Arquitectura*, começou as suas primeiras experiências recorrendo à autoformação. O Engenheiro *Nelson Rodrigues*, do *CR Espassos*, fez o curso *BIM Manager*<sup>9</sup> na Ordem dos Engenheiros, onde teve a noção destas tecnologias, e por curiosidade, continuou a recorrer a formações e autoformação. Apesar de existirem formações nesta área, sentem falta de partilhar ideias e experiências com outros gabinetes porque acreditam que, com esta interacção, podem evoluir e descobrir mais acerca desta tecnologia.

Ambos os gabinetes utilizam a RV em todas as fases de do projecto de arquitectura. No *CR Espassos* têm a particularidade de estarem a implementar esta tecnologia nas especialidades e pretendem ter esta ferramenta como apoio em obra, porque as plantas podem ser confusas e não dar a ideia total que o modelo tridimensional dá.

Os seus clientes são clientes finais de obra, que beneficiam da possibilidade de poderem antever o resultado final enquanto exploram livremente pelo ambiente virtual. No *NOZ Arquitectura*, dependendo da obra e do tempo que dispõe, oferece várias possibilidades de navegação no modelo tridimensional que pode variar entre navegação livre ou em pontos fixos pré-definidos, personalizando a visualização em função do objectivo e eficácia da apresentação do projecto e adaptada à percepção de cada cliente. Obtendo em ambos os casos uma reacção muito positiva por parte dos seus clientes.

---

<sup>9</sup> Link para curso BIM (<https://www.cursobim.com/>)

Sabendo que a reacção dos clientes é positiva em relação à navegação no modelo tridimensional, foi importante saber se esta dificulta o processo de trabalho do atelier, sendo que ambos respondem que não dificulta, antes pelo contrário. O atelier *CR Espassos* exemplificou com um episódio, na transformação de uma garagem num arquivo. Apesar dos avisos do gabinete, o cliente testou no local as dimensões que achava ser suficiente, mas só quando experimentou em RV é que confirmou que seria claustrofóbico.

A Realidade Virtual é uma ferramenta que é parte integrante no processo de arquitectura a nível interno (gabinete) e externo (cliente) onde as mais-valias são confirmadas pelos exemplos referidos acima. O *CR Espassos* considera que a maior dificuldade é o facto da ferramenta que utiliza (torre de computador, óculos *HTC Vive* e os sensores) não ser fácil de transportar, sendo o objectivo deles poder utilizá-la em obra.

O *Noz Arquitectura* trabalha com programas *BIM* e *plugins* da *Autodesk* e *Enscape*. O *CR Espassos* utiliza o programa *BIM* (*Revit*) e o *plugin Revit Live*, além disso, têm formação no motor de jogos *Unity*. Quanto à utilização de *Assets* nos projectos, os gabinetes utilizam as famílias do *software BIM* para exemplificar ou compor o projecto.

Questionados acerca de como vêm o futuro dos motores de jogos na arquitectura, o atelier *NOZ Arquitectura* defende que a sua utilidade é cada vez mais reduzida, pois os *plugins* já oferecem as mesmas funções e que, por serem criados para utilização nos *softwares BIM*, tornam-se parte integrante das ferramentas de arquitectura. Já os *CR Espassos* não emitiram uma opinião.



## **5. Resultados e Conclusões**



## Resultados e Conclusões

A Realidade Virtual é uma ferramenta desenvolvida nos anos 60 para visualização de arquitectura, além da medicina e da defesa, e que cada vez mais faz parte do exercício da Arquitectura, possibilitando uma nova forma de trabalhar e visualizar o projecto, desde a concepção até à sua construção.

Os *plugins* e os motores de jogos são úteis para o arquitecto desenvolver o seu trabalho, mas é notável a preferência por parte dos ateliers pelos *plugins* que oferecem uma ligação directa com os *softwares BIM*, em tempo real, e não exigem os conhecimentos de programação necessários no uso dos motores de jogos. Ainda assim, para ultrapassar essa dificuldade, as empresas de jogos estão elas próprias a desenvolver *plugins* para facilitar a transição do modelo *BIM* para as suas plataformas.

No desenvolvimento do projecto estas ferramentas são utilizadas para testar propostas, analisar e detectar erros, mas é na apresentação/comunicação que se destaca por permitir uma nova forma de comunicar o projecto, sendo esta experiência imersiva bem aceite pelos utilizadores, tanto para os ateliers como para os clientes.

Na opinião do autor, apesar dos benefícios da utilização da Realidade Virtual em Arquitectura, esta não invalida o uso das ferramentas tradicionais. Compete ao arquitecto saber como usufruir das ferramentas que dispõe de forma a facilitar o desenvolvimento do seu trabalho e tirar partido das formas de representação que cada uma oferece.

Para desenvolvimento futuro desta dissertação seria interessante estudar a possibilidade de incluir no plano de estudos a formação sobre a Realidade Virtual, com uso destas ferramentas nas *Faculdades de Arquitectura*. No âmbito profissional, junto com os ateliers, estudar e experimentar estas ferramentas que começam a fazer parte integrante do processo de arquitectura, sendo o próximo passo projectar a partir da RV enquanto imersivo, e este exportar automaticamente o modelo tridimensional para *BIM*.



## **6. Referências Bibliográficas**

## Referências Bibliográficas

- AMC Bridge. (2018). Walk-Through-3D™. Retrieved September 26, 2019, from <https://www.amcbridge.com/resources/labs/desktop-apps/walk-through-3d>
- Autodesk. (2018). Changes to Autodesk Stingray. Retrieved July 26, 2019, from <https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/stingray-end-of-sale-faq.html>
- Autodesk. (2019). Revit Live | Immersive Architectural Visualization. Retrieved September 26, 2019, from <https://www.autodesk.com/products/revit-live/overview>
- Bento, A. M. (2016). *Immersing into Architecture before Architecture: The potentialities of Virtual Reality as an architectural representation*. Universidade de Coimbra. Dissertação de Mestrado. Retrieved from <https://estudogeral.sib.uc.pt/handle/10316/81644>
- Bento, A. M., & Martinucci, L. (2018). A REALIDADE VIRTUAL NA REPRESENTAÇÃO ARQUITETÓNICA. In *Livro de Atas do 2º Congresso português de Building Information Modeling* (pp. 577–586). <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1226766>
- Borries, F. von, Walz, S. P., & Böttger, M. (2007). *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism: The Next Level - EPDF.TIPS*. Retrieved from <https://epdf.tips/queue/space-time-play-computer-games-architecture-and-urbanism-the-next-level.html>
- Carreiro, M. B. T., & Pinto, P. da L. (2013). The Evolution of Representation in Architecture. In *FUTURE TRADITIONS 1ST eCAADe Regional International Workshop* (pp. 27–38). Retrieved from <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Evolution-of-Representation-in-Architecture-Carreiro-Pinto/d0605326f41d7728df82e42a596b8cd374aef107>
- Dinis, F. A. M. (2016). *Desenvolvimento de processos de interação entre tecnologia BIM e equipamentos de Realidade Virtual e sua aplicabilidade*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Dissertação de Mestrado. Retrieved from <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/85320>
- Enscape™. (2019). Enscape™: Real-Time Rendering & Virtual Reality. Retrieved September 27, 2019, from <https://enscape3d.com/>

- Epic Games. (2019a). Meet Trezi: the VR-first architectural design visualization and collaboration platform. Retrieved September 26, 2019, from <https://www.unrealengine.com/en-US/spotlights/meet-trezi-the-vr-first-architectural-design-visualization-and-collaboration-platform>
- Epic Games. (2019b). Twinmotion FAQ. Retrieved September 26, 2019, from <https://twinmotionhelp.epicgames.com/s/article/Twinmotion-FAQ>
- Heilig, M. (1960). Stereoscopic-Television Apparatus For Individual Use. Retrieved from <https://patents.google.com/patent/US2955156A/en?q=morton&q=heilig&oq=morton+heilig>
- Heilig, M. (1962). Sensorama Simulator. Retrieved from <https://patents.google.com/patent/US3050870A/en>
- InsiteVR. (2019). InsiteVR. Retrieved September 27, 2019, from <https://www.insitevr.com/>
- Iris VR. (2019). Iris VR Prospect. Retrieved September 27, 2019, from <https://irisvr.com/prospect/>
- Itoi, S. (n.d.). Shigeru Miyamoto fala sobre a Virtual Boy. Retrieved September 15, 2019, from <https://www.nintendo.pt/lwata-Pergunta/lwata-Pergunta-Nintendo-3DS/Parte-1-E-assim-se-fez-a-Nintendo-3DS/2-Shigeru-Miyamoto-fala-sobre-a-Virtual-Boy/2-Shigeru-Miyamoto-fala-sobre-a-Virtual-Boy-229419.html>
- Jacobson, L. (1994). *Garage Virtual Reality*. SAMS. Retrieved from <https://archive.org/details/garagevirtualrea00jaco>
- Kalloc Studios. (2019). Fuzor. Retrieved September 26, 2019, from <https://www.kallocotech.com/vrcollab.jsp>
- Miguel, J. R. M. (2014). *REALIDADE AUMENTADA APLICADA AO PROCESSO DE PROJETO DE ARQUITETURA*. ISCTE-IUL. Dissertação de Mestrado. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10071/8801>
- Mikhailchuk, D. (2019). Teslasuit | Full body haptic VR suit for motion capture and training. Retrieved October 29, 2019, from <https://teslasuit.io/>

- Monteiro, M. (2013). *Desenvolvimento de Interfaces Tridimensionais para Aplicações móveis a partir da Tecnologia BIM*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Dissertação de Mestrado. Retrieved from <https://hdl.handle.net/10216/68713>
- Neto, R. A. de A. E. (2004). *Arquitetura Digital A Realidade Virtual, suas aplicações e possibilidades*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. Retrieved from <http://www.livrosgratis.com.br>
- Netto, A. V., Machado, L. dos S., & Oliveira, M. C. F. de. (2002). Realidade Virtual: Definições, Dispositivos e Aplicações. *Revista Electrónica de Iniciação Científica*, 1–33. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/252019436\\_Realidade\\_Virtual\\_-\\_Definicoes\\_Dispositivos\\_e\\_Aplicacoes](https://www.researchgate.net/publication/252019436_Realidade_Virtual_-_Definicoes_Dispositivos_e_Aplicacoes)
- Oculus Rift. (n.d.). Retrieved September 20, 2019, from <https://www.oculus.com/rift/>
- Piteira, J. P. S. L. (2011). *Arquitetura nos videojogos: espaço, narrativa e gameplay*. ISCTE-IUL. Dissertação de Mestrado. Retrieved from <https://repositorio.iscte-iul.pt/handle/10071/11230>
- PiXYZ Software. (2019). Plugin - PiXYZ. Retrieved September 26, 2019, from <https://www.pixyz-software.com/plugin/>
- Ramos, G. de J. M. (2017). *Realidade Virtual em Arquitetura: Representação e simulação do campo de treino e formação militar da Aldeia Camões*. ISCTE-IUL. Dissertação de Mestrado. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10071/15243>
- Rebelo, I. B. (1999). *Realidade virtual aplicada à arquitetura e urbanismo: Representação, simulação e avaliação de projetos*. Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado. Retrieved from <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/80518>
- Rheingold, H. (1997). *Realidade Virtual*. (A. Bacelar, Ed.) (1ª Edição). Vega, Limitada.
- Sega VR. (1993, August). *Sega Visions*, 108. Retrieved from [https://archive.org/details/Sega\\_Visions\\_1993-08\\_Sega\\_US](https://archive.org/details/Sega_Visions_1993-08_Sega_US)
- Sutherland, Ivan E. (1965). The ultimate display. In *Proceedings of the Congress of the International Federation of Information Processing (IFIP)* (pp. 506–508). <https://doi.org/10.1109/MC.2005.274>

