Arquitectura ou Revolução

Learning from the satallite

Portela de Sacavém . Igreja e Centro Paroquial

VISUALIZAÇÃO E INTERAÇÃO EM REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA

Modos de Visualização para Arquitetura — Sistema VIARModes

Astúcia - Artes Gráficas, Lda.

ISCTE IUL
Instituto Universitário de Lisboa

DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

MESTRADO INTEGRADO EM ARQUITETURA
Projeto Final de Arquitetura . 2013|2014
Luís Miguel Figueiredo Coroado . 34193

I . VERTENTE PRÁTICA
Arquitectura ou Revolução - *Learning from the satallite*
Grupo de trabalho:
Gonçalo Velinho | João Miguel | Luís Coroado | Nuno Mendonça
Parte Individual
Portela de Sacavém . Igreja e Centro Paroquial
Orientador
Paulo Tormenta Pinto - Professor Auxiliar do ISCTE-IUL

II . VERTENTE TEÓRICA
Laboratório de Tecnologias da Arquitetura
Arquitetura na Revolução Industrial 3.1
VISUALIZAÇÃO E INTERAÇÃO EM REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA:
Modos de Visualização para Arquitetura – Sistema VIARModes
Orientadora
Sara Eloy - Professora Auxiliar do ISCTE-IUL

As fotografias e imagens que compõe este trabalho são da autoria do grupo de trabalho ou de autor, excepto quando indicação em contrário.

Impressão - Astúcia - Artes Gráficas, Lda

Lisboa . Outubro de 2014

AGRADECIMENTOS

À Professora Sara Eloy, pelo entusiasmo, dedicação e disponibilidade no desenvolvimento deste trabalho teórico, e pela partilha de conhecimentos ao longo destes 5 anos.

Aos Professores de Projeto Final de Arquitetura, Paulo Tormenta Pinto e José Neves, pela partilha de conhecimentos e, em especial ao Professor Paulo, pela orientação e entusiasmo nas conversas sobre Arquitetura.

Aos Professor Miguel Sales Dias e Sara Eloy, pela confiança depositada e por reunirem todos os meios necessários ao desenvolvimento deste trabalho teórico através da ADETTI-IUL e Microsoft Portugal, e a toda a equipa que contribuiu para os resultados obtidos – Tiago Pedro, Jorge D'Alpuim, Miguel Carreiro, Nélson Carvalho e Ana Moural.

Aos meus amigos e colegas de grupo Ricardo, Velhinho e Açor, pela entreajuda, não só nestes último ano, mas em todos os momentos que partilhámos ao longo deste duro curso.

A todos os professores curso de arquitetura que me guiaram neste percurso académico, em especial aos Pedro's (Botelho, Pinto e Mendes) e Bernardo Miranda.

À minha família e pelo constante apoio e motivação e por me terem dado as melhores condições para a concretização deste curso.
Á minha namorada "Narizinho", pela partilha, paciência e dedicação ao longo das últimas etapas escolares, e ao meu irmão e primos pela companhia e ajuda prestada na realização de maquetas.
À minha pequena afilhada Inês por me fazer olhar para o futuro com a vontade e confiança que o meu caminho trará tudo o que espero da Arquitetura.

ÍNDICE GERAL

PARTE 1

1	Worshop de Arranque	10
2	Arquitetura ou Revolução A cidade, Portela de Sacavém	42
3	Projeto Individual Igreja e Centro Paroquial, Portela	74

PARTE 2

1	Introdução	160
2	Estado da Arte	166
3	Realidade Virtual Imersiva em Arquitetura	196
4	Desenvolvimento do Sistema VIARModes para a Arquitetura	208
5	Avaliação de Usabilidade e Satisfação do Sistema VIARModes	234
6	Considerações Finais	245
	Referências Bibliográficas	252
	Lista de Acrónimos	260
	Índice de Imagens	262
	Índice de Tabelas	266
	Anexos	269

PARTE I

VERTENTE PRÁTICA

PARTE 1

1.	**Workshop de Arranque**	**10**
	- Local de Intervenção	16
	- Aproximação ao Lugar	18
	- Características do Edifício	22
	- Escolha do Tema	29
	- Proposta	30
	- Referências	40
2.	**Arquitetura ou Revolução A cidade, Portela de Sacavém**	**42**
	- A cidade	48
	- Satellite City	52
	- Analisar / Intervir	63
3.	**Projeto Individual Igreja e Centro Paroquial, Portela**	**74**
	- Proposta Individual	77
	- A criação de um lugar	80
	- Processo Evolutivo	86
	- Programa	96
	- Arquitetura Religiosa Casos de Estudo	140

ARQUITETURA OU REVOLUÇÃO
LEARNING FROM THE SATELLITE

Portela de Sacavém
Igreja e Centro Paroquial

I . VERTENTE PRÁTICA
Arquitetura ou Revolução - *Learning from the Satellite*

Grupo de Trabalho
Gonçalo Velinho | João Miguel | Luís Coroado | Nuno Mendonça

Parte Individual
Portela de Sacavém . Igreja e Centro Paroquial

Orientador
Paulo Tormenta Pinto - Professor auxiliar iscte-iul

WORKSHOP DE ARRANQUE

1

“Gaiola” para bebés utilizada para garantir que as crianças, que morassem em apartamentos, recebessem luz solar e ar fresco suficiente.

Workshop de Arranque

Learnign from the satellite

A disciplina de Projeto Final de Arquitetura do presente ano letivo baseou-se no tema "Arquitetura ou Revolução – Learning from the Satallite", explorando-se, para este primeiro exercício de arranque, o desenvolvimento urbano ocorrido entre os anos 80 e o início do séc. XXI.

Esta época, marcada pela série de vaivéns lançados pela NASA, entre eles o "Columbia", coincide com o período de tempo onde se assistiu a uma profunda expansão do território um pouco por toda a Europa. O crescimento demográfico e a migração populacional de pessoas vindas de zonas rurais para as grandes cidades, procurando melhores condições de vida, agravaram o problema da falta de habitação. Como resposta foram surgindo empreendimentos privados, como os bairros de génese ilegal, que rapidamente progrediram numa uma expansão desordenada e sem planos urbanísticos.

No contexto português, a rápida expansão das cidades litorais deu origem a uma série de operações suburbanas com investimentos muito baixos relativamente à qualidade dos projetos. As cidades, e sobretudo a sua periferia, foram crescendo de forma descontrolada, consoante a oferta de terrenos e a sua proximidade a grandes estruturas viárias, surgindo bolsas de construção dispersas em torno destas. Durante este período, assistiu-se assim a uma consolidação das áreas periféricas de Lisboa, sobretudo para norte (Lumiar, Telheiras, Ameixoeira, Odivelas, Amadora, etc.), surgindo novas centralidades com uma escala menor.

Com base neste tema foi proposto a intervenção num edifício da Área Metropolitana de Lisboa que se enquadrasse de forma histórica e geográfica no tema lançado, sendo escolhido um edifício localizado junto à Calçada de Carriche. Esta infraestrutura viária, era no seculo XX, a principal artéria de ligação entre a cidade de Lisboa e os bairros periféricos a Norte, sendo este um dos fatores principais para o crescimento urbano da coroa Norte.

Após uma cuidada análise do seu contexto histórico, e com a premissa de apenas estar disponível um orçamento fictício de 10.000 euros, foi desenvolvido em grupo uma proposta com o objetivo de resolver os problemas mais evidentes, proporcionando aos seus habitantes uma maior qualidade de vida. Este trabalho baseou-se sobretudo no tema das varandas transformadas em marquises, tentando-se perceber as razões para a ocorrência deste fenómeno através de análises e do diálogo com os habitantes. Por fim foi proposto uma solução alternativa que satisfaça genericamente as necessidades associadas a esta transformação.

Calçada de Carriche, vista para Lisboa Norte

LOCAL DE INTERVENÇÃO

Quinta das Lavadeiras
Lumiar, Lisboa

Estrada do Lumiar em direção ao Senhor Roubado. 1938.

Calçada de Carriche 1961.

(Calçada de Carriche, 2010)

Calçada de Carriche, 1961.

Calçada de Carriche, 1961.

Já no Senhor Roubado, vista de Odivelas para a Calçada de Carriche 1961.

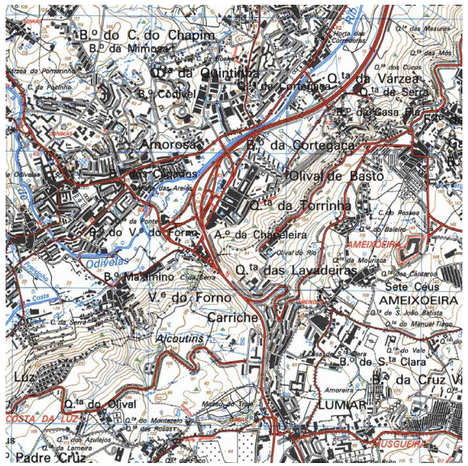
(Calçada de Carriche, 2010)

APROXIMAÇÃO AO LUGAR

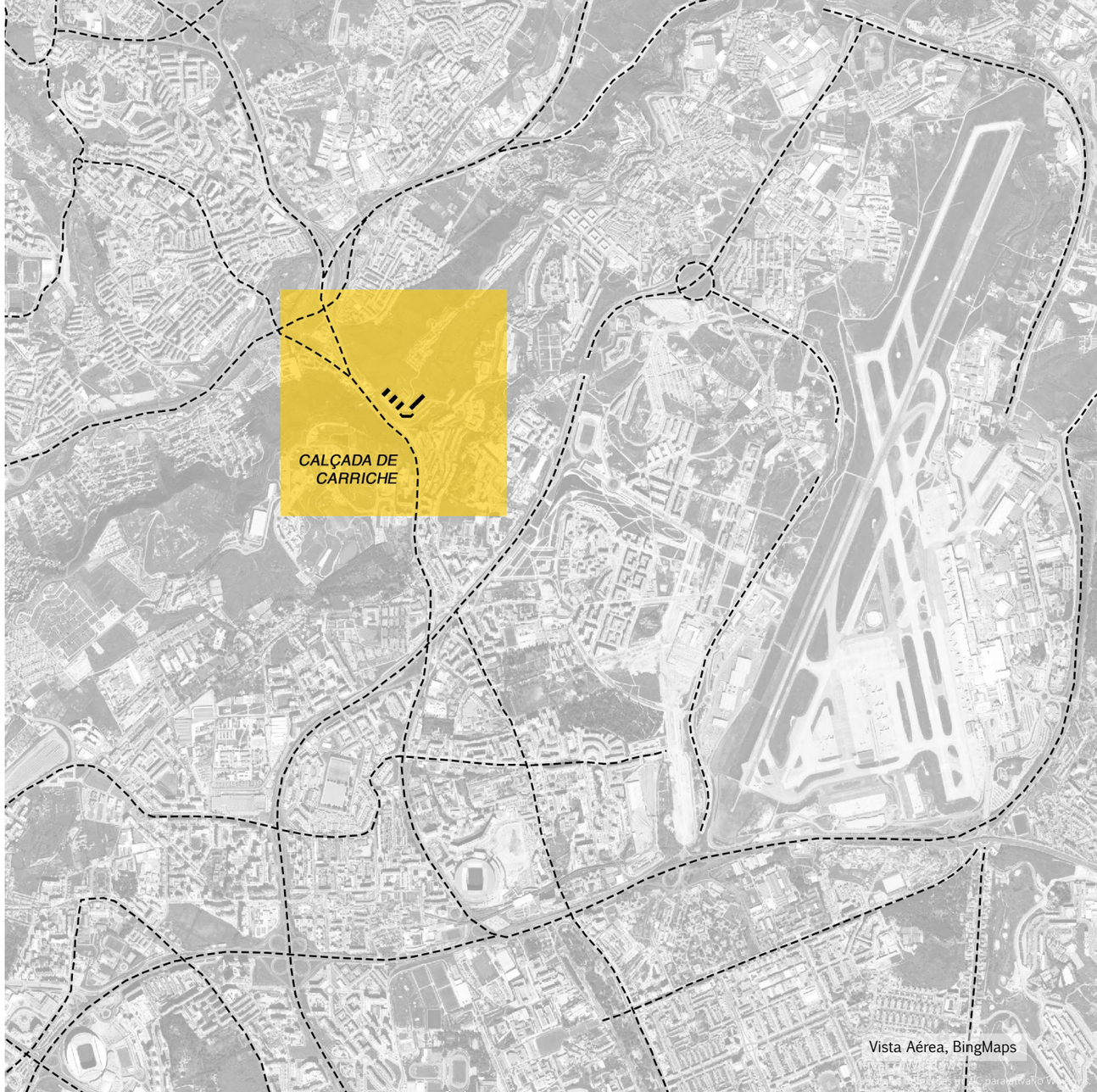
Com este primeiro exercício pretende-se refletir a questão da fraca qualificação arquitetónica e urbana sentida na coroa periférica norte do concelho de Lisboa, entendendo este território e o seu papel articulador na macroestrutura da Área Metropolitana de Lisboa.

A área de estudo onde se insere o edifício é a Quinta das Lavadeiras – Ameixoeira. Trata-se de uma das primeiras zonas de expansão urbana após o 25 de Abril de 1974 por estar junto aquela que era uma das principais artérias de ligação a norte – a Calçada de Carriche. Este canal viário foi bastante importante no desenvolvimento da coroa norte de Lisboa, servindo sobretudo as populações vindas do interior do país, que viam a possibilidade de estarem próximos dos atributos urbanos de uma capital em crescimento, mas em simultâneo, preservarem os hábitos e referencias culturais ligadas ao mundo rural. (PITA, 2012)

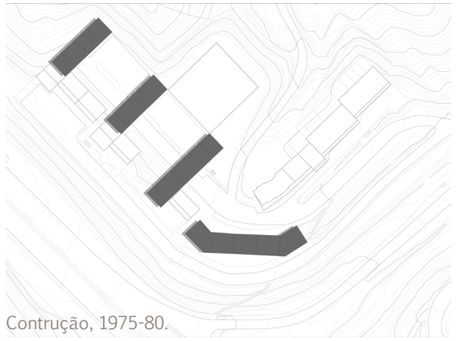
Carta Militar, 1946.