- Sutherland, Ivan E. (1968). A head-mounted three dimensional display. In *Fall Joint Computer Conference* (pp. 757–764). Retrieved from <http://citeseer.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.388.2440&rep=rep1&type=pdf>
- Sutherland, Ivan Edward. (1963). Sketchpad: A man-machine graphical communication system. In *Proceedings - Spring Joint Computer Conference* (pp. 507–524). Retrieved from <http://papers.cumincad.org/data/works/att/5680.content.pdf>
- The Economist. (2016). Engines of creation - Software. *The Economist Newspaper Limited*. Retrieved from <https://www.economist.com/science-and-technology/2016/06/18/engines-of-creation>
- Tori, R., Kirner, C., & Siscoutto, R. (Eds.). (2006). *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. Retrieved from [http://www.ckirner.com/download/capitulos/Fundamentos\\_e\\_Tecnologia\\_de\\_Realidade\\_Virtual\\_e\\_Aumentada-v22-11-06.pdf](http://www.ckirner.com/download/capitulos/Fundamentos_e_Tecnologia_de_Realidade_Virtual_e_Aumentada-v22-11-06.pdf)
- Unity Technologies. (n.d.). Quick guide to the Unity Asset Store. Retrieved October 2, 2019, from <https://unity3d.com/pt/quick-guide-to-unity-asset-store>
- Unity Technologies. (2019). Connecting design and construction with Unity Reflect. Retrieved September 25, 2019, from <https://blogs.unity3d.com/2019/09/25/connecting-design-and-construction-with-unity-reflect/>
- VIVE™. (n.d.). Retrieved September 20, 2019, from <https://www.vive.com/us/product/vive-virtual-reality-system/>
- Vizerra SA. (2019). Revizto. Retrieved September 27, 2019, from <https://revizto.com/pt/>
- Yares, E. (2013). 50 Years of CAD. *Design World*. Retrieved from <https://www.designworldonline.com/50-years-of-cad/>



## **7. Anexos**

## 7.1. Anexo A – Inquérito

# Realidade Virtual em Arquitectura

Este inquérito tem como objectivo recolher informação acerca da Realidade Virtual em projecto de Arquitectura e faz parte de um trabalho final do curso de Mestrado Integrado em Arquitectura do ISCTE-IUL.

Os dados fornecidos são confidenciais e serão exclusivamente utilizados para fins de investigação científica. Peço deste modo que seja sincero nas respostas.

Para qualquer contacto envie email para: [milton\\_barbosa@iscte-iul.pt](mailto:milton_barbosa@iscte-iul.pt)

Agradeço desde já a sua colaboração.  
Milton Barbosa

**\*Obrigatório**



**1. Área de Actividade \***

*Marcar apenas uma oval.*

Arquitecto

Engenheiro

Outra:

**2. Utiliza modelos BIM?**

*Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não

## Realidade Virtual

**3. Sabe o que é a Realidade Virtual? \***

*Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não *Passe para a pergunta 29.*

## Experiência com Realidade Virtual

4. Já teve alguma experiência de Realidade Virtual? \*



*Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não *Passe para a pergunta 8.*

## Dispositivos de Visualização

### 5. Com que dispositivo?

*Marcar tudo o que for aplicável.*



Oculus Rift



Samsung Gear VR



HTC Vive



Playstation VR



Google Cardboard

Outra:

## 6. Que tipo de conteúdo?

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Experiência Educativa
- Experiência de Marketing
- Filme ou Fotografia 360°
- Jogo
- Visualização de Arquitectura
- Outra:

## Realidade Virtual em Arquitectura

### 8. Já teve contacto directo com projectos de Arquitectura em Realidade Virtual? \*

*Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não

Não experimentei mas tive contacto indirecto (vídeo, sites, etc.)

### 9. A Realidade Virtual é uma ferramenta interessante para o Projectista de Arquitectura?

*Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não

Talvez

### 10. Considera que a Realidade Virtual pode beneficiar o Projecto de Arquitectura nas seguintes fases?

*Marcar tudo o que for aplicável.*

Nada útil

Pouco útil

Muito útil

Concurso

Concepção

Apresentação ao cliente

Projecto de Execução

Execução de Obra

Venda/Promoção Imobiliária

## Utilização de Realidade Virtual no Projecto

11. Já utilizou modelos de Realidade Virtual no processo de projecto? \*

*Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não *Passe para a pergunta 29.*

## Utilização de Realidade Virtual no Projecto

12. Quando utilizou modelos de Realidade Virtual, criou-os ou contratou terceiros?

*Marcar apenas uma oval.*

Criei os modelos

Contratei externamente

## Motores de jogos como ferramenta de arquitectura

Motores de jogos são plataformas de geração de ambientes 3D como o Unity3D ou o Unreal Engine para fazer jogos. São cada vez mais usados em animação, arquitectura, ensino, etc.

14. Utiliza ou já utilizou motores de jogos para visualização em Arquitectura? \*

*Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não *Passe para a pergunta 19.*

## Motores de jogos como ferramenta de arquitectura

### 15. Quais os motores de jogos utiliza?

*Marcar tudo o que for aplicável.*

Unity

Unreal Engine

Stingray Twinmotion

Amazon Sumerian

CryEngine

Anvil Next

Outra:

### 16. Em que fases de projecto utiliza estes programas?

*Marcar tudo o que for aplicável.*

Concurso

Análise do Local

Concepção

Apresentação ao cliente

Projecto de Execução

Execução de Obra

Venda/Promoção I mobiliária

Outra:

**18. Vai continuar a utilizar estes programas?**

*Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não

Talvez

## **Plugins de Realidade Virtual para visualização 3D**

Plugins são módulos que se adicionam ao software de modelação 3D (Sketchup, Archicad, Revit, etc.) e permitem a navegação em Realidade Virtual.

**19. Utiliza ou já utilizou plugins de Realidade Virtual para visualização 3D? \***

*Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não *Passe para a pergunta 24.*

## **Plugins de Realidade Virtual para visualização 3D**

**20. Quais destes plugins conhece?**

*Marcar tudo o que for aplicável.*

Enscape  
IrisVR Revit  
Live Revizto  
Unity for Revit  
Outra:

**21. Quais utiliza ou já utilizou?**

*Marcar tudo o que for aplicável.*

Enscape  
IrisVR Revit  
Live Revizto  
Unity for Revit  
Outra:

**22. Com que finalidade?**

*Marcar tudo o que for aplicável.*

Concurso  
Análise do Local  
Concepção  
Apresentação ao cliente  
Projecto de Execução  
Execução de Obra  
Venda/Promoção Imobiliária  
Outra:

23. **Que feedback retira da utilização desses plugins?**

## Utilização de Assets 3D

Assets são objectos usados para dar realismo aos modelos 3D, desde mobiliário até avatares animados ou sons.

24. **Utiliza assets nos seus modelos? \***

*Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não *Passe para a pergunta 29.*

## Utilização de Assets 3D

25. **Já comprou assets para utilizar nos seus modelos?**

*Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não

26. **Qual a origem dos assets que usa?**

*Marcar tudo o que for aplicável.*

Elementos ou familiares do software BIM

Asset Store do motor de jogos (Unreal, Unity, etc.)

Sites de assets 3D

**27. Que tipo de Assets usa ou usou?**

*Marcar tudo o que for aplicável.*

Texturas/Materiais

Elementos naturais: vegetação, rochas, águas, etc.

Mobiliário interior ou exterior

Veículos

Pessoas e animais estáticos

Pessoas e animais animados

Sons

Outra

**28. Tem comentários acerca da sua utilização de assets?**

**Obrigado pela atenção! A sua colaboração foi muito útil.**

**29. Deixe o seu email se quiser receber mais informações acerca desta investigação.**

## **7.2. Anexo B – Entrevista Transcrita – NOZ Arquitectura**

### **História, Aprendizagem**

#### **1. Qual a sua experiência de utilização de RV? Quando começou, o que motivou?**

Estamos a iniciar a aplicação. As primeiras experiências e testes começaram há uns anos e o que motivou é o querer fazer mais e melhor. Portanto, nesta resposta específica a experiência na utilização da realidade virtual é fase de implementação.

#### **2. Prestam serviços externos nesta área ou só para trabalhos internos?**

Ela faz parte do processo, portanto, ela é claramente um serviço interno, mas faz parte de uma interacção externa. Não é algo que se fazemos agora como há anos se fazia na produção de imagens de síntese, de visualizações, em que um escritório subcontrata para criar essas imagens ou esse ambiente de realidade virtual. Não, é tudo feito aqui, faz parte do processo porque nós trabalhamos em BIM, exclusivamente em BIM e, portanto, estas ferramentas estão todas integradas. No passado, um projecto era feito CAD em 2D e depois era exportado ou era recriado novamente em 3D, no AutoCAD ou em Rhino ou em 3D Max e a partir daí criavam-se sólidos e aplicavam-se os materiais e etc. O que acontecia era que a dada altura havia um ramo do vosso projecto que era utilizado para fazer as imagens de síntese. Evidentemente o projecto continua a avançar, e o modelo das imagens de sínteses iria sendo actualizado em conformidade. Mas a verdade é que eram dois trabalhos paralelos do mesmo projecto. Hoje em dia não é assim, e connosco não é definitivamente assim. É um mesmo trabalho, portanto a questão das imagens e da realidade virtual, quando é aplicada, faz parte integrante do processo. É isso que é preciso reter. Tudo isto faz e tem que fazer parte integrante do processo de arquitectura.

**3. Qual o processo de aprendizagem no início e agora? Cursos, autoformação, vídeos, colegas?**

Autoformação.

**4. Sentiu/sente falta de formações nesta área? Com que conteúdos: devices, plugins BIM, motores de jogos, rendering, assets e texturas?**

Sobretudo sentimos falta de quem saiba, e com quem possamos falar. Nós não precisamos de ninguém que nos venha ensinar, nós precisamos é de pessoas com quem partilhar experiências. Por isso que falei convosco, “venham lá dizer que experiências é que vocês têm, para falarmos da experiência que nós temos para chegarmos algum lado”. Formação hoje em dia está em todo o lado, nós temos é que ter pessoas com quem falar. Se vocês estão sozinhos na vossa turma e estão trabalhando com game engines e AR e VR e o vosso colega ao lado está trabalhando em maquetes, poderão estar numa realidade tão distinta que não conseguem partilhar a experiência porque há poucos pontos de contacto. Neste momento é isto que se passa, é conhecer com quem possa partilhar esta experiência.

**Utilização da Realidade Virtual**

**5. Em que fases do projecto usa a RV e como a usa (comunicar o projecto a terceiros, análise do local, apoio à concepção, projecto de execução, apoio à obra, apoio à gestão do edifício)?**

Usamos para qualquer uma dessas partes, seja para concepção, seja para análise do local em particular de edifícios existentes, seja para comunicar com o cliente.

## **6. Que tipo de visualização fazem? Renders, vídeos, VR 360, VR livre, AR, outros?**

Varia caso a caso e consoante o tempo que se tem. Quando nós achamos que é importante alguém experienciar o espaço, nós damos a oportunidade de a pessoa navegar, se achamos que deve estar num ponto fixo, fica estático num ponto fixo, mas isso depende também das ferramentas que estão disponíveis. Há ferramentas que aparecem hoje e para o ano deixam de existir. Há coisas que nós fizemos há um ano atrás que agora não conseguimos replicar porque a aplicação deixou de existir, temos que refazer outra vez numa nova aplicação e, portanto, também depende dessas circunstâncias.

## **7. Quem são os clientes habituais? Projectistas, promotores, imobiliárias, donos de obra (cliente final)**

Clientes finais.