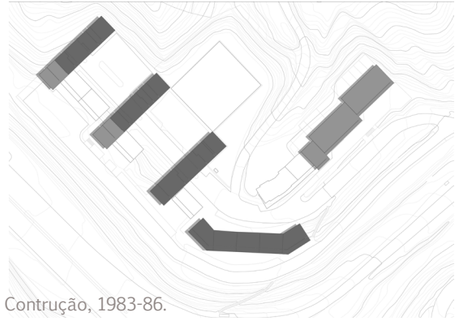
Carta Militar, 1986.



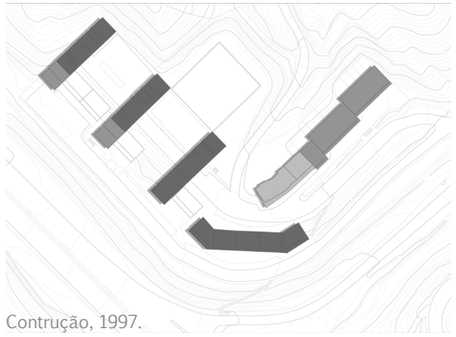
Vista Aérea, BingMaps



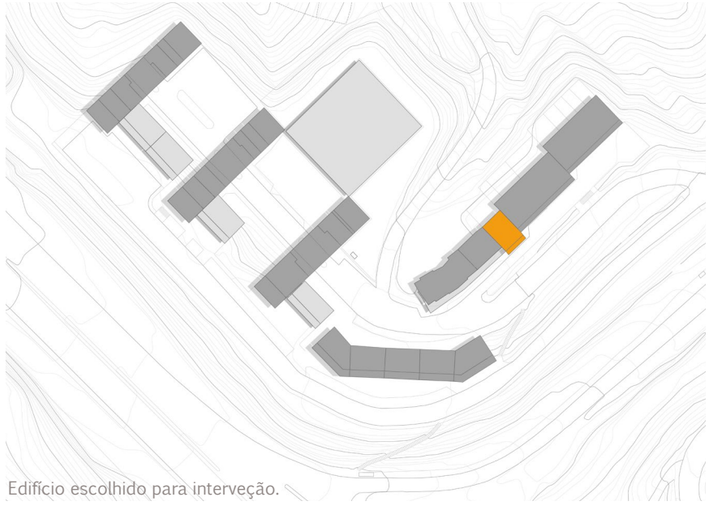
Contrução, 1975-80.



Contrução, 1983-86.



Contrução, 1997.



Edifício escolhido para interveção.

O edifício de habitação coletiva escolhido localiza-se numa colina sobre a Calçada de Carriche, na Quinta das Lavadeiras, e foi construído em 1983. O ano de construção coincide com o ano de entrada de Portugal na CEE, dois anos após do lançamento do spache-shuttle Columbia, inserindo-se portanto no intervalo temporal do tema de ano.

O edifício intervencionado está inserido num conjunto de edifícios de habitação coletiva, construídos em 3 fases distintas. O primeiro conjunto foi construído perpendicularmente à Calçada de Carriche entre os anos 1975 e 1980. O segundo conjunto, no qual o edifício desenvolvido se insere, foi construído entre os anos 1983 e 1986, escavando a colina a norte. Por fim, já em 1997 foi construído um terceiro conjunto, encostado e alinhado ao segundo.

CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO

O edifício de habitação desenvolvido é composto por 7 pisos, sendo o primeiro destinado à zona de entrada e comércio. Toda a fachada deste bloco é constituída por varandas, que à semelhança de muitos outros edifícios construídos nesta época, foram transformadas em marquises. Esta situação, para além de causar grande ruído visual na fachada, acaba por alterar completamente o modo de viver na própria habitação. No edifício desenvolvido existem moradores que utilizam as suas varandas transformadas em marquise como espaço de arrumos, cortando todas as relações interior/exterior. As varandas transformadas em marquises constituem ainda um grave problema de ventilação. Devido à falta de circulação de ar essencial numa habitação, situação que se agrava nos casos onde a tipologia de cada fogo apenas tem ligação com uma fachada, a varanda acaba por funcionar como uma estufa, acelerando a degradação dos materiais.

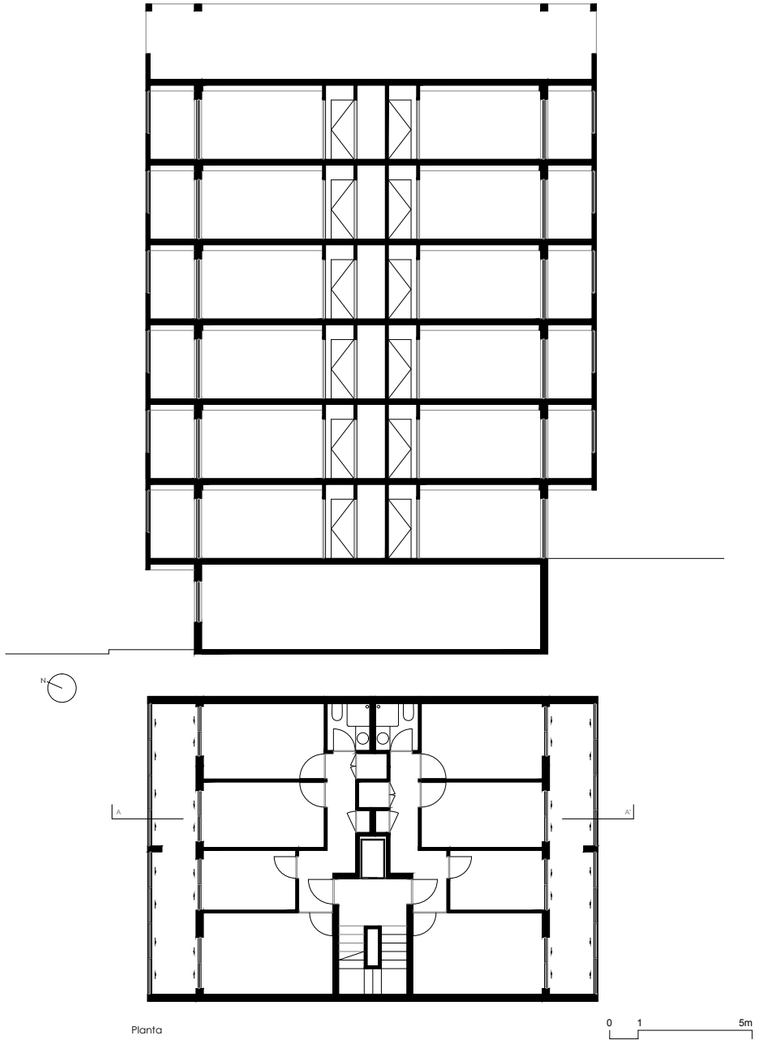
Maqueta . Edifício Existente

Fachada Traseiras

Marcação da Estrutura

Janela Horizontal

Alçado



Planta

ESCOLHA DO TEMA

A Varanda como prolongamento da casa

Reportagem RTP2, *A Casa e a Cidade* . Arquiteta Inês Lobo

"(...) A relação entre o espaço da casa e o exterior, a rua, é a varanda. Permite estabelecer uma relação direta com a cidade. Sempre com alguma privacidade com o exterior. Essa relação tem sido ao longo dos tempos menosprezada pelas pessoas.

A ideia de que a varanda se pode transformar numa marquise e com isso ganhar área para a casa foi uma coisa que se banalizou.(...)

Primeiro as marquises são feitas por uma necessidade de área construída; a segunda razão será principalmente porque a rua ou o espaço exterior onde se chega é menos qualificado, portanto passou a ser menos interessante estar à varanda; por ultimo, as questões culturais mostram que temos uma certa tendência para nos fecharmos, para termos privacidade e de não usarmos esses pontos da habitação que permitem relacionarmo-nos com o exterior.(...)

O Siza aceita que a marquise existe e ele próprio desenha a marquise (referindo-se ao bairro da Bouça, no Porto) utilizando sistemas convencionais e simples para resolver um problema que ele percebeu que não poderia ultrapassar, que é a marquise. (...)"

PROPOSTA

Intervenção na Fachada

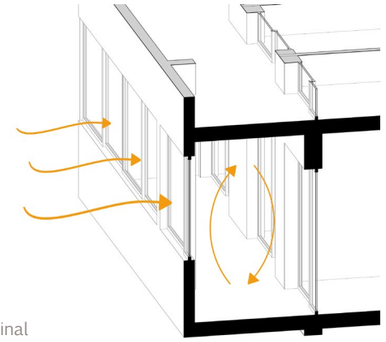
Existe um conjunto de fatores que contribuem para que esta transformação tenha vindo a acontecer, tais como a falta de espaço que leva à necessidade de aumentar a área da habitação, as características das varandas que em nada propiciam a vivência neste espaço e até a procura de uma maior privacidade. Além disto acreditamos que as reduzidas dimensões e a colocação de estores nas janelas do interior da varanda criam uma série de barreiras visuais, tornando-a num espaço desprotegido e sem relação com o interior da habitação, onde se desejaria sim que a varanda fosse um prolongamento da casa para o exterior.

Propõe-se a montagem de uma estrutura metálica pré fabricada, forrada com laminas de viroc, que avança o plano da fachada. Essa estrutura estaria fixa à própria fachada, e resolveria os problemas identificados. O laminado de viroc não só aumentar a privacidade dos moradores, como garantia a circulação de ar. Além disso, oferece a cada morador várias possibilidades de utilização das suas varandas, sem com isso alterar estruturalmente o edifício.

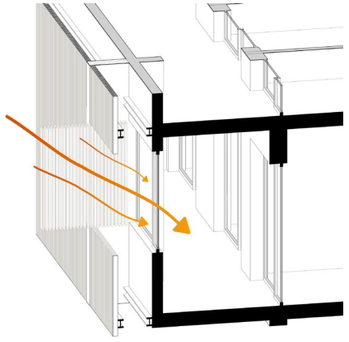
Gera-se assim uma proposta passível de ser aplicada nos conjunto habitacionais envolventes, bastando para isso adaptar o desenho da estrutura

utilização das suas varandas, sem com isso alterar o aspeto global do edifício.

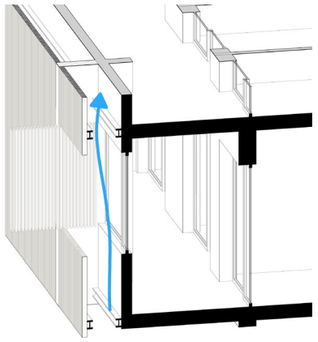
A solução apresentada é passível de ser aplicada nos conjunto habitacionais envolventes, resolvendo os mesmos problemas que apresentam, bastando para isso adaptar o desenho da estrutura.



Fachada Original

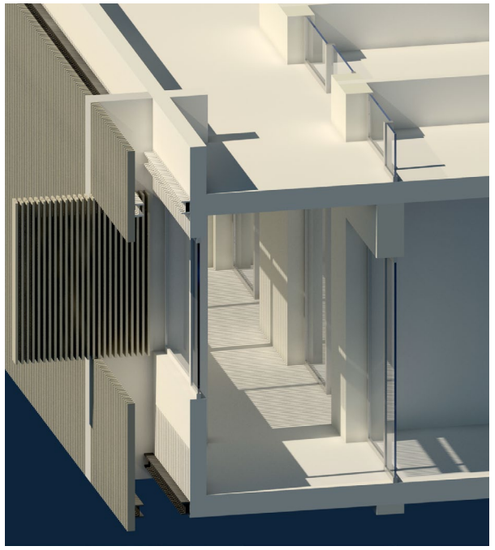


Proposta de Intervenção

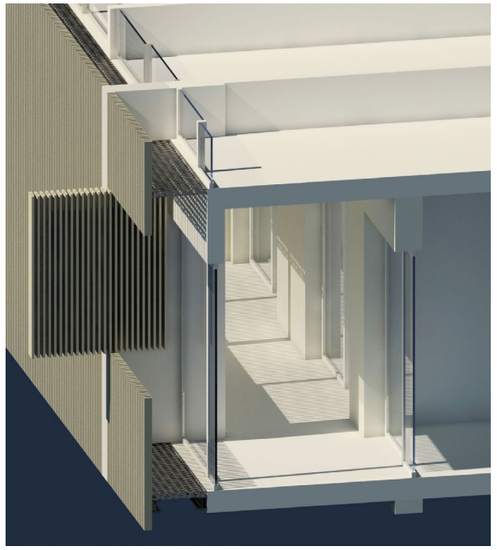


Proposta de Intervenção

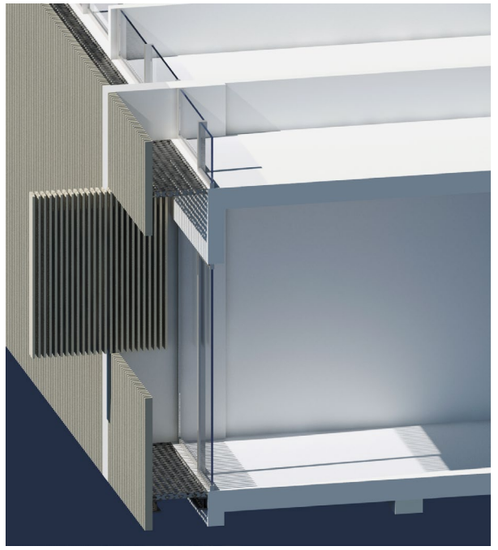
Marquise com proteção exterior



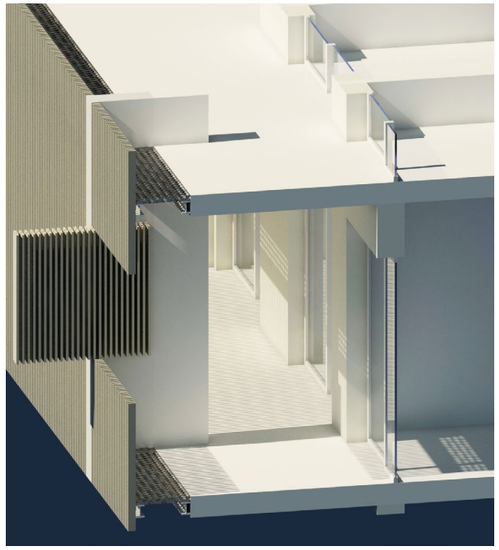
Varanda - Prolongamento do espaço exterior