## **8. Que liberdade de navegação/ visualização dão ao cliente? Qual a reacção habitual?**

A reacção é muito boa, é de surpresa e gostam, apreciam bastante. Agora nem toda a gente consegue perceber o que se está a mostrar, isto é um problema que há, e que por exemplo nas visualizações, há pessoas que não entendem, não sabem o que estão a ver, da mesma forma que há pessoas que não sabem ler um desenho, não percebem como é que uma coisa se relaciona com a outra, não conseguem entender. Da mesma forma que há quem não consiga entender o que é uma sala de 10 m<sup>2</sup> ou uma sala de 30 m<sup>2</sup>, não têm uma noção de espaço, portanto as apresentações têm que ser trabalhadas de forma personalizada. Atenção não tem a ver com níveis de literacia. Tem a ver simplesmente com a forma como percebem o espaço ou lêem o espaço, mas nós conseguimos compreender que há pessoas que têm maior facilidade de compreender um render, outras que não têm capacidade de compreender um render e aí temos que fazer uma maquete à 'antiga', , da mesma forma

que há pessoas que não conseguem compreender uma realidade virtual quando lhes é apresentada. Vêm, mas depois mais tarde no processo percebes que afinal não entendeu assim bem o que estavas a mostrar. Ou seja, a liberdade de navegação também tem um bocado a ver com isso, dependendo do projecto e dependendo do cliente, assim se dá liberdade de navegação ou não se dá ou se dá apenas pontos fixos e visualizações 360°.

### **9. A liberdade dada ao cliente acaba por dificultar o projecto?**

Não, não necessariamente.

#### **a. Uma coisa é ponto fixo, outra coisa é o cliente navegar no projecto.**

É diferente, mas repara, depende do objectivo da apresentação e depende da eficácia da apresentação, não é uma resposta única. As variáveis são distintas, ou seja, há clientes e há projectos que interessam que estejam só num determinado ponto fixo porque queres que entendam aquele ponto, queres ali sentados naquele sítio e que não se mexam para perceber e comunicar o projecto. Há outros clientes ou projectos em que te interessa que naveguem e percebam a sequência dos espaços. Não é uma resposta única, da mesma forma que há clientes e ou projecto que a melhor forma de apresentação é uma maquete de cartão.

### **10. Quais as principais mais-valias e dificuldades (problemas que gostaria de ver resolvidos)?**

Já falamos disso.

**11. Qual o balanço que faz e que futuro vê para estas ferramentas em termos de uso e de tecnologia?**

Para a NOZ elas são parte integrante do processo de arquitectura.

**Motores de jogos e Assets**

**12. Que tecnologia usa? Plugins, motores de jogos? Quais?**

Enscape e Revit Live.

**13. Como é o processo de preparação de um modelo para RV? Quanto tempo demora em média?**

-

**14. Modelam os vossos próprios assets (móveis, vegetação, avatares, automóveis), usam assets gratuitos, usam as famílias do software BIM ou compram?**

Do software BIM.

**15. Fazem as vossas texturas ou usam sempre já feitas?**

-

**16. O que acha dos mercados de assets? Tem muita saída?**

-

**17. Com a evolução dos plugins para BIM, como vê o futuro dos motores de jogos nesta área?**

Neste momento os motores de jogos, a utilidade deles está a ser cada vez mais reduzida, porque os plugins já fazem muita coisa que os jogos fazem.

## **7.3. Anexo C – Entrevista Transcrita – CR Espassos**

### **História, Aprendizagem**

#### **1. Qual a sua experiência de utilização de RV? Quando começou, que motivou?**

Começamos com a Realidade Virtual, a sério, há três anos. A dificuldade que nós temos na arquitectura é o cliente não estar habituado a ler em planta. E depois o que acontece é que as pessoas têm vergonha de dizer que não perceberam, ao fim de nós explicarmos vinte vezes a mesma coisa [...] Fazes uma imagem destas, mas uma imagem destas é diferente do que estar lá no sítio e ver o espaço se é claustrofóbico, se é alto ou se não é alto. E por mais imagens que se faça do 3D o cliente continua a não perceber, mas diz que percebeu. Depois o grande problema é chegarmos à obra que está a ser executada e o cliente dizer, “mas não foi nada disto que eu pedi, não foi nada disto que nós combinamos”, e nós, “mas é isto que está aqui na planta, a medida certa, está tudo apontado”. Nós vamos ter que alterar, vamos ter sempre que alterar sem apresentar custos porque a culpa foi nossa, para o cliente nós somos os culpados daquilo não estar como vendemos. A partir do momento em que nós inserimos esta realidade virtual, digamos imersiva, em que o cliente pode estar na casa e explorar o espaço, é completamente diferente.

#### **2. Prestam serviços externos nesta área ou só para trabalhos internos?**

Isto já é a nossa ferramenta de trabalho, mesmo quem está a projectar arquitectura, muitas vezes projecta e exporta para vir para aqui ver. Há questões que é preferível ir ao modelo ver do que estarmos só a ver em planta e há muitas coisas que se corrige no modelo quando exportamos. É uma forma de projectar, nós já vamos ao modelo para ver o nosso projecto.

**3. Qual o processo de aprendizagem no início e agora? Cursos, auto-formação, vídeos, colegas?**

Tirei o curso do BIM Manager na Ordem dos Engenheiros, onde tive a noção disto tudo. Sempre tive curiosidade de inovação, novas tecnologias.

**4. Sentiu/sente falta de formações nesta área? Com que conteúdos: *devices*, *plugins BIM*, *motores de jogos*, *rendering*, *assets* e *texturas*?**

Sentimos sempre porque quem está à frente tem que ir a desbravar caminho. Não há formações de nada, ninguém sabe fazer nada, ninguém experimentou ainda, é essa a dificuldade que nós temos. Nós vemos é pessoas que vêm cá ter connosco para aprenderem alguma coisa. Temos a sorte do Ricardo Resende, é também um explorador que está sempre a inovar e temos tido alguma força do ISCTE. Quando vêm colaboradores novos, temos formadores que vêm cá dar formação inicial para trabalhar com os programas porque as faculdades neste momento não estão a ensinar a trabalhar com o Revit.

### **Utilização da Realidade Virtual**

**5. Em que fases do projecto usa a RV e como a usa (comunicar o projecto a terceiros, análise do local, apoio à concepção, projecto de execução, apoio à obra, apoio à gestão do edifício)?**

Em todas as fases. Já estamos a aplicar isso na obra e também nas especialidades. Ter este apoio, esta ferramenta em obra, é o que nós pretendemos. Por mais desenhos que faça 2D, é diferente, não consigo dar a ideia total. Ou é uma pessoa que já percebe muito de obra e capta logo o que vai fazer, ou então vamos ter que fazer corte de um lado, corte de outro, vista de cima e vista de baixo. Às vezes não sabem ler plantas e é uma confusão total, não só nas especialidades como também na arquitectura.

**6. Que tipo de visualização fazem? Renders, vídeos, VR 360, VR livre, AR, outros?**

VR livre.

**7. Quem são os clientes habituais? Projectistas, promotores, imobiliárias, donos de obra (cliente final)**

Clientes finais de obra e clientes que têm indústrias e querem ver aqui o espaço.

**8. Que liberdade de navegação/visualização dão ao cliente? Qual a reacção habitual?**

Andam livremente, eu quando modelo o projecto todo é para andar livremente pelo modelo.

**9. A liberdade dada ao cliente acaba por dificultar o projecto?**

Não. Facilita. O cliente ver o modelo antes, só facilita, ele vê os problemas e ajuda-nos a resolver o projecto. Nós temos aqui um caso de um cliente que queria um arquivo morto. Transformamos e ampliamos uma garagem que tinha cerca de 5 metros de altura e o cliente decidiu pôr estantes para meter o máximo de arquivos. Começamos a medir os corredores, o cliente simulou no seu gabinete que a medida para os corredores de 90 centímetros seria suficiente. Achei um bocado apertado, modelei o edifício e exportei para o plugin, disse ao cliente para aumentar os corredores porque era claustrofóbico, quando ele veio cá experimentar com os óculos concordou logo em aumentar.

**10. Quais as principais mais-valias e dificuldades (problemas que gostaria de ver resolvidos)?**

A mais-valia é a facilidade que o cliente tem para perceber o projecto. As dificuldades que temos neste momento é estar preso a uma parede e não conseguimos transportar. O computador que tem que ser uma boa máquina para conseguir processar as trinta imagens por segundo para cada olho, que são diferentes, mais a imagem do monitor.

**11. Qual o balanço que faz e que futuro vê para estas ferramentas em termos de uso e de tecnologia?**

Gostaria de levar esta tecnologia para a obra, e os empreiteiros a implementassem nas suas obras, havendo sempre a possibilidade da realidade aumentada.

**Motores de jogos e Assets**

**12. Que tecnologia usa? Plugins, motores de jogos? Quais?**

Apenas a plataforma da Autodesk.

**13. Como é o processo de preparação de um modelo para RV? Quanto tempo demora em média?**

É directo do Revit para o LIVE, os modelos mais complexos podem demorar 15min.

**14. Modelam os vossos próprios assets (móveis, vegetação, avatares, automóveis), usam assets gratuitos, usam as famílias do software BIM ou compram?**

Usamos assets gratuitos a não ser que não existam e tenha de ser criados por nós, por exemplo mobiliário específico.

**15. Fazem as vossas texturas ou usam sempre já feitas?**

As que já estão feitas

**16. O que acha dos mercados de assets? Tem muita saída?**

É relativo, pois no nosso caso não vamos para a decoração de interiores então ficamos muitas vezes apenas por cores em paredes e algum mobiliário apenas para exemplificar.

**17. Com a evolução dos plugins para BIM, como vê o futuro dos motores de jogos nesta área?**

Não tenho opinião.

Vertente Prática

**Casa da Cultura de Carcavelos**



# **1. Estrategia de Grupo**

## Memória Descritiva

O local de trabalho é na freguesia de Carcavelos, concelho de Cascais. Após a visita ao terreno, optou-se por escolher como local de intervenção as Baterias de São Gonçalo, uma zona com história, dedicada à Defesa. Este local despertou o interesse pela forma como a arquitectura, de construção robusta típica das construções militares, se integra na paisagem verde que acabou por se apoderar de algumas estruturas. A estratégia de gupo propõe a requalificação da zona e a construção de dois novos edifícios: Residência Universitárias e Casa da Cultura.

### ESTRATÉGIA:

1ª. A reconstrução das Baterias militares, que se encontram degradadas, pretendendo desta forma preservar parte das suas estruturas e reconverter o espaço verde numa área dedicada ao lazer, transformando-a num Parque Urbano. De forma a controlar a passagem no mesmo, o parque dispõe de três pontos de acesso: um a Nordeste junto ao projecto das Residências Universitárias, um a Noroeste e por último um a Sul junto do projecto da Casa da Cultura.

2º. Quanto à edificação existente, esta terá duas funções: uma museológica, dedicada à memória do que aquele local representou; e uma de serviços, com espaços que podem ser alugados a ateliers ou de apoio às actividades do parque urbano, com o objectivo de dinamizar esta área verde.

3º. Propõe-se a construção de uma Residência Universitária para dar resposta à falta de alojamento, devido à crescente afluência de estudantes, impulsionada pela abertura da NOVA SBE (Nova School of Business and Economics).

4º. Construção do edifício da Casa da Cultura, como ponto de referência e entrada para o parque urbano. Este tem como objectivo oferecer à comunidade local um espaço destinado a eventos culturais e exposições, que se ligam ao exterior (sala de eventos voltada para a praça, servida de um anfiteatro), um espaço de cafetaria e uma sala de leitura/estudo.