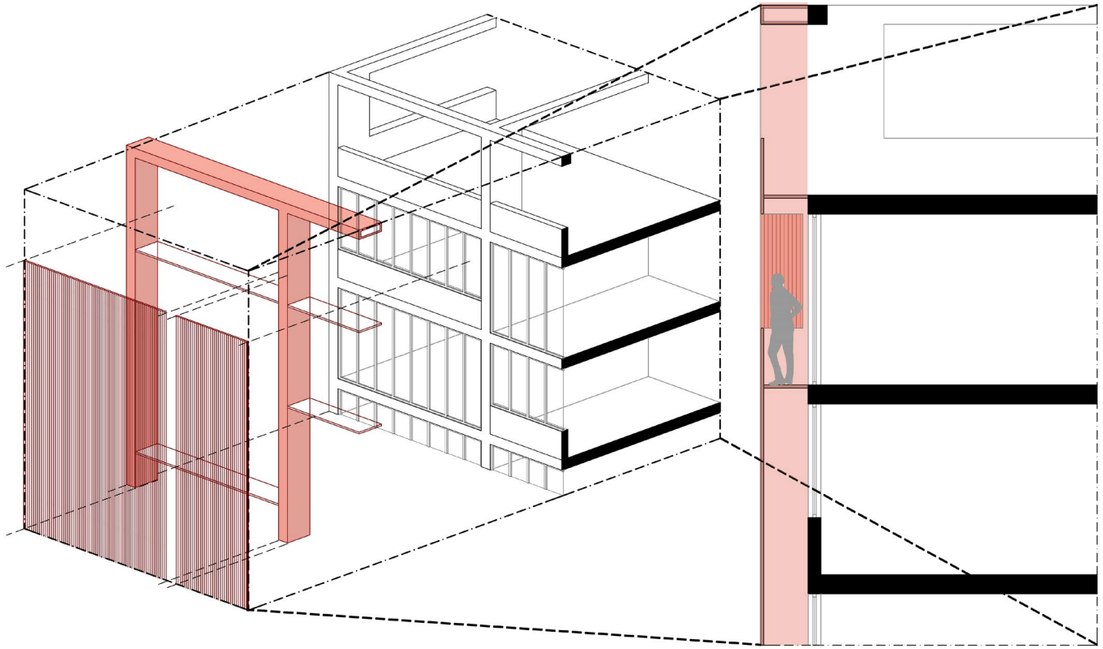
Apropriação do espaço da varanda para área interior

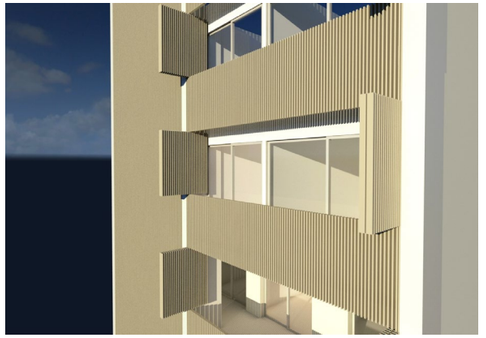


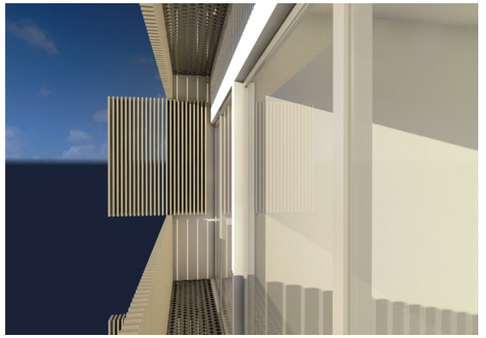
Espaço exterior com maior área.

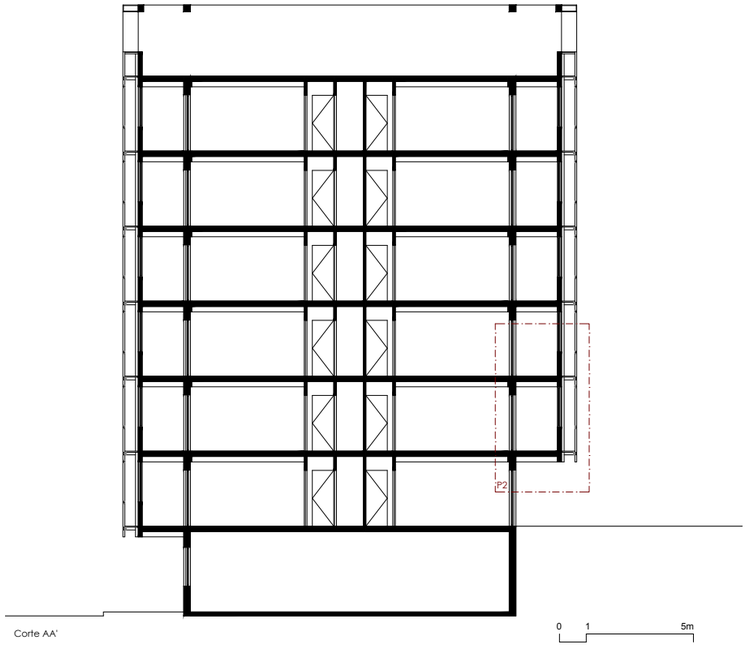


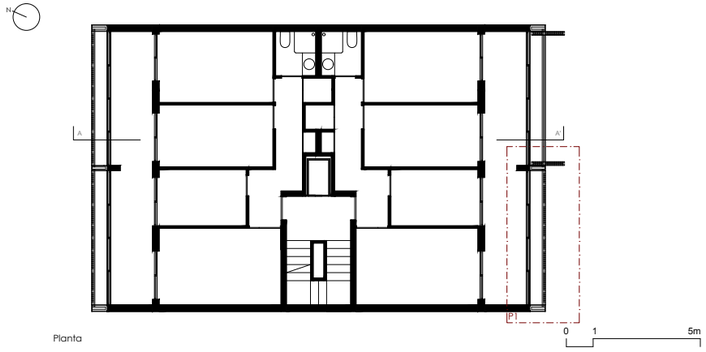
Esquema de Montagem

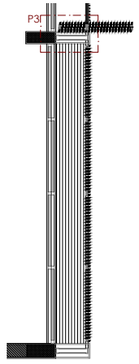




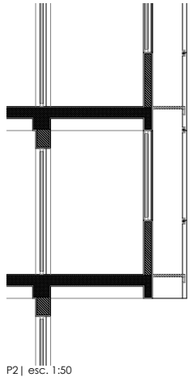




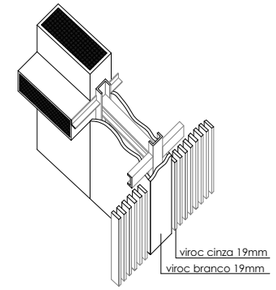




P1 | esc. 1:50



P2 | esc. 1:50



P3 | esc. 1:20

REFERÊNCIAS

Bloco de Apartamentos Rue de Suisses, Herzog & Meuron, Paris

Cais 24, Aires Mateus, Lisboa.

Hotel Altis, Risco Lisboa.

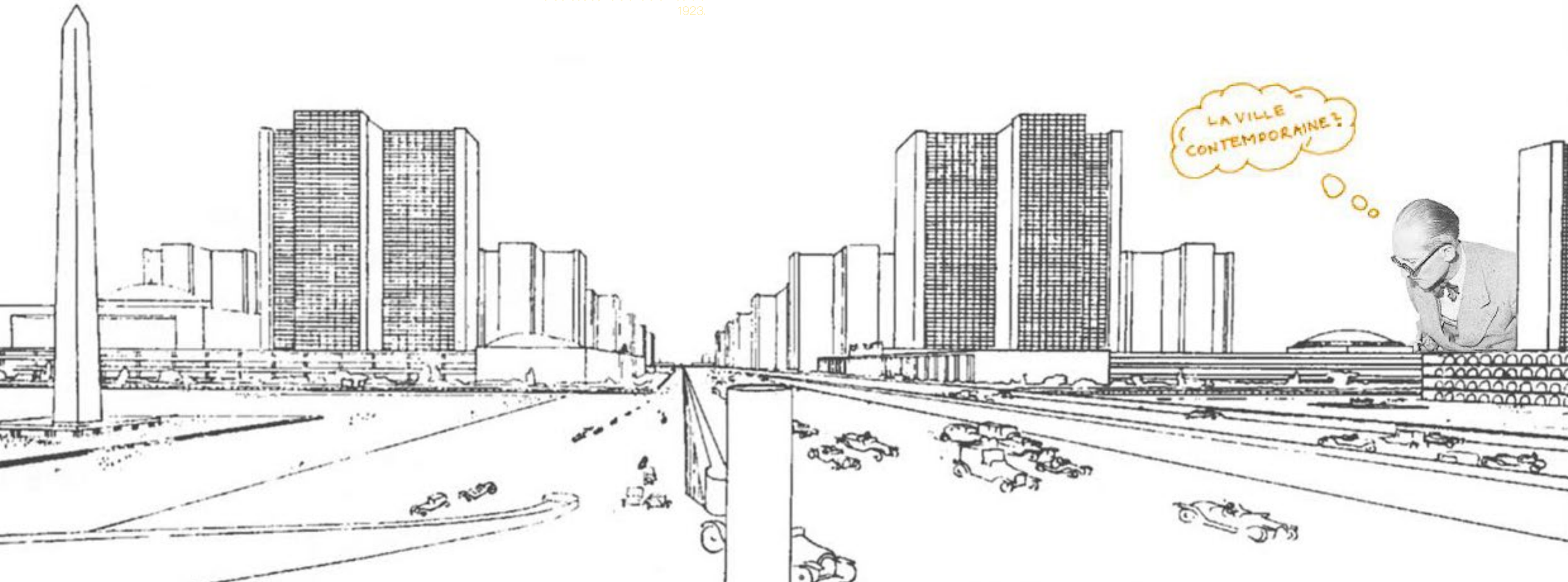
Bairro da Bouça, Siza Vieira, Porto.

ARQUITETURA OU REVOLUÇÃO
A CIDADE, PORTELA DE SACAVÉM

2

"A vida moderna exige e espera um novo tipo de planta, tanto de casa como de cidade"

Le Corbusier, Vers une architecture
1923.



ARQUITETURA OU REVOLUÇÃO
Learning from the Satellite

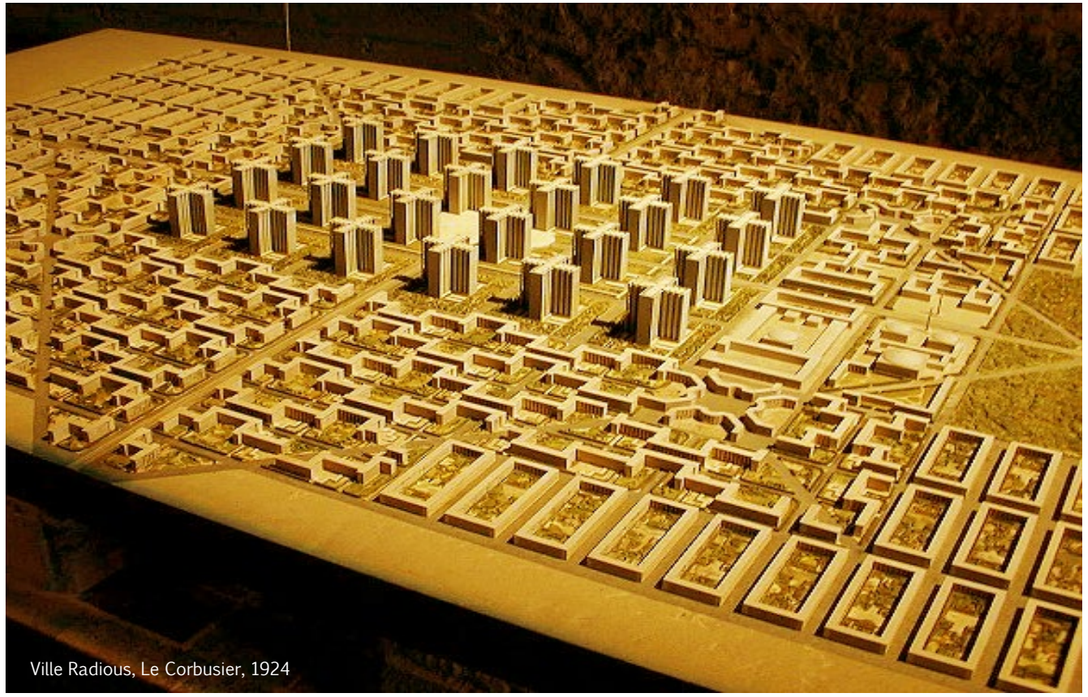
A expressão que dá título ao tema do Ano *"Arquitetura ou Revolução"* presente no Livro - *"Vers une Architecture"* (1923)- manifesta a crença do Arquiteto Le Corbusier (1887-1965) na génese de uma nova arquitetura apoiada na industrialização e mecanização própria da época, como única solução para o desenvolvimento urbano que se evidenciava urgente.

A revolução industrial (a partir de meados do século XIX) dá assim mote para uma reinvenção da arquitetura, não apenas pelos novos materiais e técnicas construtivas, como o betão e o aço e a fabricação em série e modelar, mas também pela mutação do pensamento na sociedade. Uma sociedade que migra do espaço rural à procura de melhores condições de vida, provocando em cidades desprovidas dos requisitos habitacionais e salubridade, bem como de serviços, um aumento populacional significativo.