Planta de Localização | Proposta de Grupo

Prática de Tiro em Março de 1935 na Bateria de São Gonçalo



Fonte: <http://manuelc2005.blogspot.pt/2015/05/bateria-de-costa-de-sao-goncalo.html>

## Fotografias actuais das Baterias de São Gonçalo

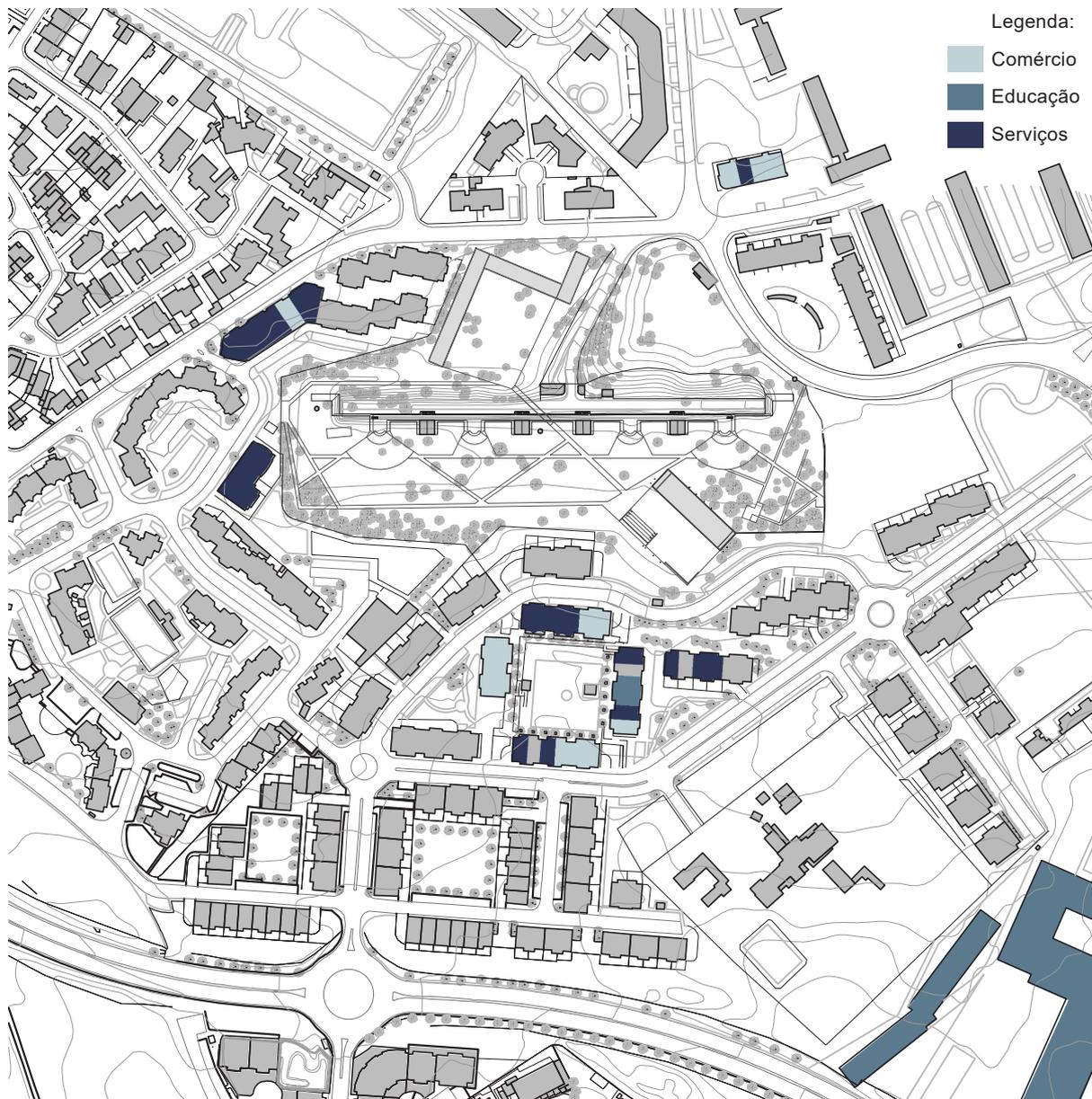


Fotografias dos locais de intervenção:

- Avenida Dr. Francisco Lucas Pires - Residência Universitária
- Rua Alemanha - Casa da Cultura

A análise feita à envolvente permite perceber que os usos são maioritariamente destinados a habitação e alguns usos mistos de comércio, educação e serviços.

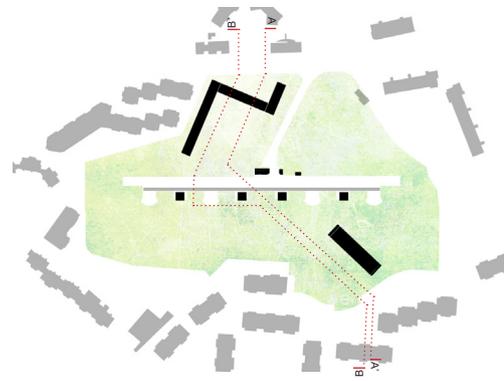




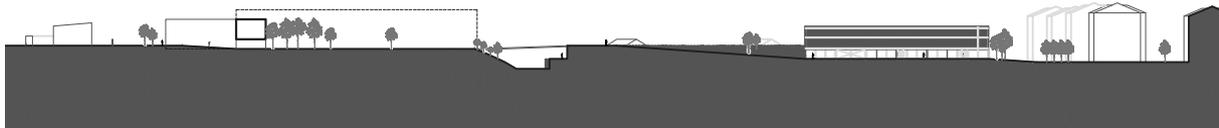


Planta de Localização | Proposta de Grupo





Planta esquemática com inidcação dos perfis



Perfil A-A' | Proposta de Grupo



Perfil B-B' | Proposta de Grupo



A proposta de grupo passa pela requalificação da Bateria de São Gonçalo. A intenção é dar vida a esta zona verde, actualmente degradada e ao abandono, que em tempos serviu os militares, sendo escolhida pela sua geografia privilegiada.

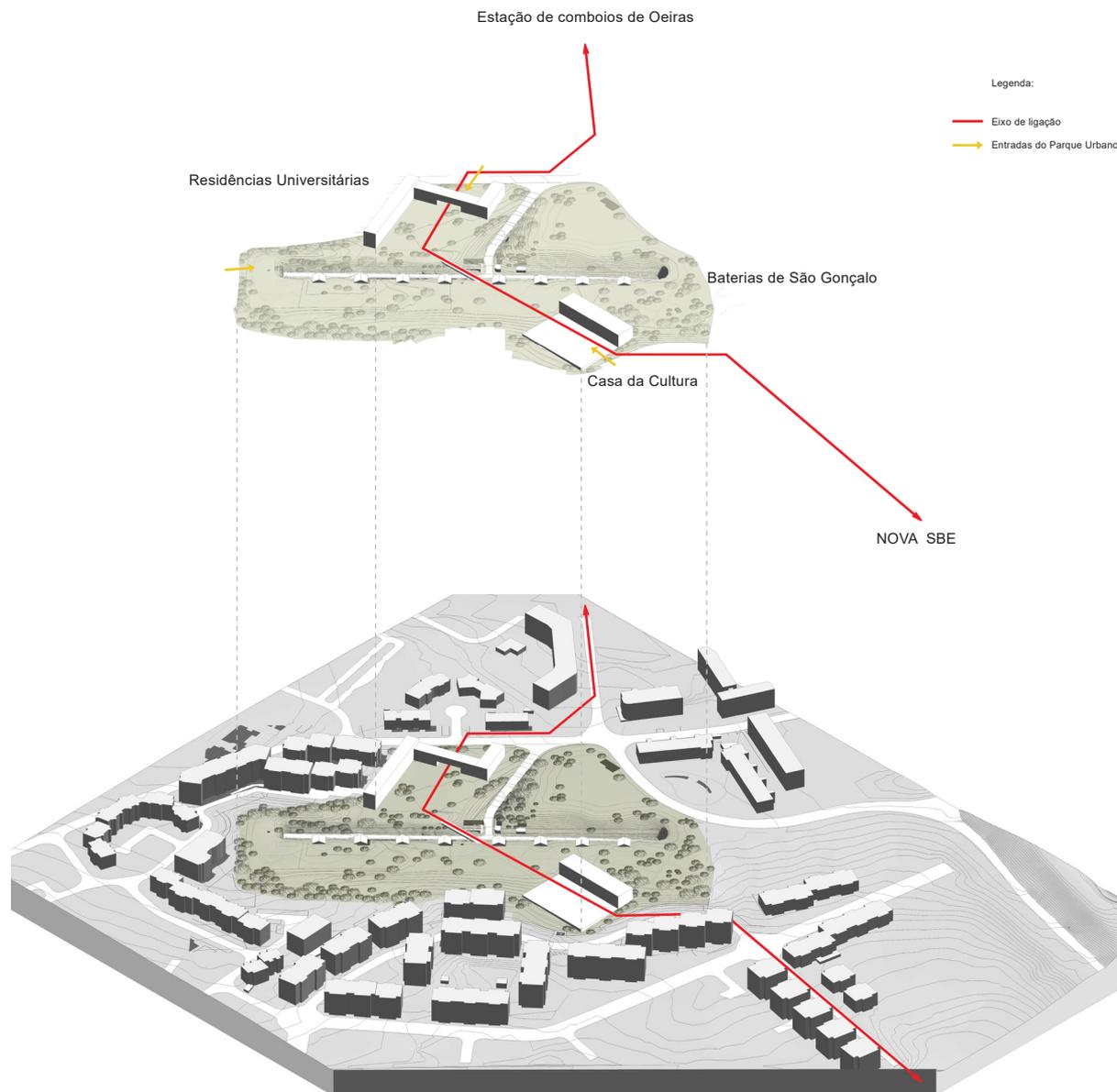
A intervenção é dividida em 4 momentos:

1º. Requalificação do espaço verde tornando-o num Parque Urbano. A possibilidade de poder usufruir de um parque com história (relacionada com a Defesa), enquanto se preserva esta área verde, destinada à comunidade. Este Parque Urbano tem três pontos de acesso - a Nordeste, junto ao projecto das Residências Universitárias; a Noroeste; e Sul, junto ao projecto da Casa da Cultura.

2º. A edificação existente das baterias terão duas funções : museológica e serviços (ateliers, espaços de apoio ao parque).

3º. Construção de Residências Universitárias em resposta à falta de alojamento para os estudantes universitários.

4º. Construção da Casa da Cultura para servir a comunidade, com eventos culturais e como ponto de entrada e apoio ao parque.



Esquema síntese da proposta



## **2. Proposta Individual**

O edifício desenvolve-se numa planta linear, marcando uma das entradas para o Parque Urbano. É uma estrutura que se relaciona com o parque, a Este, e se volta para um espaço exterior a Oeste, uma praça servida de anfiteatro.

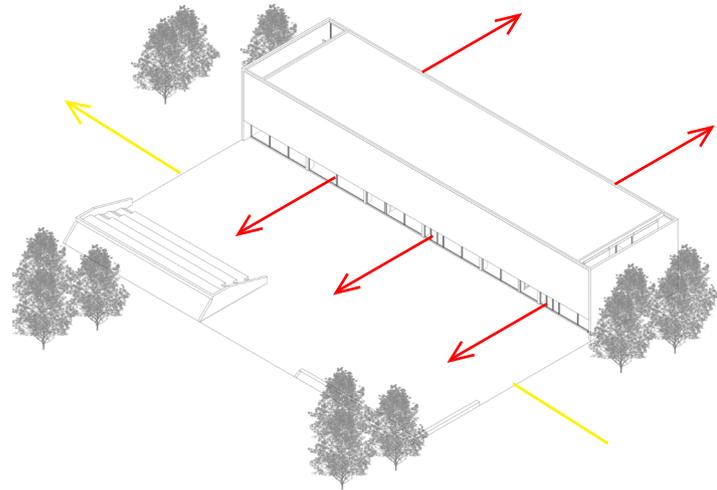
O edifício é composto por três elementos:

- Um bloco programático linear “transparente” que se relaciona com o exterior;
- Dois painéis metálicos perfurados - nas fachadas voltadas para Este e Oeste - criam a ideia de um volume suspenso e funcionam como um “filtro” entre o espaço interior e exterior.
- Uma “capa” de betão que agarra todos os elementos ( o bloco e os painéis metálicos).

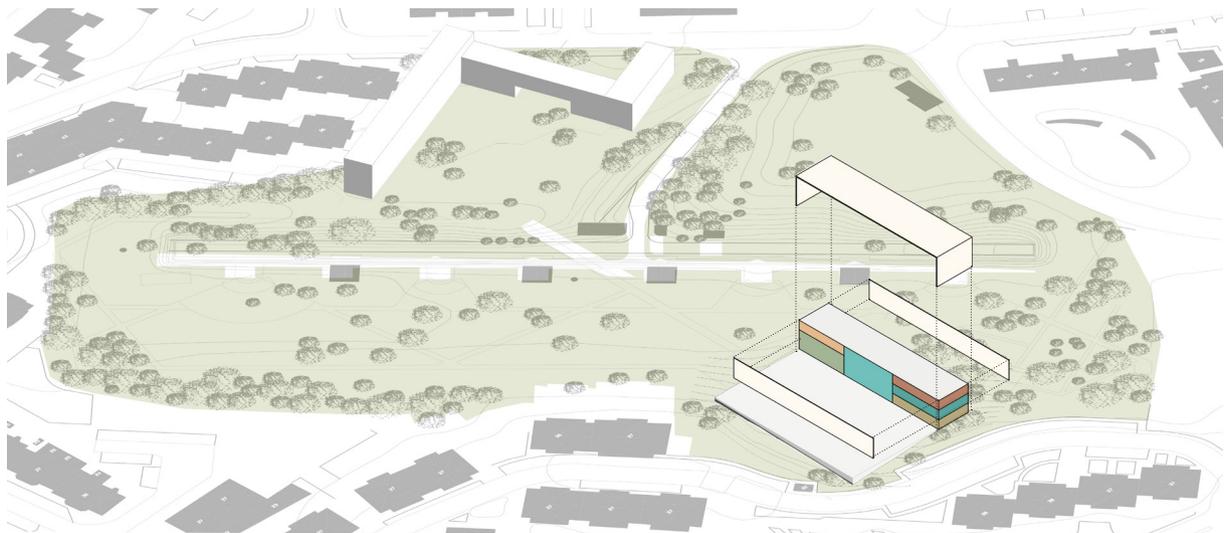
O edifício é composto por três pisos:

- Piso 00 com um hall de entrada e espaço expositivo amplo, uma cafetaria e uma sala de eventos, podendo expandir-se para a o anfiteatro e praça;
- Piso 01 é dedicado a um espaço para exposições, com relação visual para o exterior a Este e Oeste;
- Piso 02, da mesma forma que o anterior, mantém a relação visual a Este e Oeste, desenvolvendo-se, nas extremidades Norte e Sul, uma sala de estudo/leitura e espaço administrativo, com gabinetes e sala de reuniões, respectivamente.

- Legenda:
- Sala de Estudo
  - Sala de Eventos
  - Hall de Entrada e Espaço Expositivo
  - Espaço Expositivo
  - Cafetaria
  - Administração