No início do século XX, depois da Primeira Guerra Mundial (1914-18) é então evidenciado um ponto de viragem na arquitetura, deixando-se à margem os estilos historicistas e promovendo-se uma arquitetura limpa, desprovida de ornamento, com a criação de formas simples e geométricas, valorizando-se os materiais e expondo a essência da construção. Tanto Le Corbusier em "*Vers une Architecture"*, como Adolf Loos (1870-1933) em *"Ornamento é Crime*" (1908) entre outros, apesar do devido distanciamento, pretendiam mostrar o reflexo de uma sociedade, que reclamava "um território novo que pudesse funcionar em rede, como um satélite, que distribuía em zonamento a cidade." (PINTO, 2013)

A "*Ville Contemporain",* para 3 milhões de habitantes, era o sistema idealizado por Le corbusier, para a macro-escala urbana. Uma visão " *from the satallite"* que se assumia responsável pelo equilíbrio do crescimento urbano, enfocando as necessidades sociais, não só individuais, mas coletivas, respondendo às temáticas da habitação com melhores condições de salubridade, ventilação e iluminação natural, lazer com a qualificação do espaço público com abundancia de espaços verdes, trabalho com a produção em série e circulação através da criação de meios eficazes de transporte.

"Fenómenos que se seguem à Revolução Industrial, e principalmente, do urbanismo e do advento dos novos meios de locomoção, o século XIX defronta-se com os problemas do espaço urbano, irrompe para além dos muros antigos, cria novos bairros periféricos, formula os temas sociais da urbanística no sentido moderno da palavra, e constrói a cidade-jardim. (...) A exigência social coloca à arquitetura (...) o problema da casa para a família média, da habitação operária e camponesa até agora fracionada em pequenos e sufocantes cubos justapostos, e a nova técnica construtiva do aço e do concreto.(...) A arquitetura moderna reproduz a nova técnica para realizar com extremo apego a audácia e as suas intuições artísticas." (ZEVI, 2002, pp. 120,121)



Ville Radious, Le Corbusier, 1924

Este modelo, atualizado na proposta da "*Villa Radiouse*" apresentado em 1924 e publicado em *"The radiant City"* em 1933, propunha, através da utilização dos novos materiais e técnicas construtivas, blocos habitacionais em altura pré-fabricados e em série, organizados numa grelha cartesiana. com os edificios sobre pilotis, a circulação livre ao nível do solo promovia uma maior permeabilidade do espaço público. Assente num plano de zonamento, antecedido pelo Plano de Tony Garnier (1869-1948) com a publicação de *"Une cité Industrielle"* em 1917, Le Corbusier propunha uma divisão entre equipamentos e serviços ao centro, zonas de lazer e áreas residenciais na periferia, utilizando sistemas de locomoção subterrâneos para ligar as várias zonas.

Este modelo de cidade latente nos princípios da Carta de Atenas, publicada em 1943 no âmbito 4º (1933) dos 10 CIAM (Congresso Internacional da Arquitetura Moderna, 1928-1956), representa segundo Aldo Rossi (ROSSI, 2001) o início da arquitetura moderna relativamente aos planos urbanísticos e ao problema da habitação.

A CIDADE

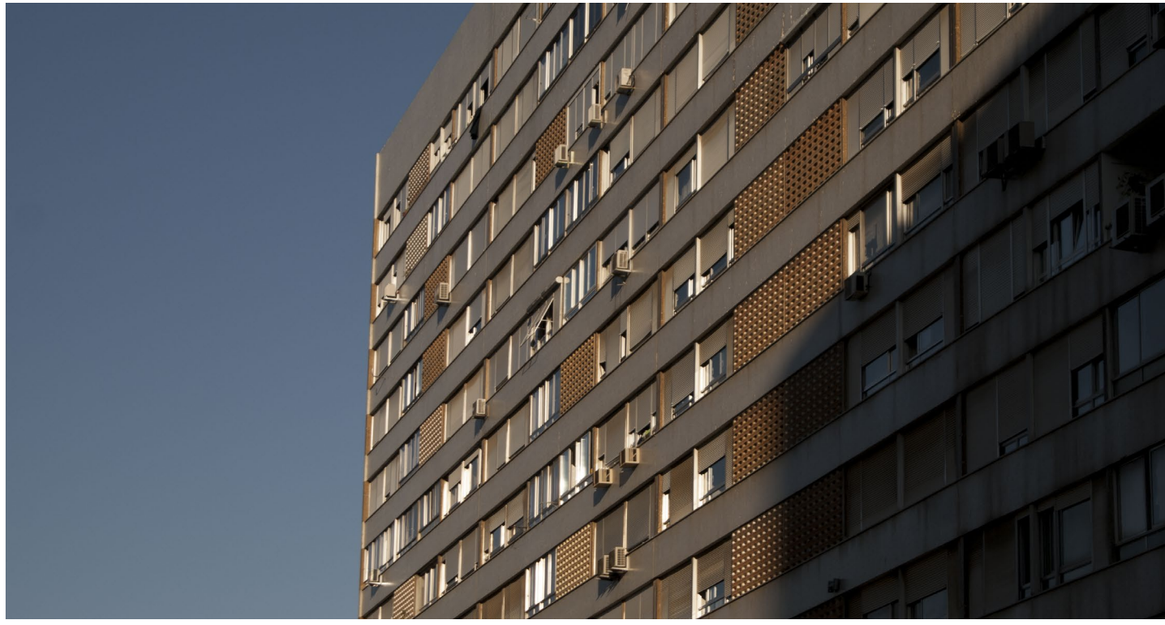
Portela de Sacavém, 1965-1979

Em meados do século XX, principalmente a partir dos anos 60, também em Portugal, como reflexo da Europa, o crescimento demográfico e a procura de melhores condições de vida de população vinda de áreas rurais para as grandes metrópoles, agravam o problema da falta de habitação social. As cidades e a sua periferia crescem de maneira descontínua, segundo ofertas de terrenos e a sua proximidade das estruturas viárias principais. O desenvolvimento de empreendimentos privados, como resposta à pressão imobiliária e a construção de polos urbanos isolados, como os bairros de génese ilegal, promovem uma expansão urbanística descontrolada, surgindo repentinamente bolsas de construção dispersas em torno das grandes cidades. A urgência de um planeamento e controlo do desenvolvimento urbano dá assim mote à criação do Plano Diretor Municipal de Lisboa, em 1961, tentando-se abordar os fenómenos urbanos, e de refletir a cidade como espaço dinâmico de viver. (FADIGAS, 2010)

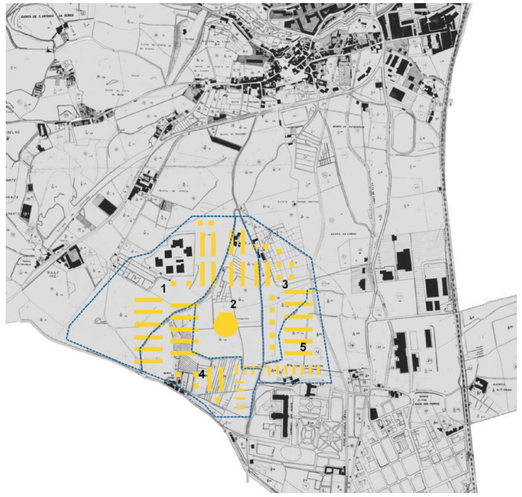
É neste contexto temporal que surge o Plano da Portela (1965), localizado na periferia norte de Lisboa. Implantado em terreno praticamente vazio, próximo da capital e do aeroporto da Portela (anos 40), a urbanização desenvolvida transformou totalmente o território. Desde logo foram criados vários acessos provenientes da A1 e mais tarde da Ponte Vasco da Gama e CRIL, que acabaram por isolar o bairro da periferia, rodeando-o de barreiras viárias difíceis de transpor.

Épocas de Construção
Principais Vias e Linha de Comboio
Vazios Urbanos
Percurso Pedonal e viário anterior ao Plano

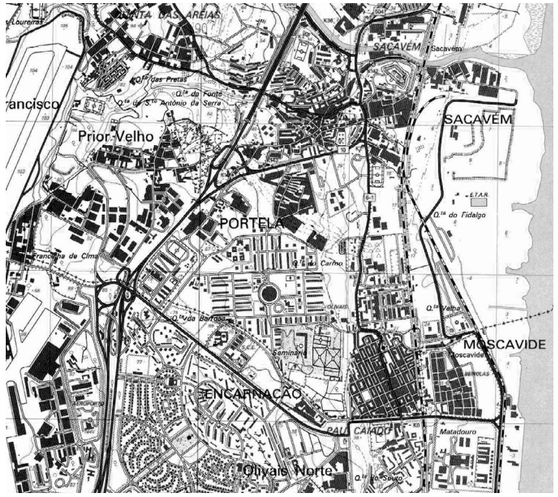
O Plano Urbano do arquiteto Fernando Silva (1914-1983) para o bairro da Portela surge naturalmente com influências dos idealismos da época. Propiciado por modelos criados no Movimento Moderno e por princípios da Carta de Atenas, o planeamento do bairro organiza-se segundo uma ideia funcional proposta por Le Corbusier – habitação, trabalho, lazer e circulação. Procurou-se assim, uma solução que permitisse uma conjugação da habitação com os equipamentos sociais, comerciais e de circulação, proporcionando conforto e segurança aos seus habitantes. O princípio de zonamento é assim o elemento estruturante do desenho do conjunto. No centro do bairro, foram colocados todos os equipamentos e serviços necessários e implantados perpendicularmente em torno desta ampla zona central encontram-se os edifícios de habitação. Estes edifícios eram caracterizados por uma construção rápida e eficaz, favorecidos pela pré-fabricação e pela repetição tipológica. (MACEDO, 2013)



Portela de Sacavém, 1940, com o Plano sobreposto:
1- Quinta da Victória
2- Quinta do Casquilho
3- Quinta do Carmo
4- Quinta do Ferro
5- Quinta da Alegria



Carta Militar, 1980



SATELLITE CITY

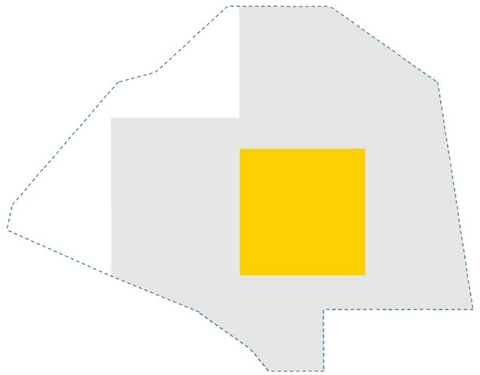
O Plano de Urbanização

A Urbanização da Portela (1965-1979), que implicou a expropriação dos terrenos referentes às Quintas da Vitória, Casquilho, Ferro, Carmo e Alegria, no concelho de Loures, foi encomendada por iniciativa privada do empresário Manuel da Mota. O arquiteto Fernando Silva (1914-1983) é chamado para conceber o Plano de Urbanização, numa área de 50 hectares, que pretendia responder aos problemas de habitação existentes no centro da cidade, através da construção de 4500 fogos pensados para uma classe média/alta.

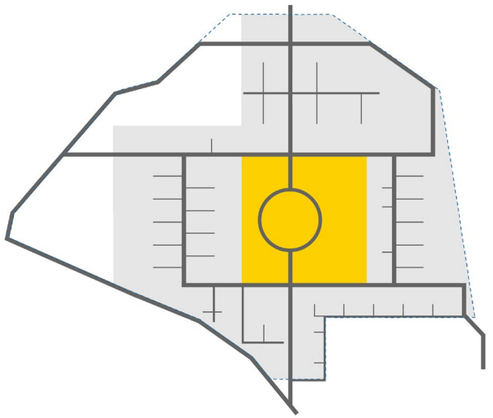
Centro da Portela ainda vazio, 1980

O plano desenhado por Fernando Silva para a Urbanização da Portela é assim assente nos princípios da Carta de Atenas. Para proporcionar conforto e segurança aos habitantes, a zona funcional é separada da zona de habitação, resultando numa concentração de todos os serviços e comércio, necessários para uma população estimada de 18500 habitantes, numa área central de 285x300m. (COELHO, 2010).

O arquiteto Fernando Silva concebe um esquema de circulação baseado numa hierarquização de vias: vias principais, vias secundárias e vias de acesso às habitações. As vias principais, destinadas à circulação automóvel dentro do bairro e de ligação aos bairros envolventes, não têm qualquer contacto com as habitações. Assim, são precisamente as vias principais que acabam por definir os núcleos habitacionais. As vias secundárias fazem ligação entre as vias principais e as vias de acesso às habitações, usadas exclusivamente por moradores.

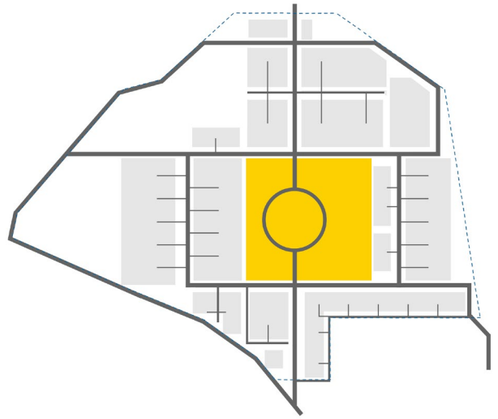


Esquema Funcional. Adaptado de (MACEDO, 2013)

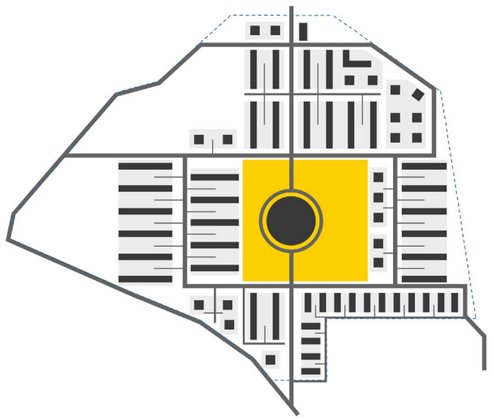


Estrutura Viária. Adaptado de (MACEDO, 2013)

Cada núcleo habitacional previa-se composto por um conjunto de edifícios tipificados, seguindo uma malha ortogonal e implantados sempre perpendicularmente às vias principais, protegendo-se dos ruídos e gases nocivos inerentes ao tráfego automóvel. Os blocos, altos e estreitos, respeitam a chamada “lei dos 45º”, e elevados sobre plataformas que abrangem toda a área do lote, dispondo de estacionamento subterrâneo.