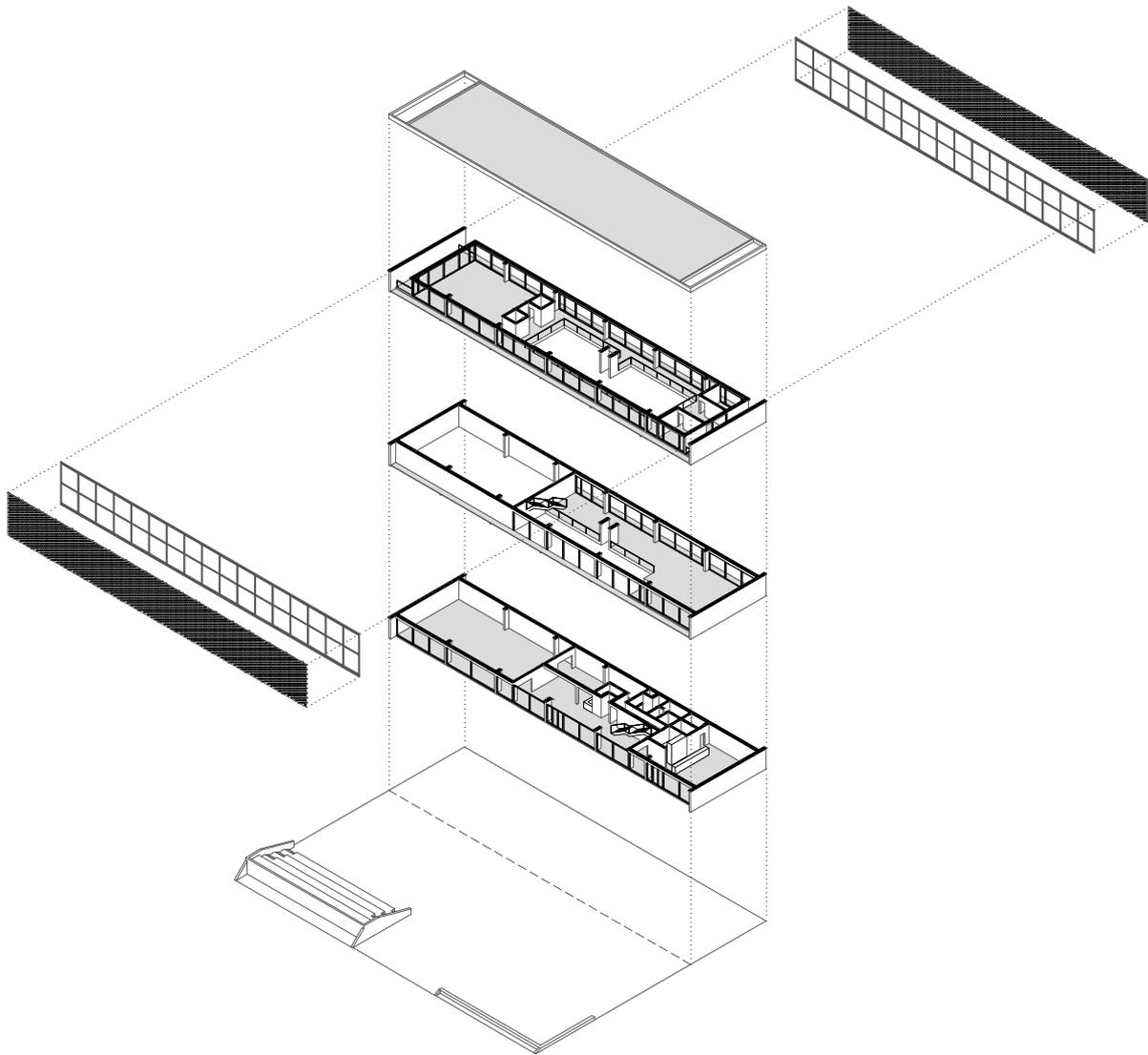


Esquema Relação com exterior

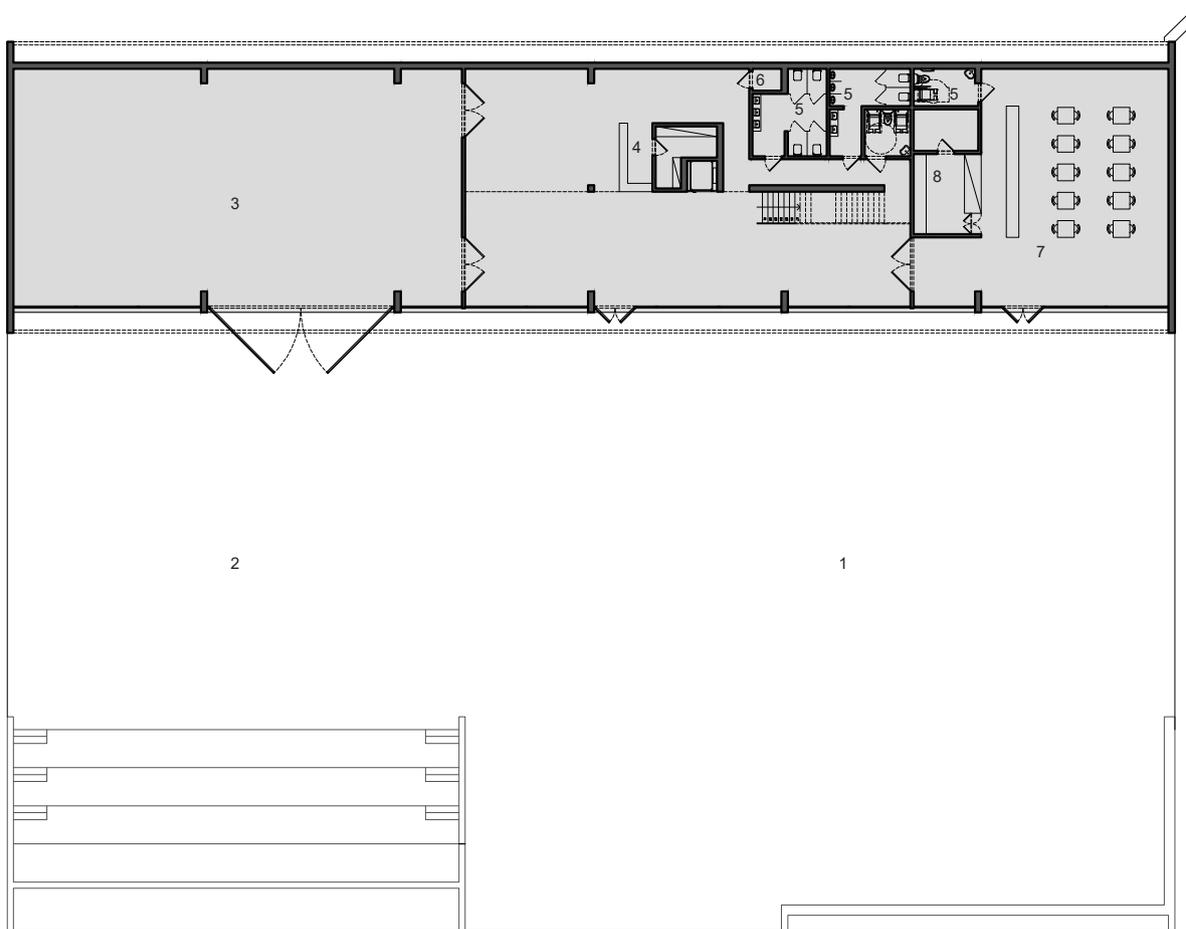


Esquema Programa

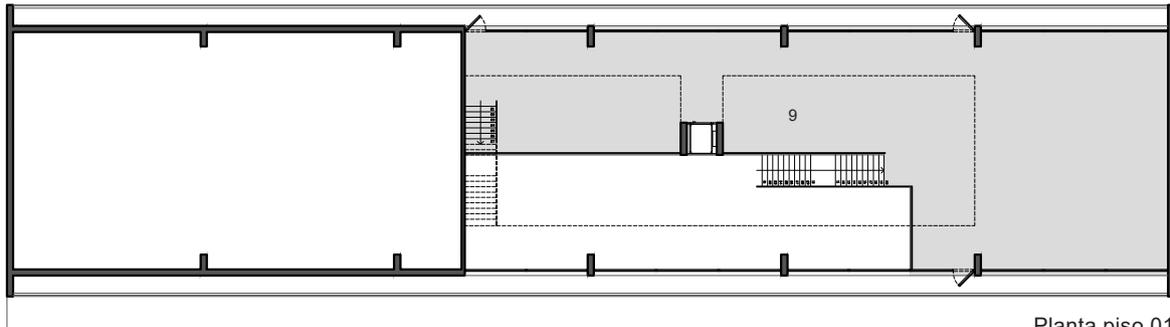




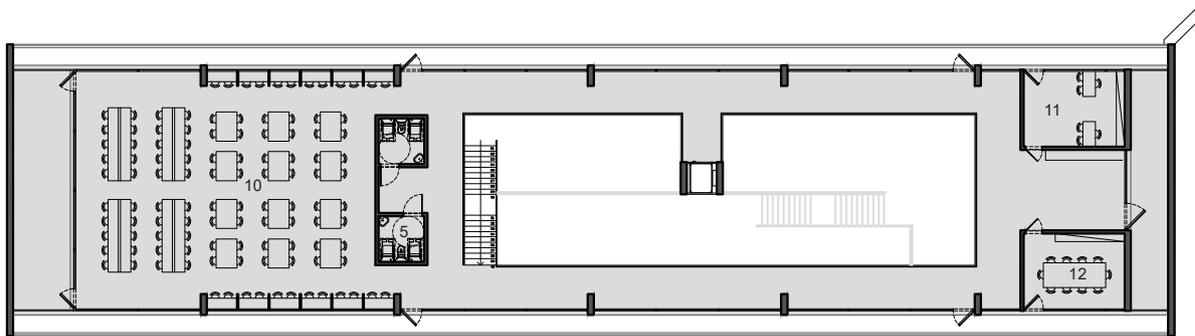
Axonometria



Planta piso 00



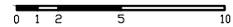
Planta piso 01

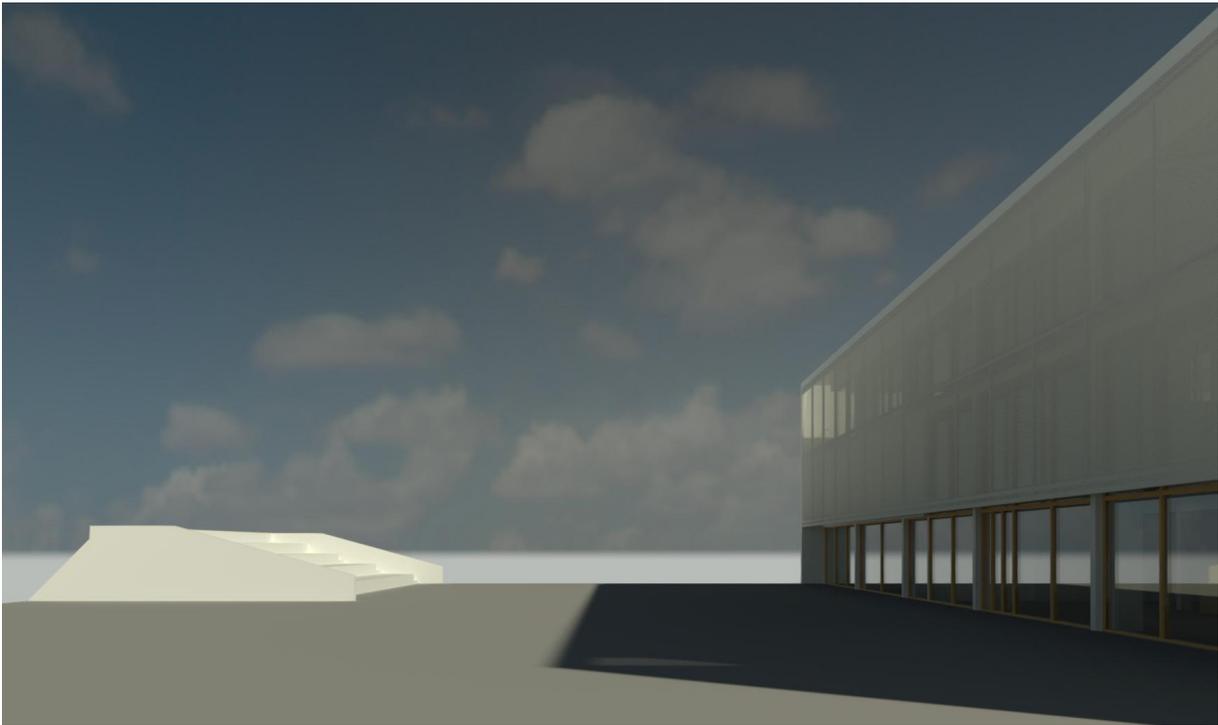
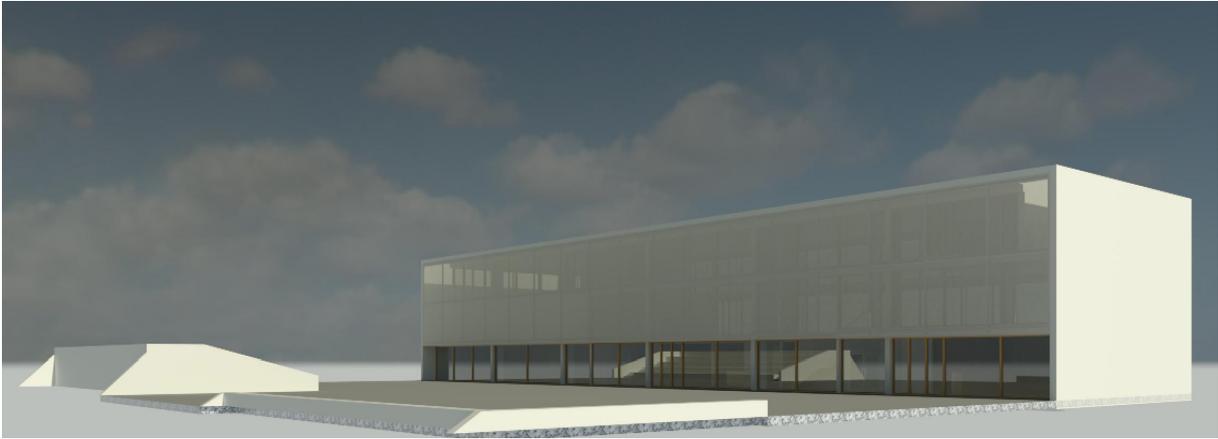


Planta piso 02

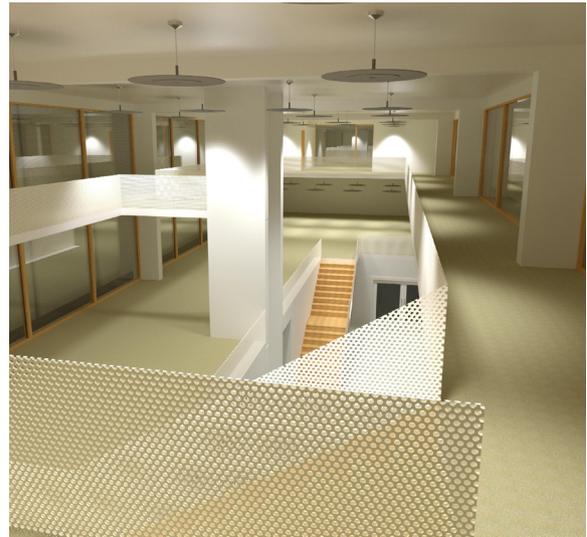
Legenda:

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| 1. Praça                   | 8. Zona de preparação de Alimentos e arrecadação |
| 2. Anfiteatro              | 9. Exposição                                     |
| 3. Sala de Eventos         | 10. Sala de Estudo                               |
| 4. Recepção com Bengaleiro | 11. Gabinetes                                    |
| 5. Instalações Sanitárias  | 12. Sala de Reunião                              |
| 6. Arrecadação             |  |
| 7. Cafeteria               |  |

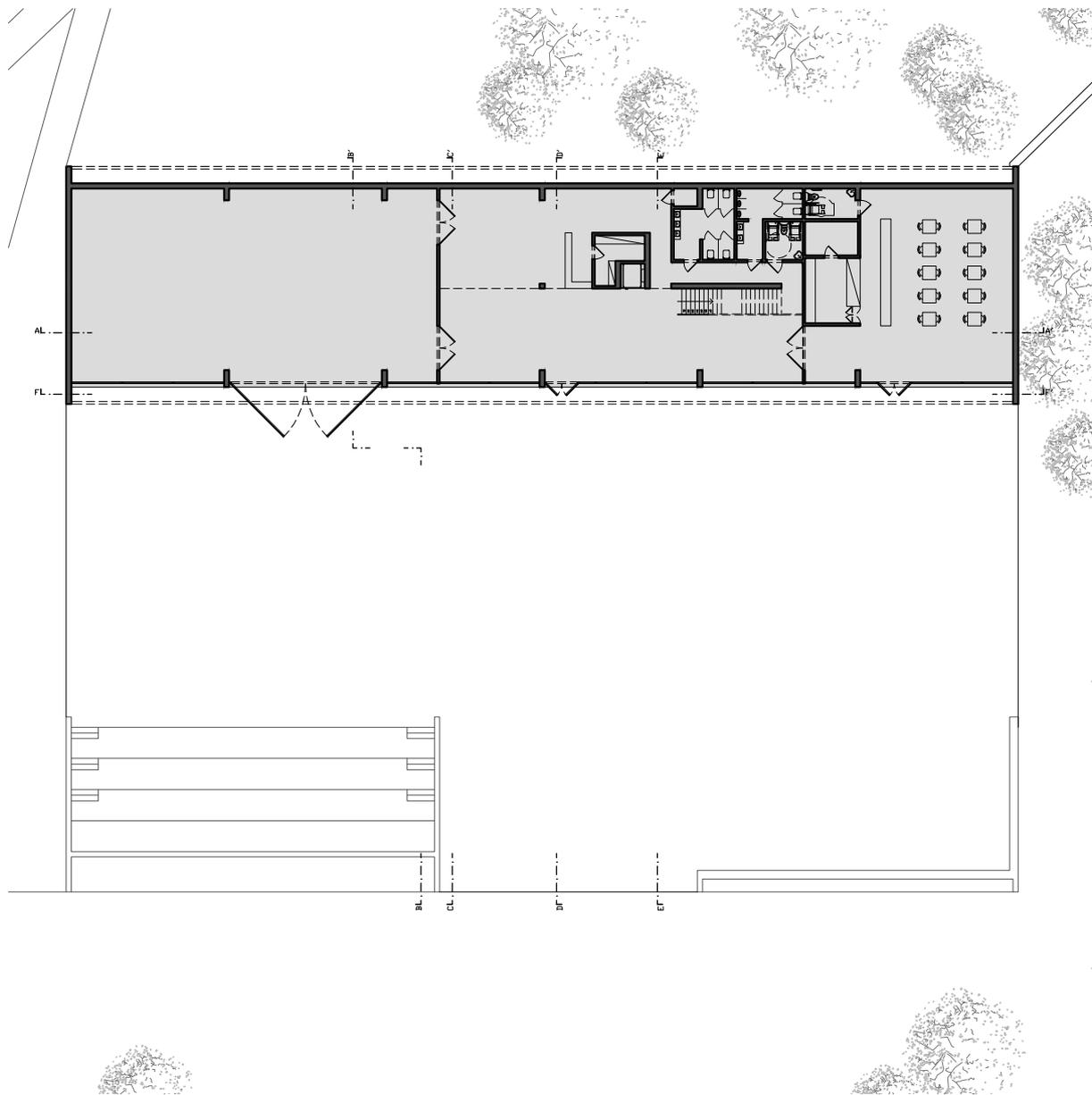






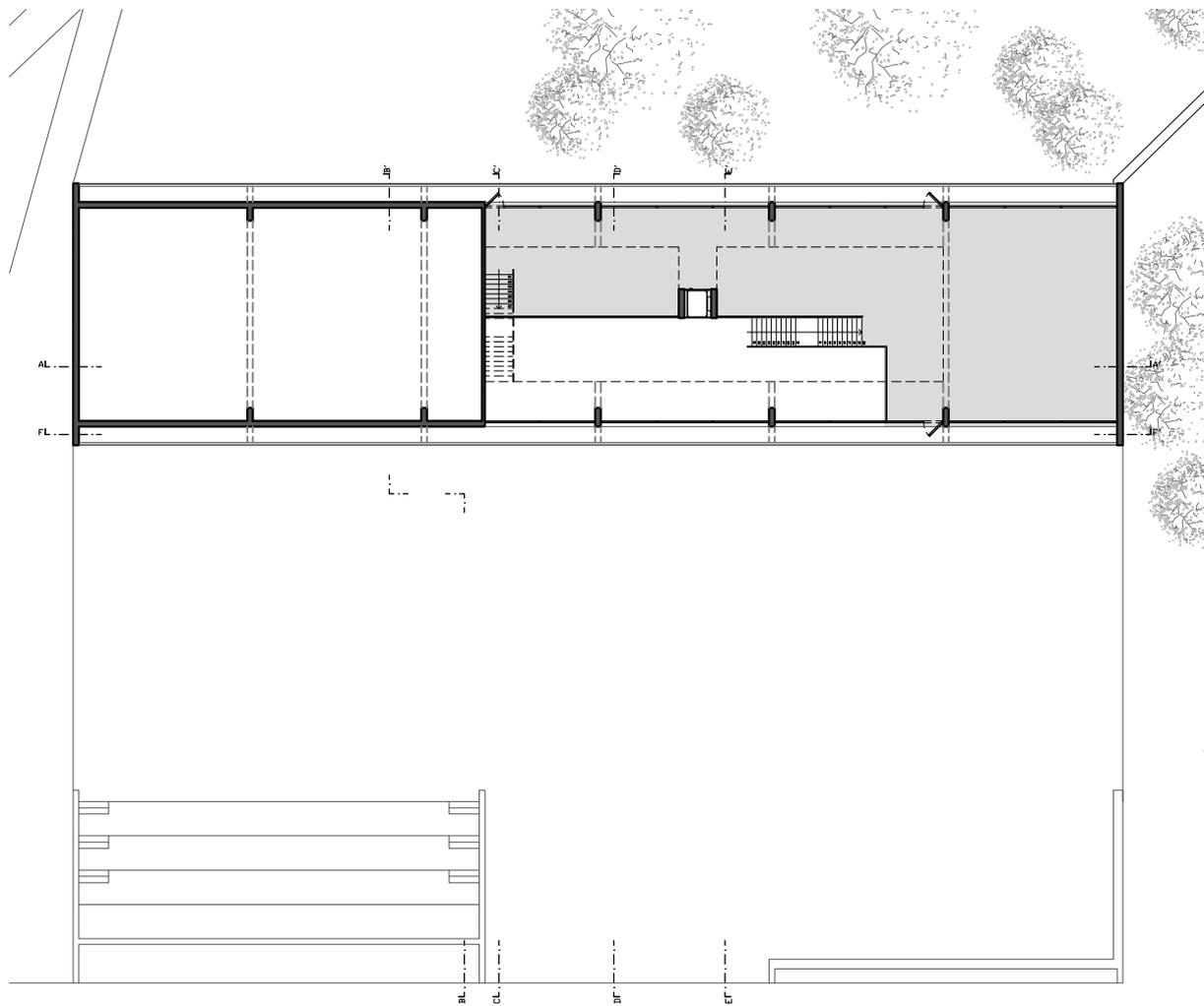


### **3. Desenhos Técnicos**



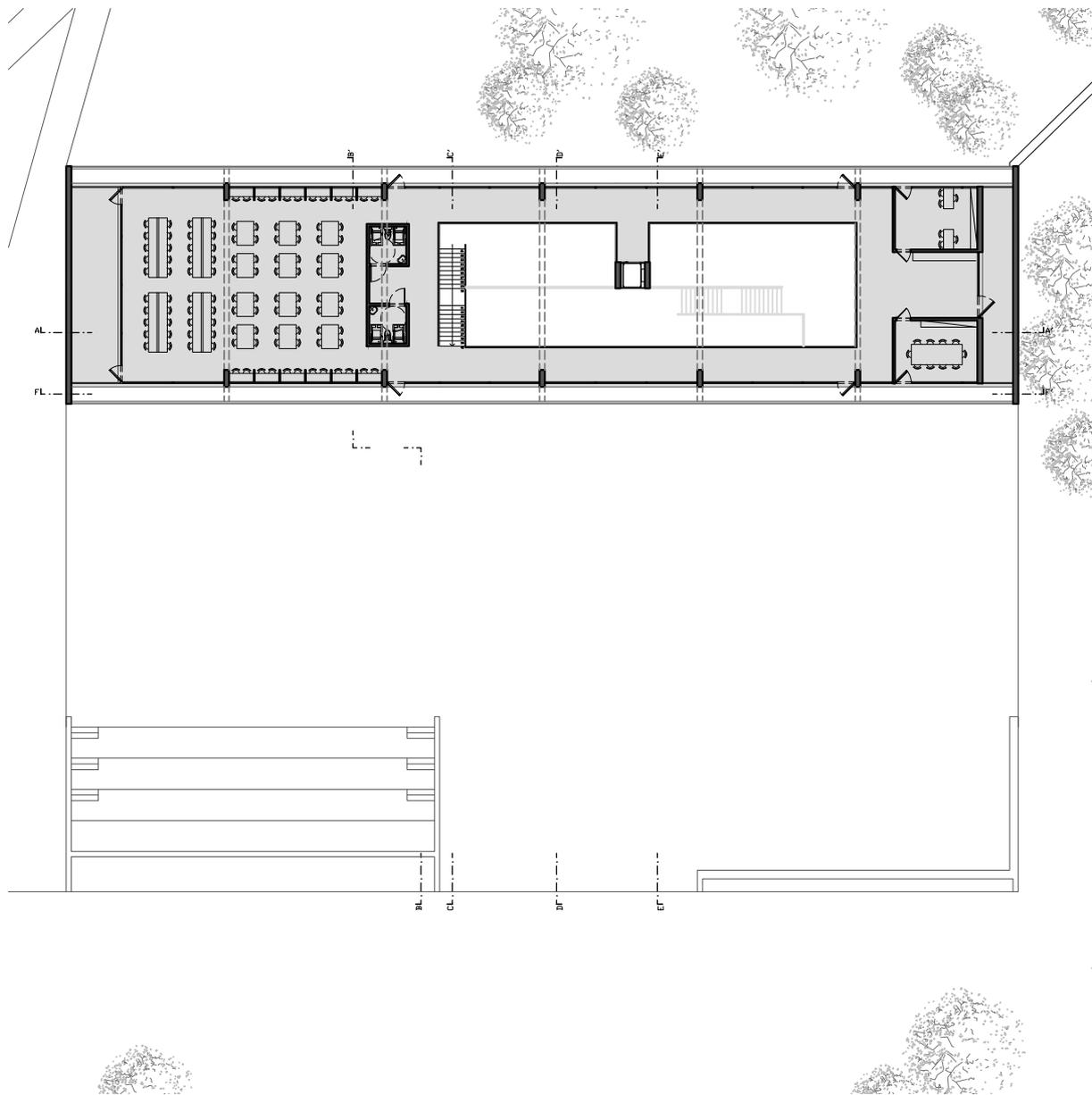
Casa da Cultura | Planta Piso 00 | Escala 1/400





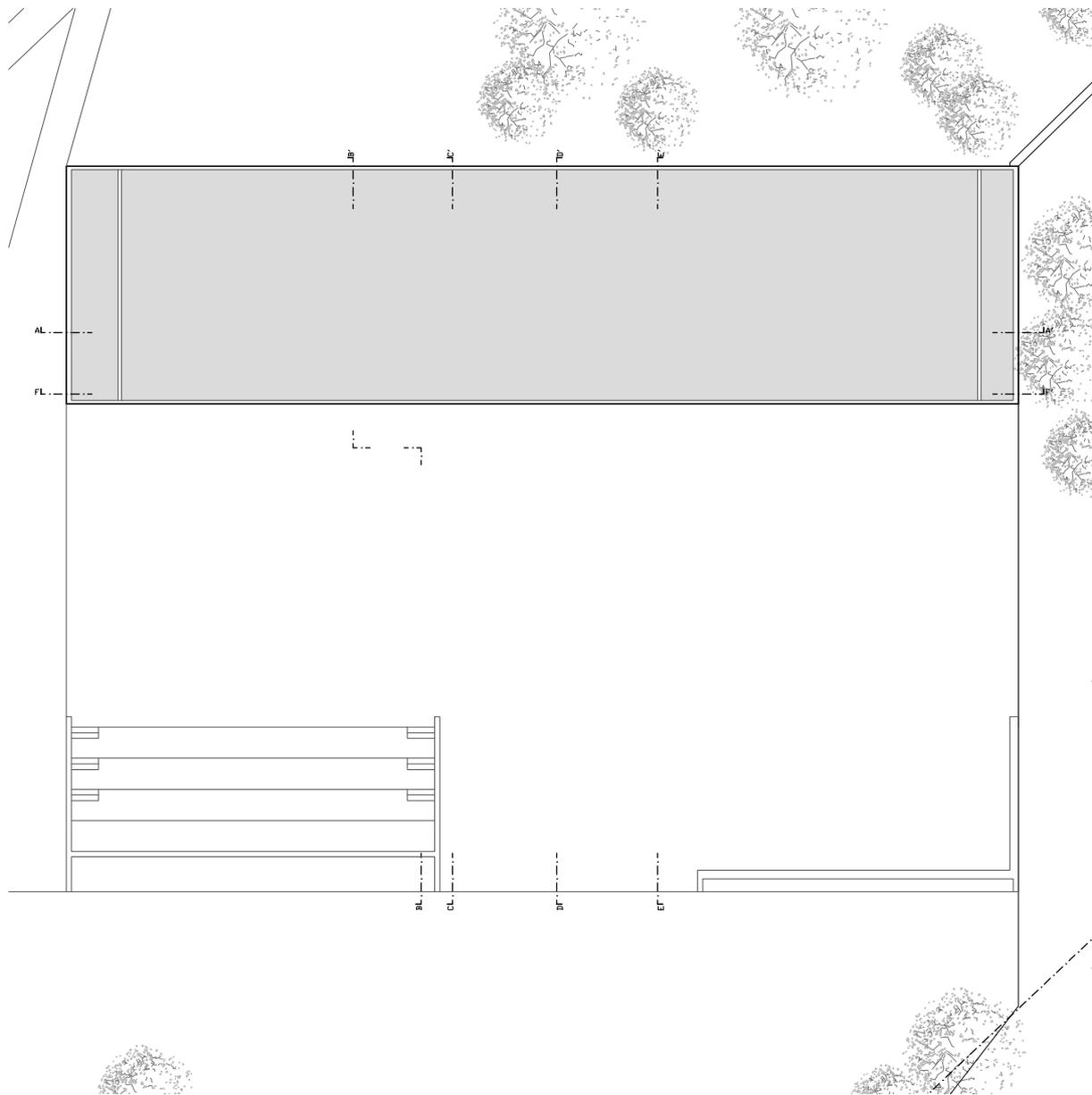
Casa da Cultura | Planta Piso 01 | Escala 1/400





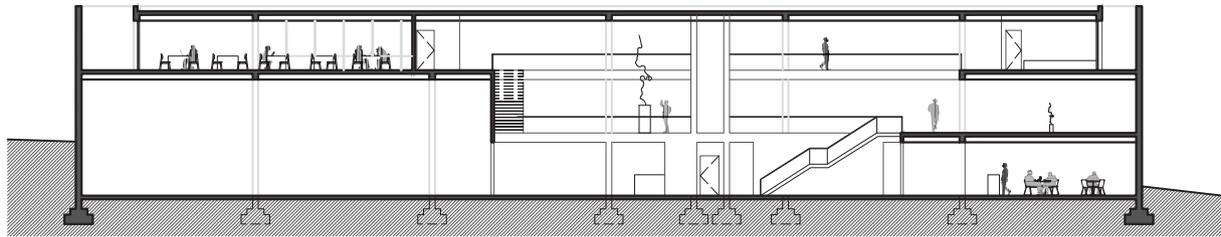
Casa da Cultura | Planta Piso 02 | Escala 1/400