Unidades de Habitação. Adaptado de (MACEDO, 2013)



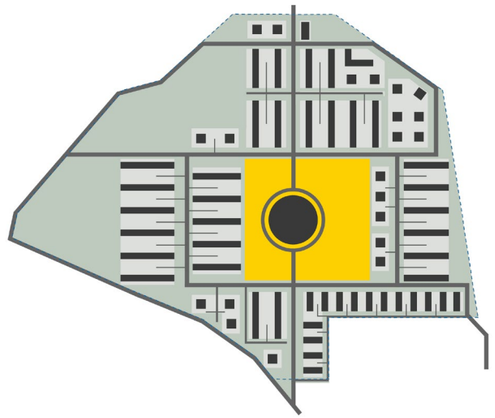
Implantação de Edifícios. Adaptado de (MACEDO, 2013)

Com o intuito de isolar os núcleos habitacionais, e modo a oferecer uma maior qualidade de vida aos habitantes, foram definidas zonas verdes e de vegetação nos espaços sobrantes. A manutenção destes espaços ficaria a cargo de uma organização associativa composta por moradores, apelando-se a um espirito de cooperação na manutenção do bairro. (MACEDO, 2013)

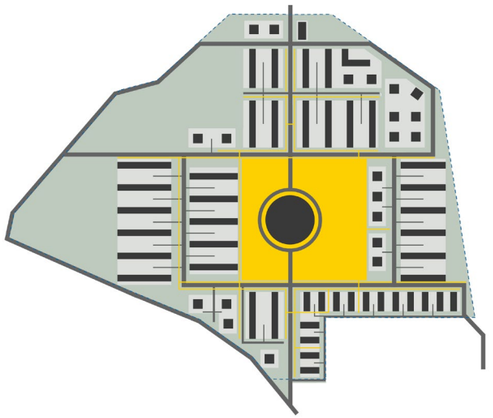
> *"Pretende-se evitar que os peões atravessem as vias de circulação automóvel. Para isso foram consideradas passagens superiores com largura de dois metros situadas nos pontos estratégicos para as ligações entre todos os núcleos e paragens dos transportes coletivos" (SILVA, 1965 citado em (MACEDO, 2013))*

A circulação pedonal também foi também alvo de particular atenção do arquiteto Fernando Silva. Num primeiro momento foi definido que as vias de circulação pedonal nunca cruzariam com as vias principais, sendo esse atravessamento feito por pontes. Porém, após as várias revisões que o plano foi sofrendo, as vias pedonais acabaram por ser tradicionais passeios no limite das vias, com recurso a passadeiras nos locais de cruzamento.

É assim notável que o Plano de Urbanização da Portela de Sacavém, com a sua simplicidade estrutural, repetição tipológica, princípios de zonamento e espaços verdes que unificam o conjunto, tem intrinsecamente os princípios expostos pela Carta de Atenas.



Estrutura Verde. Adaptado de (MACEDO, 2013)



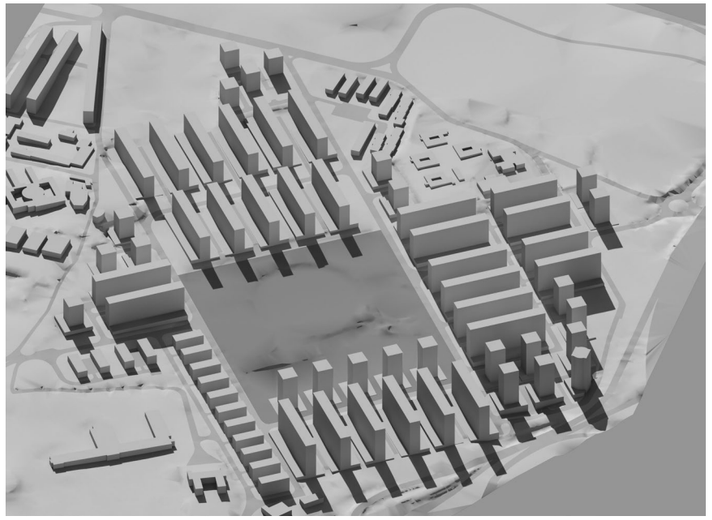
Percursos Pedonais. Adaptado de (MACEDO, 2013)

“E se toda a área central da Portela de Sacavém fosse destruída por uma catástrofe?”

ANALISAR / INTERVIR

Estratégia de Intervenção

A transformação do território e a densificação urbana foram alterando não só o modo de viver como também a relação do bairro com a envolvente próxima, ficando encoberto pelo crescimento da metrópole. O bairro da Portela é indissociável de Lisboa, devendo assim, afirmar a sua posição no sistema. A partir do enunciado proposto, configura-se necessária uma re-fundação e reinvenção do Plano da Portela de Sacavém. Considerando uma destruição irremediável de toda a área central do bairro, torna-se essencial uma análise do contexto atual em que a Portela se insere, refundando não só o centro como toda a estrutura urbana inerente ao mesmo.



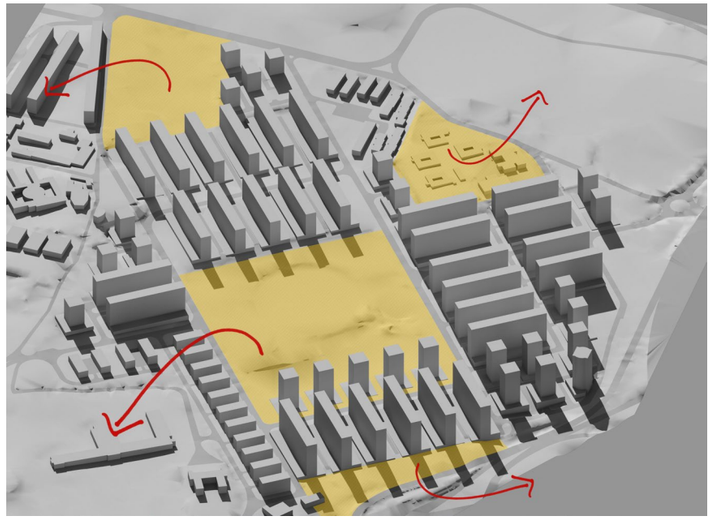
Zona afetada pelo incêndio

"É lá, nas margens da periferia, que devemos observar como as coisas tomam forma. A cidade contemporânea, aquela que é constituída por essas periferias, deveria gerar uma espécie de manifesto, uma homenagem prematura a uma forma de modernidade que, confrontada com as cidades do passado, talvez parecesse desprovida de qualidades, mas na qual um dia haveremos de reconhecer ao mesmo tempo vantagens e desvantagens (...).

[Parece-me que] devemo-nos perguntar para que direções apontam as forças que contribuem para a definição do espaço. São elas direcionadas para o lado do urbano ou para o seu justo oposto? Elas pedem ordem ou desordem? Elas convergem para a continuidade ou para a descontinuidade? Sejam quais forem as respostas, há um movimento e uma dinâmica que precisamos conhecer, pois são a matéria do projeto" Rem Koolhaas citado em MACEDO, 2013)

Relação com a Envolvente

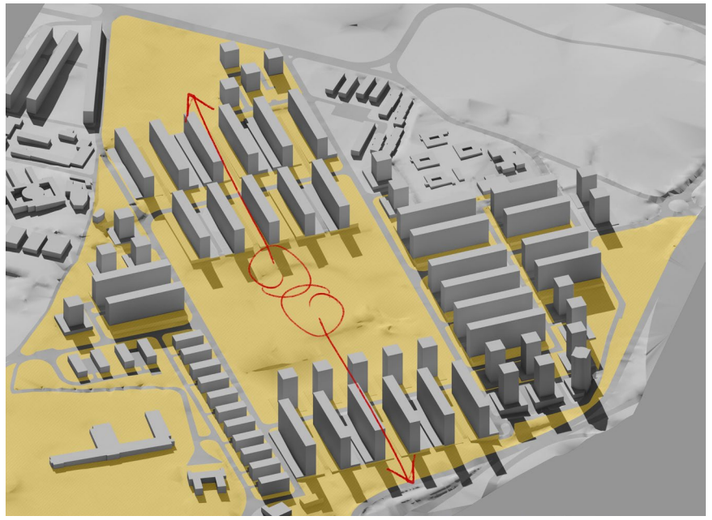
Com base nas análises realizadas e refletindo sobre as questões que Rem Koolhas nos coloca sobre a cidade, foi elaborada uma estratégia de requalificação urbana, passando pela reinterpretação dos pressupostos da Carta de Atenas, hoje debilitados no cenário urbano da Portela, incidindo nos seguintes pontos: **acessos e mobilidade; equipamentos e serviços; espaços públicos e de lazer; habitação e população**. Partindo destes princípios, a abordagem proposta parte pela conjugação de dois processos: se por um lado a destruição do centro surge como uma oportunidade de criação de um vazio com uma escala considerável, por outro cria a oportunidade de desfuncionalizar o centro da bairro, implantando nos vazios existentes e sobrantes da periferia, os equipamentos destruídos pela catástrofe. Os vazios existentes na periferia da Portela são consequência da ausência de relação urbana entre o bairro e a sua envolvente. Com a apropriação destes vazios pretende-se aproximar as fronteiras dos bairros, desenvolvendo zonas com equipamentos públicos, tornando estes limites em espaços de atravessamento e de encontro.



Zonas de Intervenção

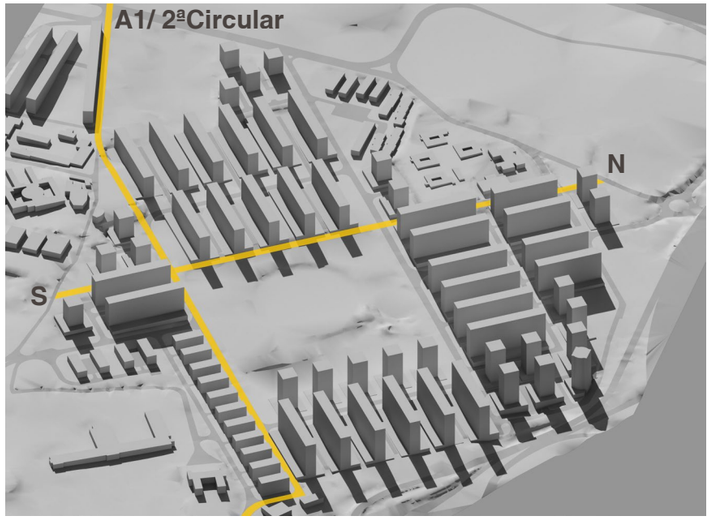
Espaço Público

A ligação das várias zonas equipadas será estabelecida através da criação de corredores pedonais, equipados com espaços de pequenos serviços e comércio nos pisos térreos dos edifícios de habitação. A configuração espacial destes pisos térreos será adaptada não só no interior como no exterior do edifício, sendo criados espaços abertos e sem obstáculos, em oposição à tipologia atual com pátios privados nos núcleos habitacionais. Para além dos pisos térreos, serão também utilizados os primeiros pisos em alguns edifícios, para o uso de escritórios. Este modo de ocupação irá promover uma maior dinâmica funcional de densificação, em oposição ao vazio central. O centro da Portela, afirma-se como um *"hight green space" e* será portanto o elemento de ligação entre os vários equipamentos públicos propostos e serviços.

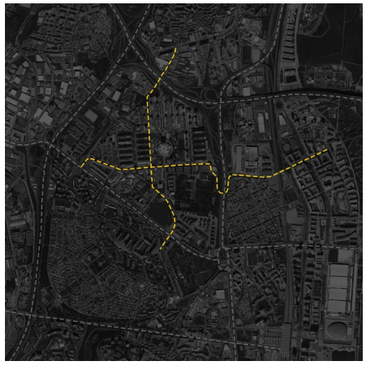


Espaço Público

Em termos viários, o bairro da Portela encontra-se circundado por diversos eixos que o isolam através de barreiras físicas difíceis de transpor, principalmente em termos pedonais. A circulação e as vias de acesso foram feitas segundo os princípios impostos pelo plano em que o bairro se fechava para si mesmo e limitava o tráfego de passagem. No entanto com o passar dos anos o sistema viário foi-se alterando causando um tráfego excessivo no interior da Portela. Um dos mais problemáticos é a ligação Norte/Sul, que passa atualmente pelo centro do bairro, apresentando um excesso de tráfego, muito dele pesado. Assim propõe-se a reformulação do sistema viário no interior da Portela com deslocação desse eixo até ao limite Oeste do novo centro, mantendo a ligação entre Encarnação e Sacavém sem interferir com o espaço público oferecido à população. Em relação ao eixo viário Este/Oeste, que liga o bairro da Portela ao Parque das Nações, também contará com um novo troço na zona Oeste do bairro, que ligará à rotunda que dá acesso à A1 e à 2ª Circular. Estes dois eixos que atravessam o bairro, agora de forma controlada, garantirão uma enorme fluidez no tráfego viário, conectando assim os vários centros urbanos.



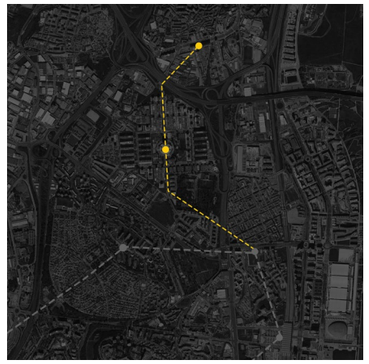
Esquema viário, alteração dos eixos principais



Acessos e Mobilidade

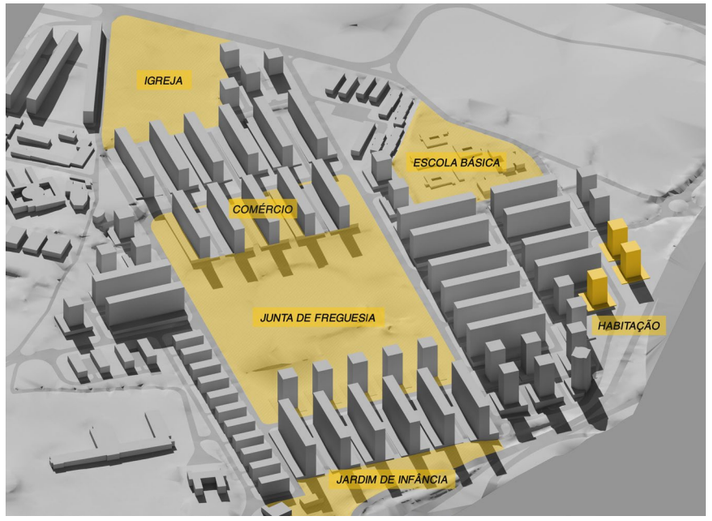
Em relação à rede de transportes que serve o bairro será tida em conta a passagem da linha de metropolitana de Lisboa pelo centro do bairro da Portela. Esta é uma solução que tem vindo a ser discutida há alguns anos entre o Metropolitano de Lisboa e a Camara Municipal de Loures. Com a passagem da rede de metro pelo centro da Portela seria um fator de desenvolvimento num bairro que se encontra com cada vez menor atividade.