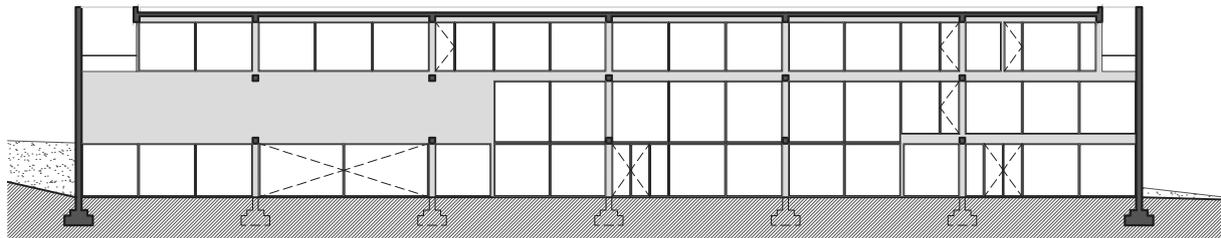


Casa da Cultura | Planta Cobertura | Escala 1/400

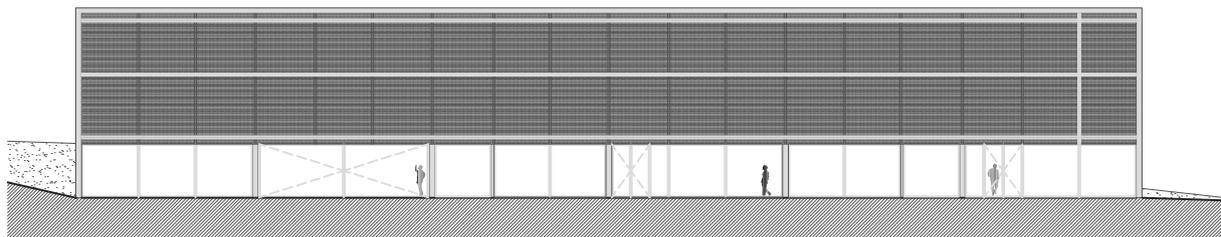




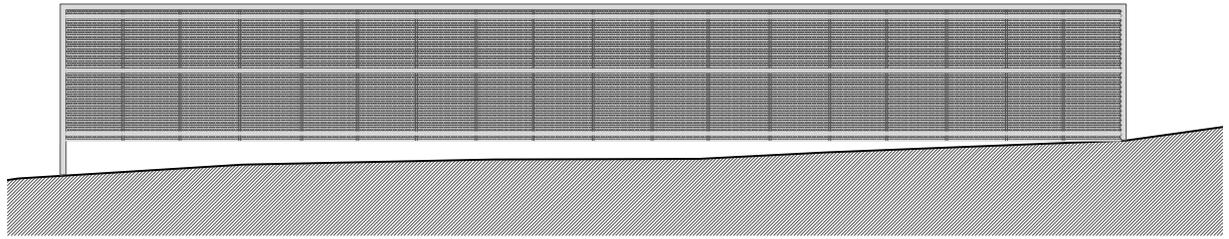
Corte A-A'



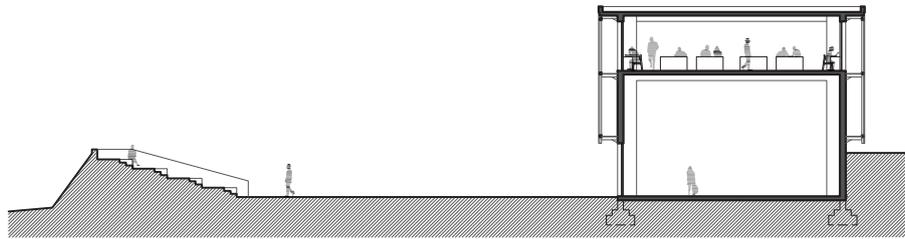
Corte F-F'



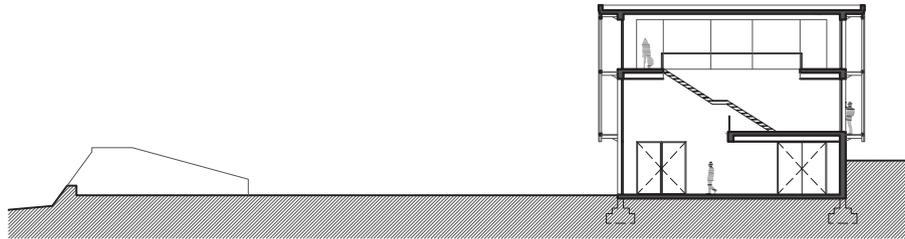
Alçado Oeste



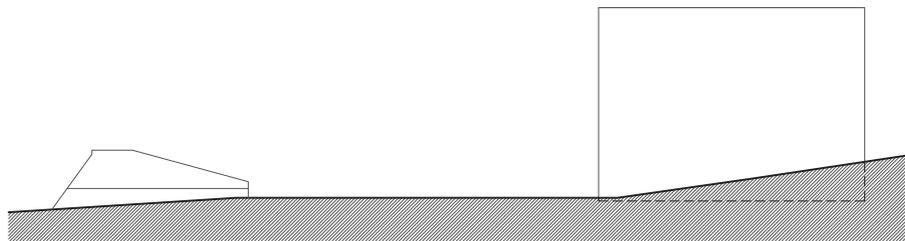
Alçado Este



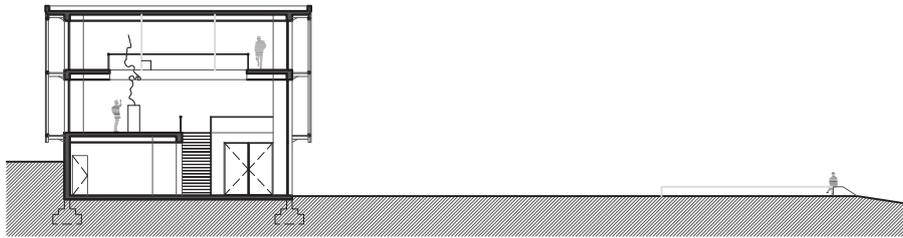
Corte B-B'



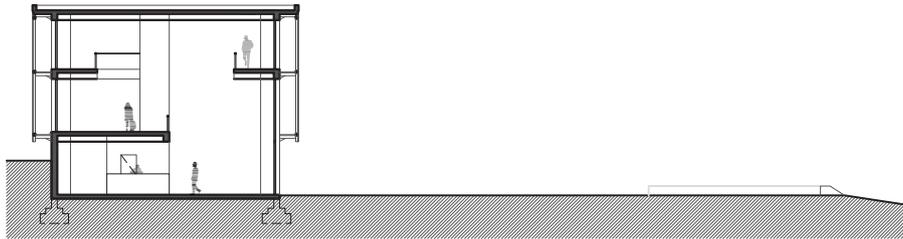
Corte C-C'



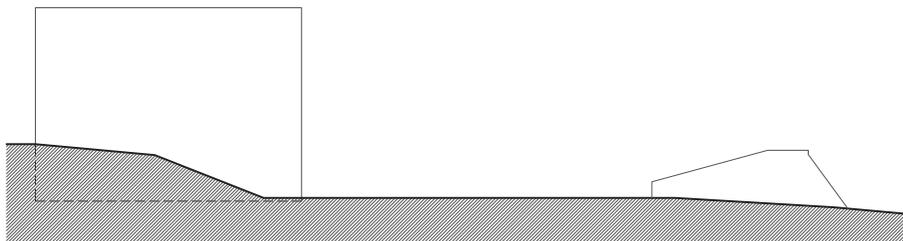
Alçado Sul



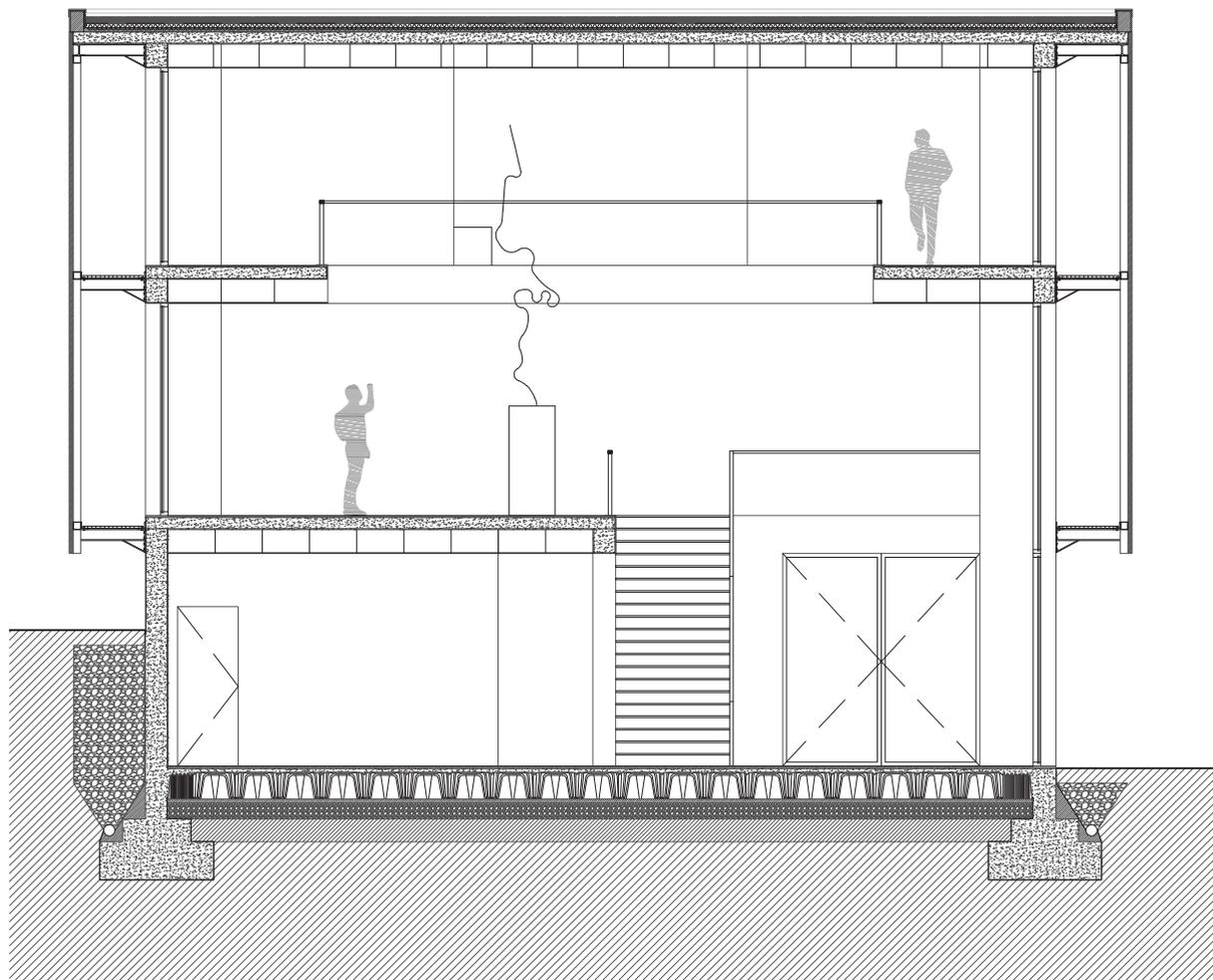
Corte E-E'



Corte D-D'



Alçado Norte



Casa da Cultura | Corte Construtivo (1/50) | Escala 1/100