Rede Metropolitana e proposta



Habitação e Equipamentos/Serviços

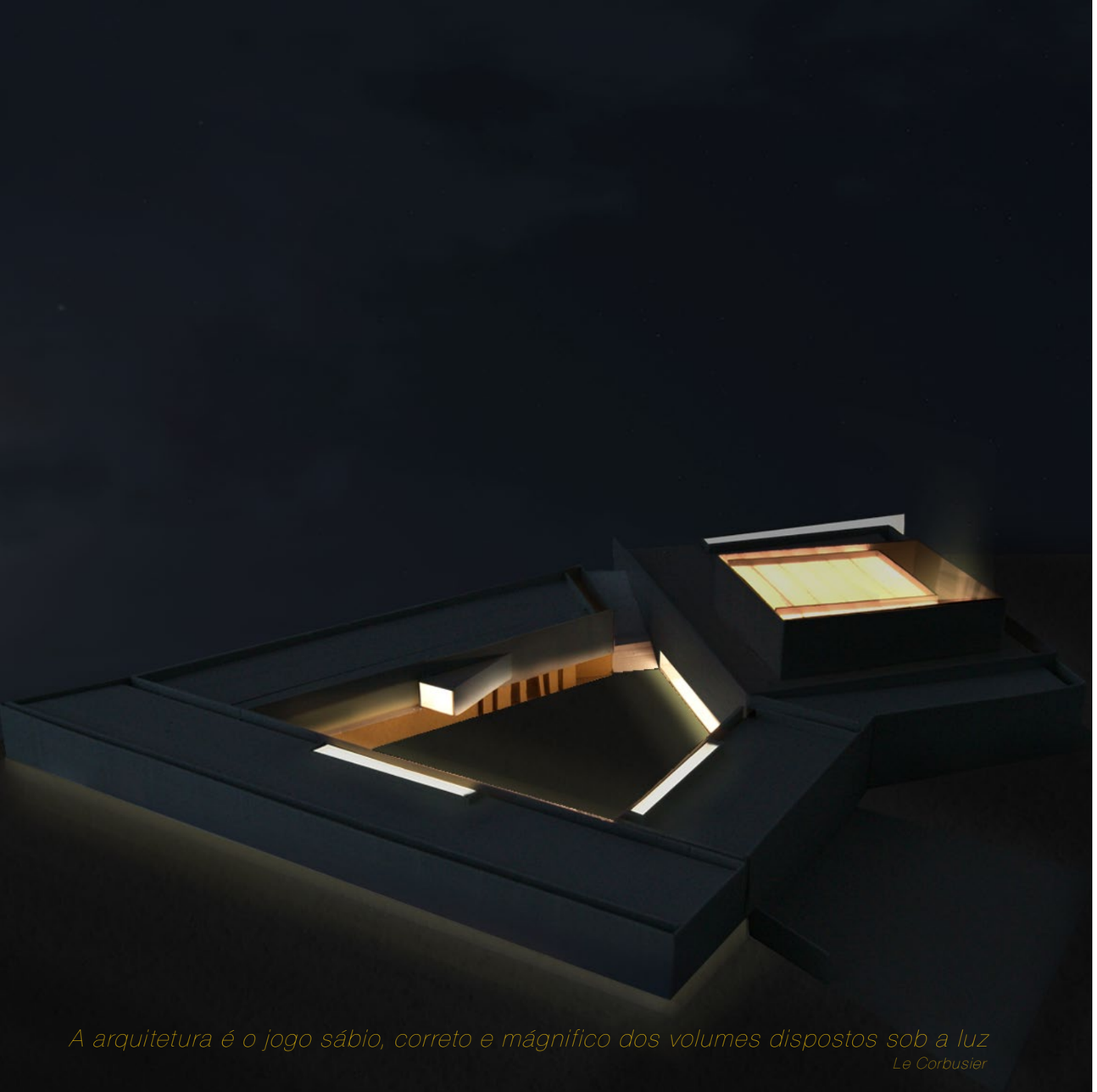
O não preenchimento do espaço central da Portela, assumindo-se como um vazio urbano, deverá contrastar com o preenchimento e densificação das zonas adjacentes, tanto nos núcleos habitacionais como nos espaços vazios na periferia do bairro. Pretende-se oferecer a este centro a vida de uma grande praça, onde existirão pequenos equipamentos e serviços que fomentem um carácter cultural e de animação, com zonas de esplanadas, de convívio, de representações, exposições de rua, jogos ao ar livre, etc. O objetivo passa essencialmente por criar uma vivência diurna e noturna, que atraia a população. É assim esperada uma tensão entre o grande vazio central e os espaços adjacentes com capacidade de albergar equipamentos e serviços, criando uma dinâmica de relações forte entre os diferentes ambientes propostos.



Programa proposto

3

PROJETO INDIVIDUAL
IGREJA E CENTRO PAROQUIAL, PORTELA



A arquitetura é o jogo sábio, correto e mágnifico dos volumes dispostos sob a luz
Le Corbusier

PROPOSTA INDIVIDUAL

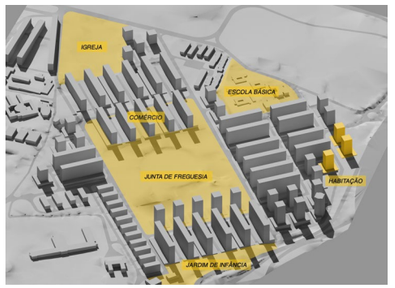
Nova Igreja e Centro Paroquial para a Portela de Sacavém

A partir da ficção latente no enunciado proposto, de uma catástrofe que destrói todo o centro da Portela de Sacavém, eliminado os serviços e equipamentos, hoje descontextualizados das dinâmicas vida cada vez menos centralizadas e fixas, propõe-se assim uma antítese daquilo que é apresentado por Fernando Silva no Plano da Portela relativamente à distribuição dos equipamentos e serviços.

Pegando nos mesmos pressupostos, a Carta de Atenas do arquiteto que dá título ao tema do ano, Le corbusier, propõe-se o desenvolvimento de um novo centro, que se pretende manter vazio em contraste com a ocupação dos espaços sobrantes da periferia, por forma a religar as áreas adjacentes e separadas por estas bolsas "non edificantes" que restam dos planos de urbanização, próprios destas cidades satélite que , numa tentativa de autonomia plena, se fecham para o interior e deixam marginalmente espaços sobrantes sem qualquer tipo de qualificação.

Desta forma o trabalho individual é centrado no tema e programa da igreja, localizando-se num limite de tensão entre a as zonas adjacentes e o sistema viário que cria uma vala entre este espaço e as zonas a este.

Assim, a primeira preocupação prendia-se com as relações entre este espaço e a envolvente com volumes verticais organizados segundo diferentes pressupostos que delimitam assim, num terreno inclinado, uma área irregular e com diversas frentes para resolver.



A CRIAÇÃO DE UM *LUGAR*

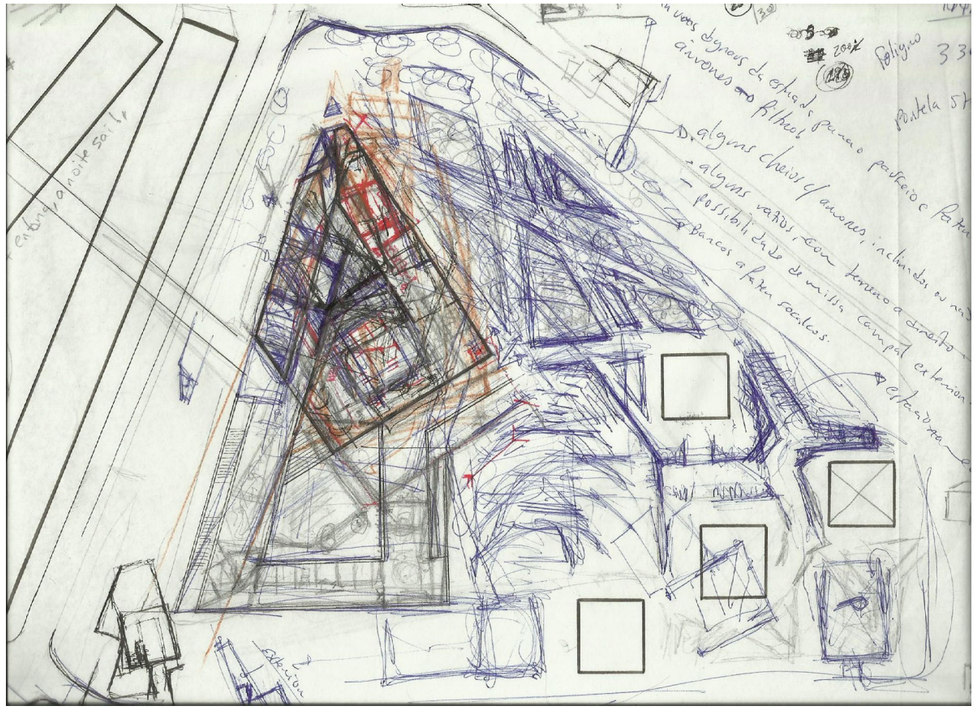
Numa topografia inclinada, com várias frentes pedonais e viárias, tornava-se imperativo resolver antes de tudo as relações e interseções dos percursos pedonais e viários, garantindo um espaço público que consiga relacionar-se com as áreas adjacentes e mantenha as relações pré existentes entre estas.

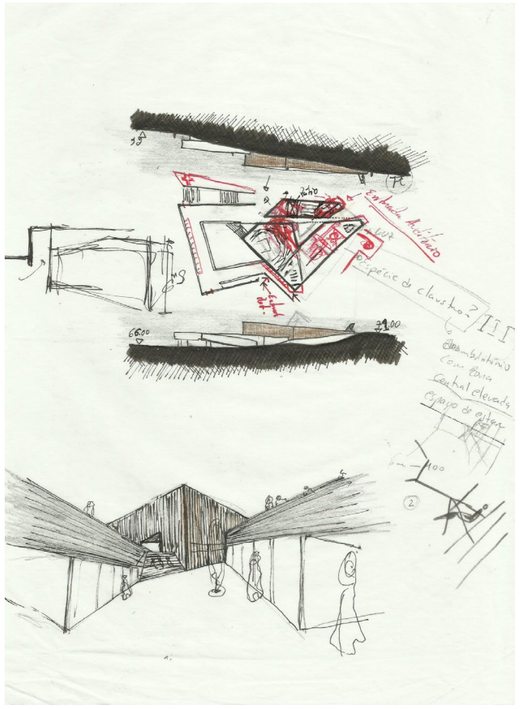
Por um lado um volume vertical que se estende longitudinalmente ao longo de uma rua que se pretende qualificar. Este volume edificado, for do contexto do Plano da Portela, apresenta-se permeável, promovendo percursos pedonais no ceio do espaço a intervir.

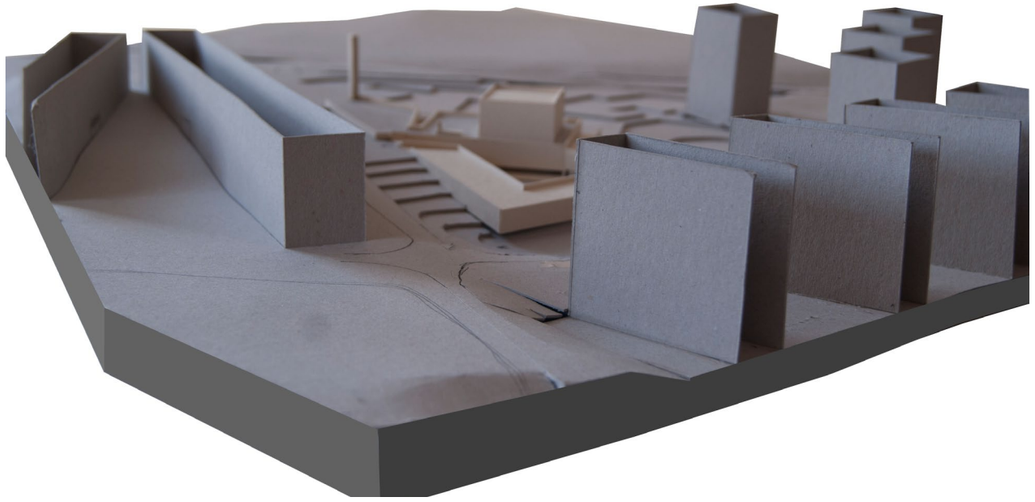
Assim, devem ser garantidos os percursos pré-existentes, tirando partido dessas condicionantes para promover uma maior relação com o próprio programa a desenvolver. Da mesma forma, prevê-se, como o desenvolvimento dos trabalhos individuais, o fortalecimento dos eixos pedonais entre a zona mais a oeste com a ligação ao parque expo até ao limite deste espaço, que por consequência da sua ocupação, cria uma "ponte" entre as várias adjacentes.

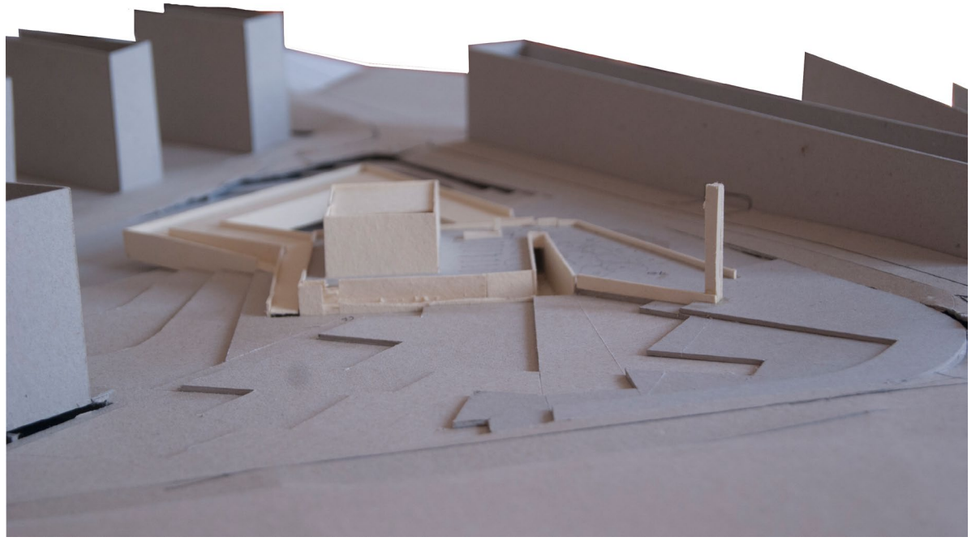
Partindo da cota mais alta e contrariando a verticalidade apresentada pela envolvente .é desenhado uma plataforma de nível a uma cota estável, correspondendo a uma cobertura ajardinada, com possibilidade de ocupação, idealmente para missas campais. . A proposta pretende revelar-se, não só pelo desenvolvimento do programa associado, mas intrinsecamente pela criação de um novo lugar, de estar, de passagem e de acesso ao edifício proposto, numa solução hibrida de relações interiores e exteriores.

PROCESSO EVOLUTIVO



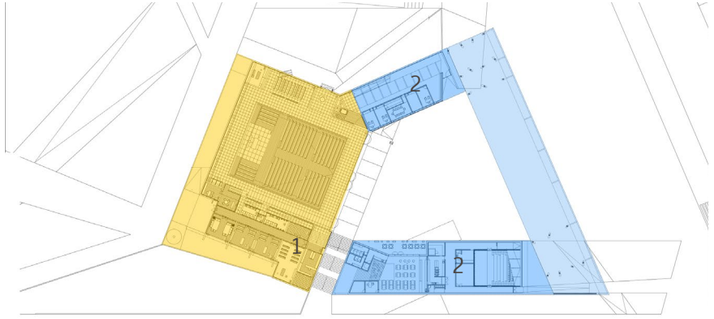




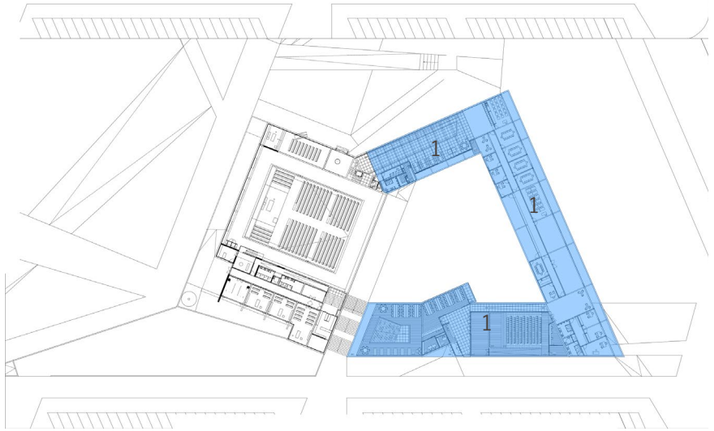


Pátio de acesso à igreja e blocos B e C

PROGRAMA



Piso 0
1 - Igreja
2 - Centro Paroquial



Piso 1
1 - Centro Paroquial

O programa desenvolvido, divide-se em duas partes distintas: a igreja e o centro paroquial. A relação entre eles é promovida por um pátio central à cota mais baixa, que garante a fluidez dos percursos exteriores e relaciona as partes do edifício com ele próprio e com as áreas adjacentes, criando um espaço de passagem, mas também de estar ao ar livre.

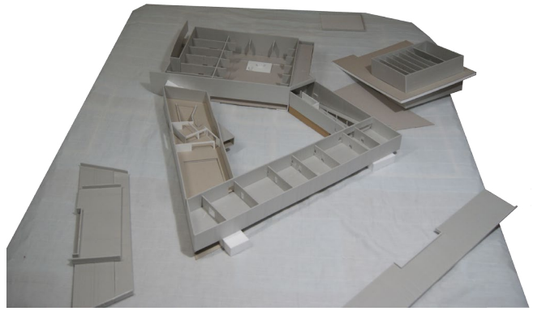
No volume da igreja, o espaço associado à nave é delimitado por uma caixa invertida e suspensa, não existindo qualquer contacto com o chão, mas sim promovendo a relação com o céu. A não delimitação do espaço celebrativo, permite por um lado uma completa liberdade de circulação entre os diversos espaços adjacentes como o batistério, a capela diária e o acesso a zonas específicas, e por outro, que a luz proveniente da cobertura desta caixa invertida, possa chegar aos espaços mais interiores. Com este intuito, todos os corredores interiores da igreja são delimitados por um ripado de madeira com integração de vidro, que garante um ritmo e uma iluminação natural para os mesmos. Uma espécie de filtro que separa, mas permite um contato visual para além destes. É ainda integrado na igreja, a uma cota ligeiramente superior, as capelas mortuárias e sala de estar associada.
Num espaço, em que a relação de cotas com o exterior é considerável, as capelas mortuárias conseguem isolar-se do exterior e garantir um espaço de serenidade. Através de um espelho de água, é garantida a iluminação para o interior destes espaços. Um acesso em rampa, posterior à entrada da igreja, permite uma separação entre espaço de celebração (igreja) e de luto (capelas mortuárias), conseguindo-se uma maior polivalência na distribuição do programa deste volume.

Ao nível funcional, a imponência do grande volume da igreja, é relativizado pela criação de um braço em forma de U, acolhendo o centro paroquial que, por um lado relativiza o próprio volume da igreja e por outro, e por outro cerca um pátio exterior que se distancia e aparta da envolvente, ficando acolhido no centro da proposta. Um espaço hibrido, com acessos aos edifícios, estando ao dispor da comunidade, permitindo várias utilizações a curto e longo prazo.

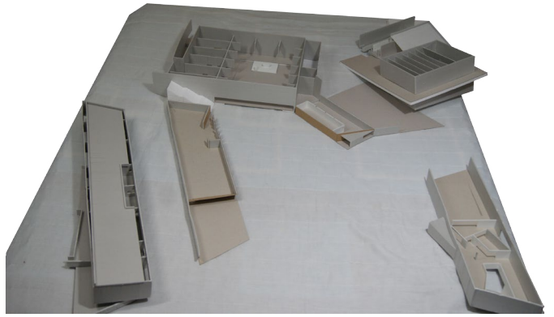
Relativamente à materialidade, o sistema estrutural em betão define e organiza todo o interior, tanto no Centro Paroquial como na Igreja. Por contraste, as paredes não estruturais são em gesso cartonado, com acabamento branco. Os pavimentos são maioritariamente em mármore azulino de cascais e madeira de carvalho branco, nas zonas de maior acolhimento..
Também os mobiliários da igreja, são definidos por esta madeira. No exterior o betão à vista cofrado em madeira, fica apoiado, numa aparentemente frágil parede de madeira de afizélia, sendo o chão composto por lajetas de betão pré-fabricado.

Vista de Cobertura

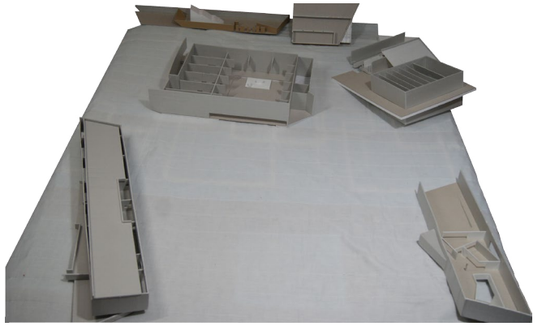
Vista do piso 1



Vista do piso 0



Bloco A

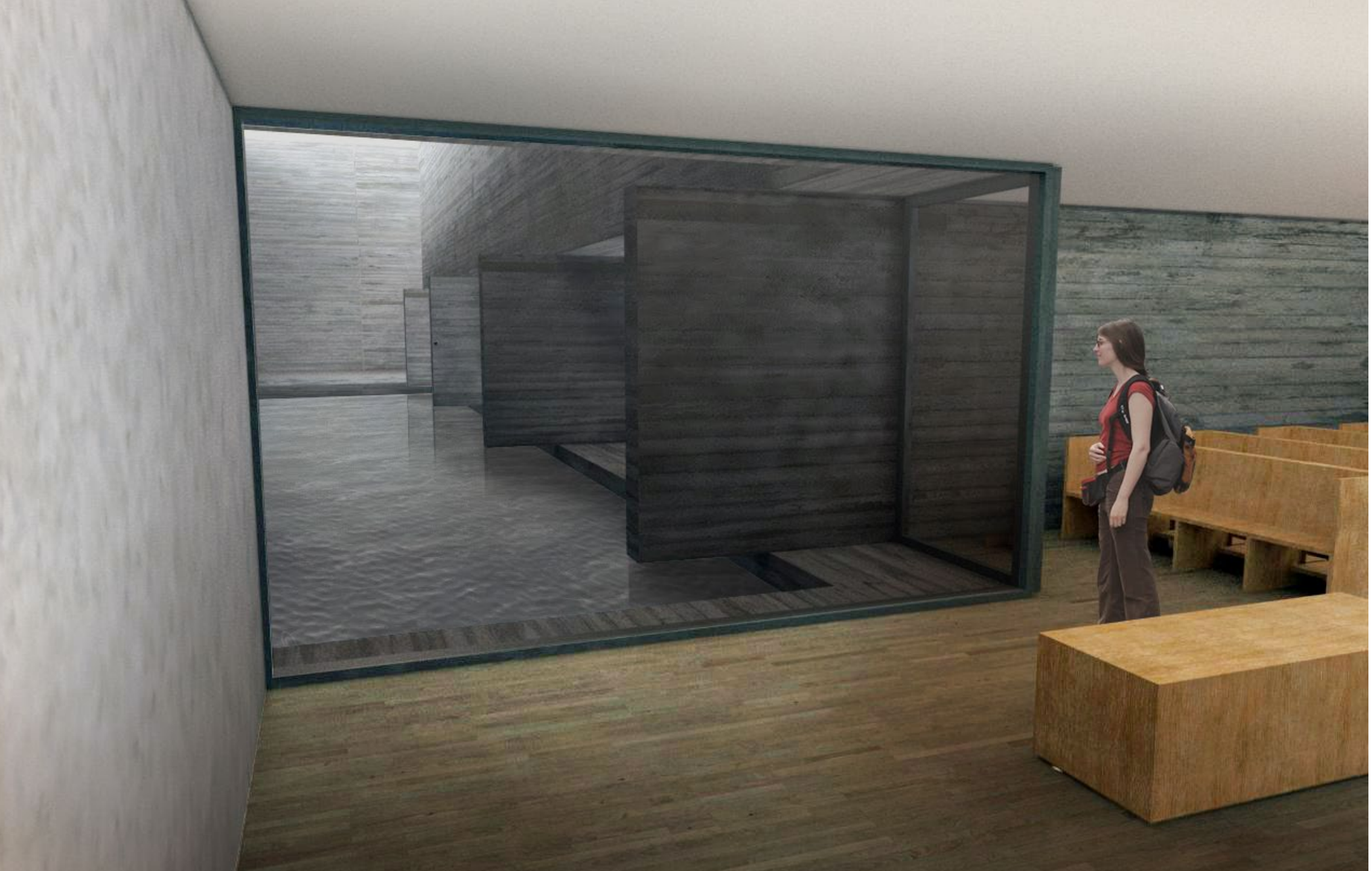


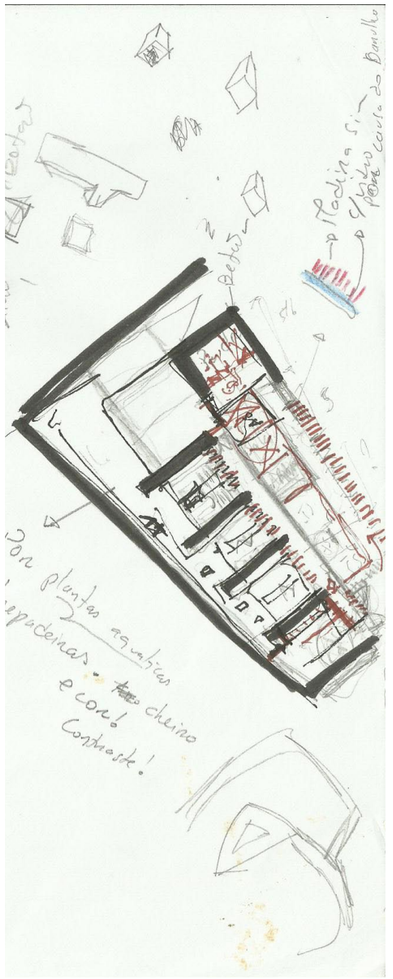
Nave da igreja

Vista do batistério e capela diária

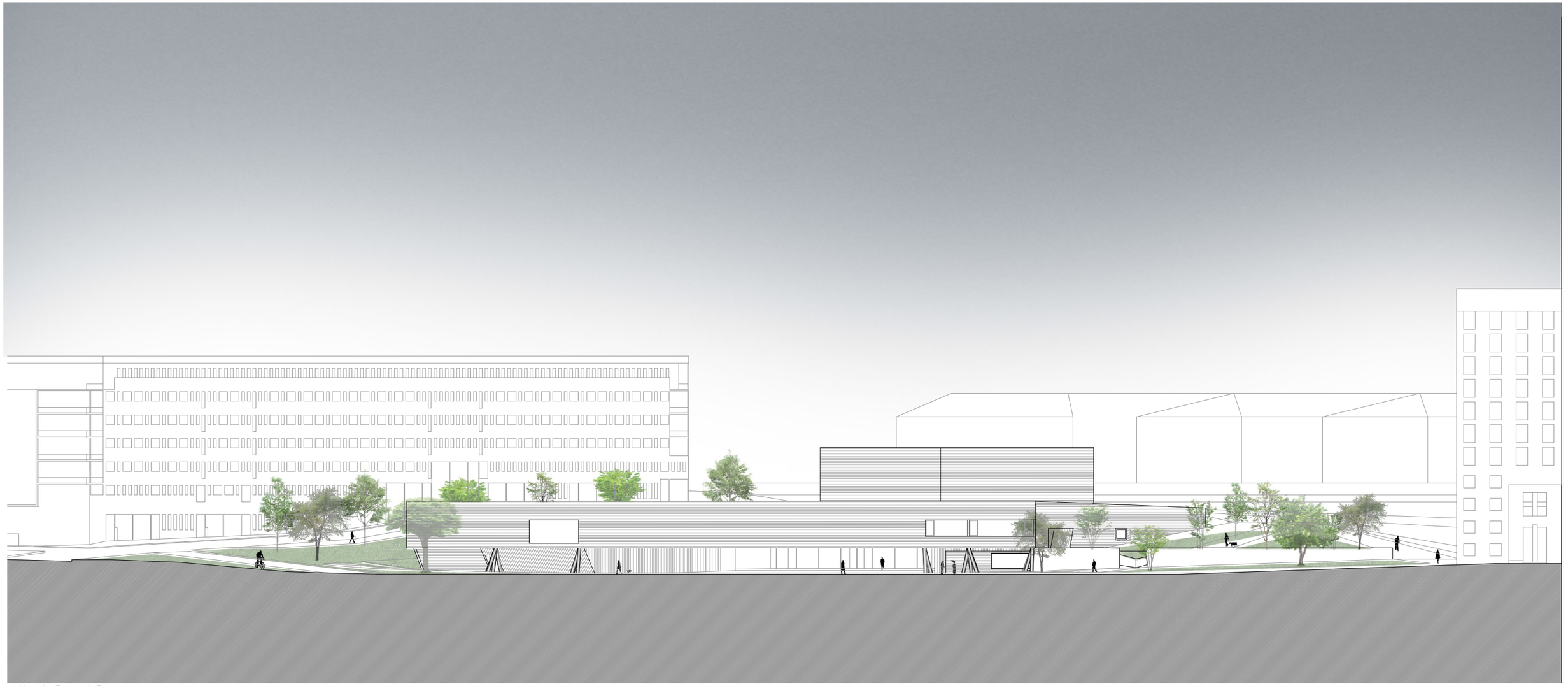
Capela diária

Capela mortuária



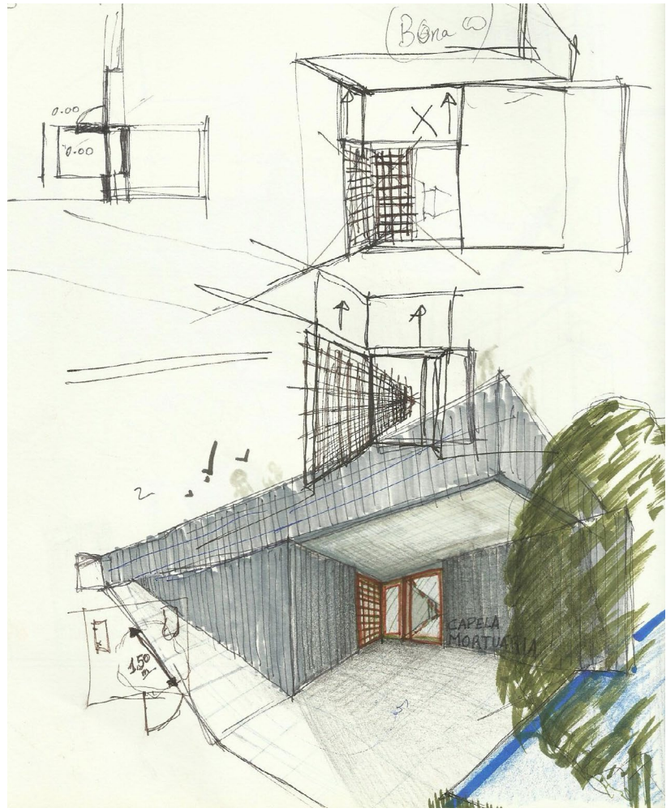


Capela mortuária

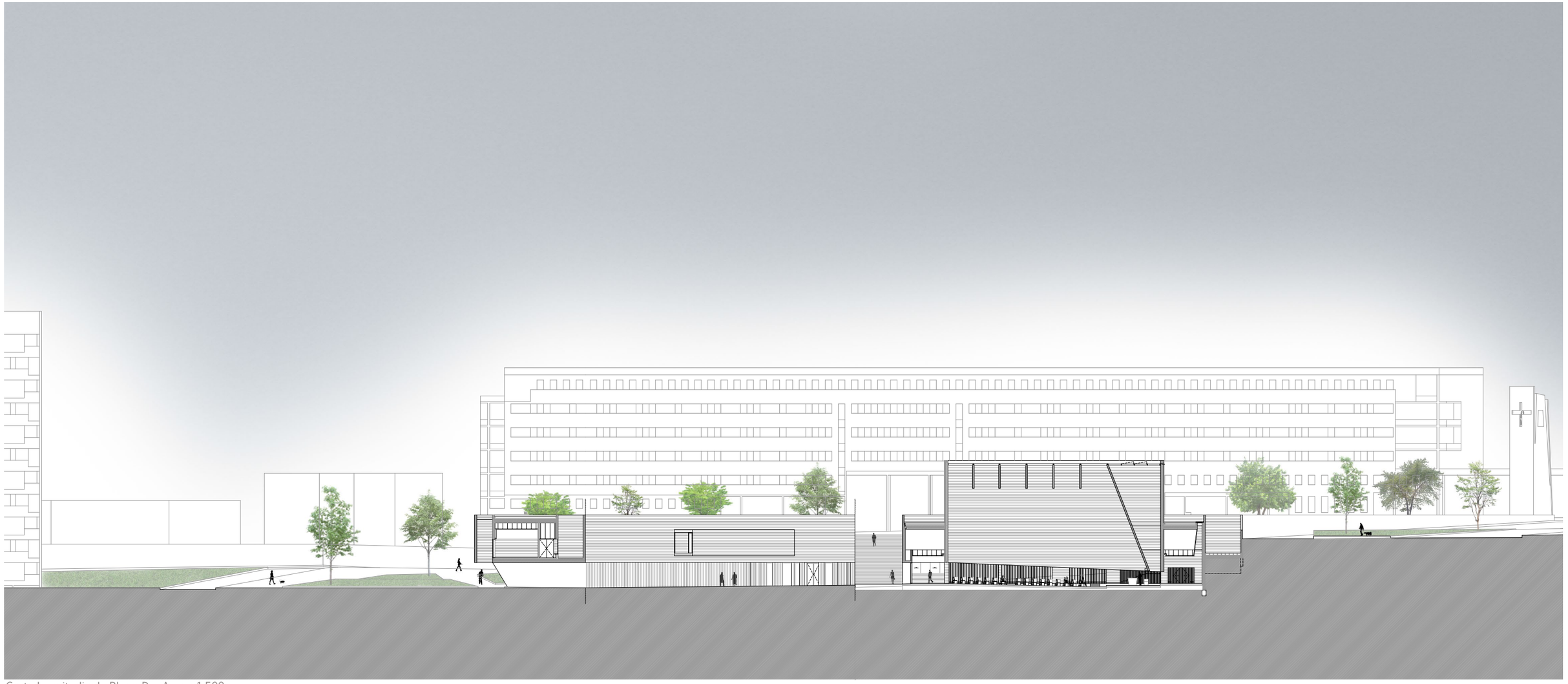


Alçado Frontal, Este

PISO 0 . Bloco A
A.00 . Átrio de Entrada
A.01 . Deambulatório
A.02 . Nave da igreja
A.03 . Capela Diária
A.04 . Batistério
A.05 . Zona Técnica
A.06 . Armazém, Zona Técnica
A.07 . I.S. M
A.08 . I.S.
A.09 . I.S. F
A.10 . Sala de Reuniões
A.11 . Sacristia
A.12 . Espaço de vendas
A.13 . Arrumos
A.14 . Capela Mortuária 1
A.15 . Capela Mortuária 2
A.16 . Capela Mortuária 3
A.17 . Sala de estar

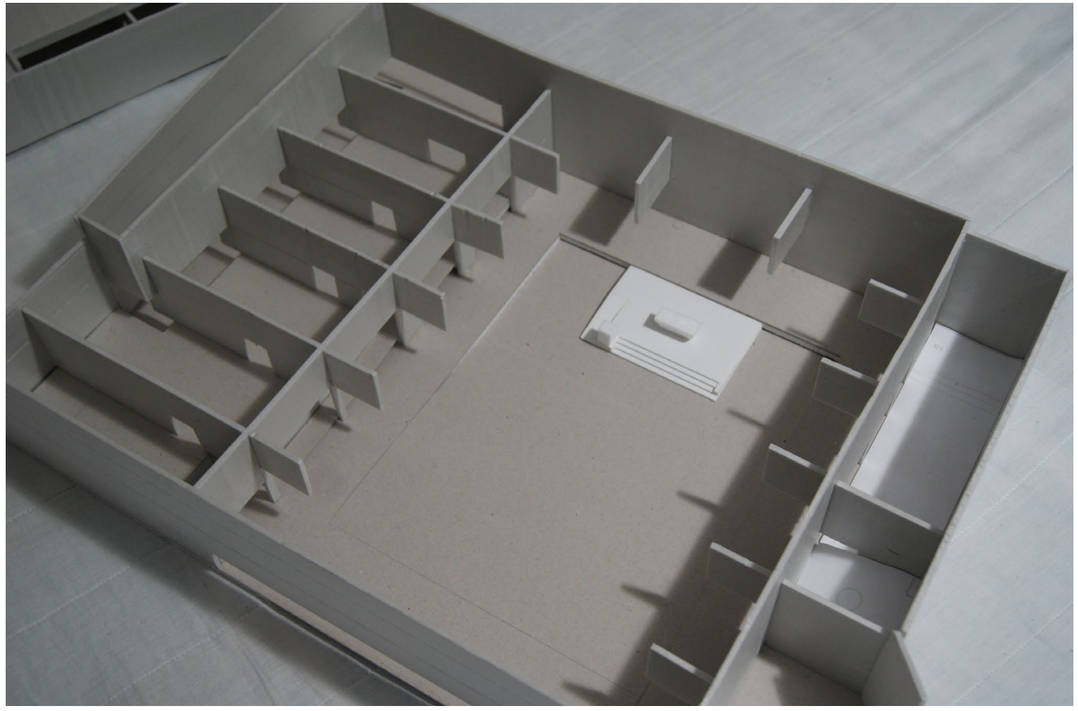


Entrada para as capelas mortuárias



Corte Longitudinal , Bloco D a A, esc 1.500

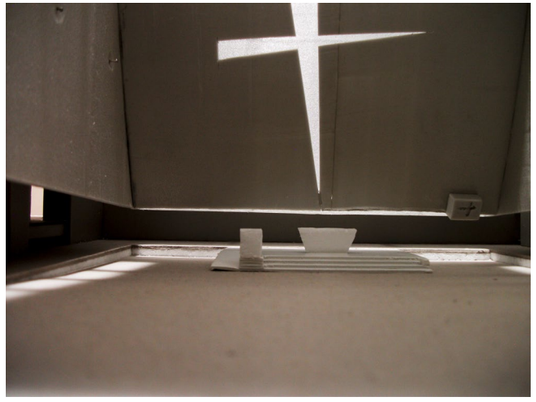
Vista do interior da igreja, sem a caixa da Nave. Maqueta de estrutura



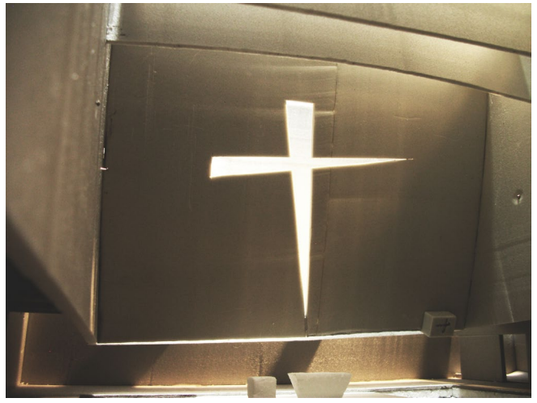
Caixa invertida da Nave.

Estudo da materialidade e dimensionamento da cobertura da nave

Tela membrana, com abertura em vidro nas laterais a 0,40m.

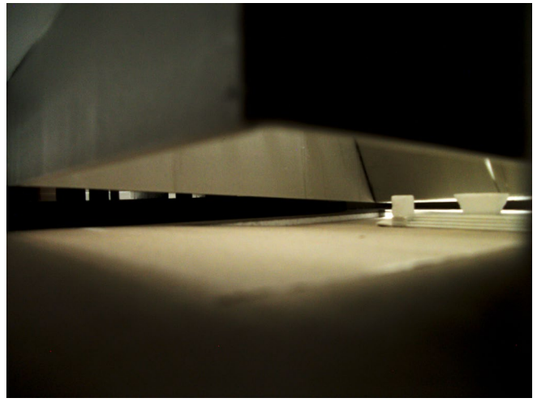


Tela membrana, com abertura em vidro nas laterais a 1m.

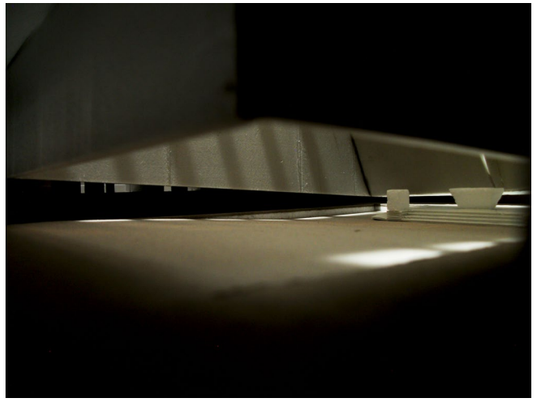


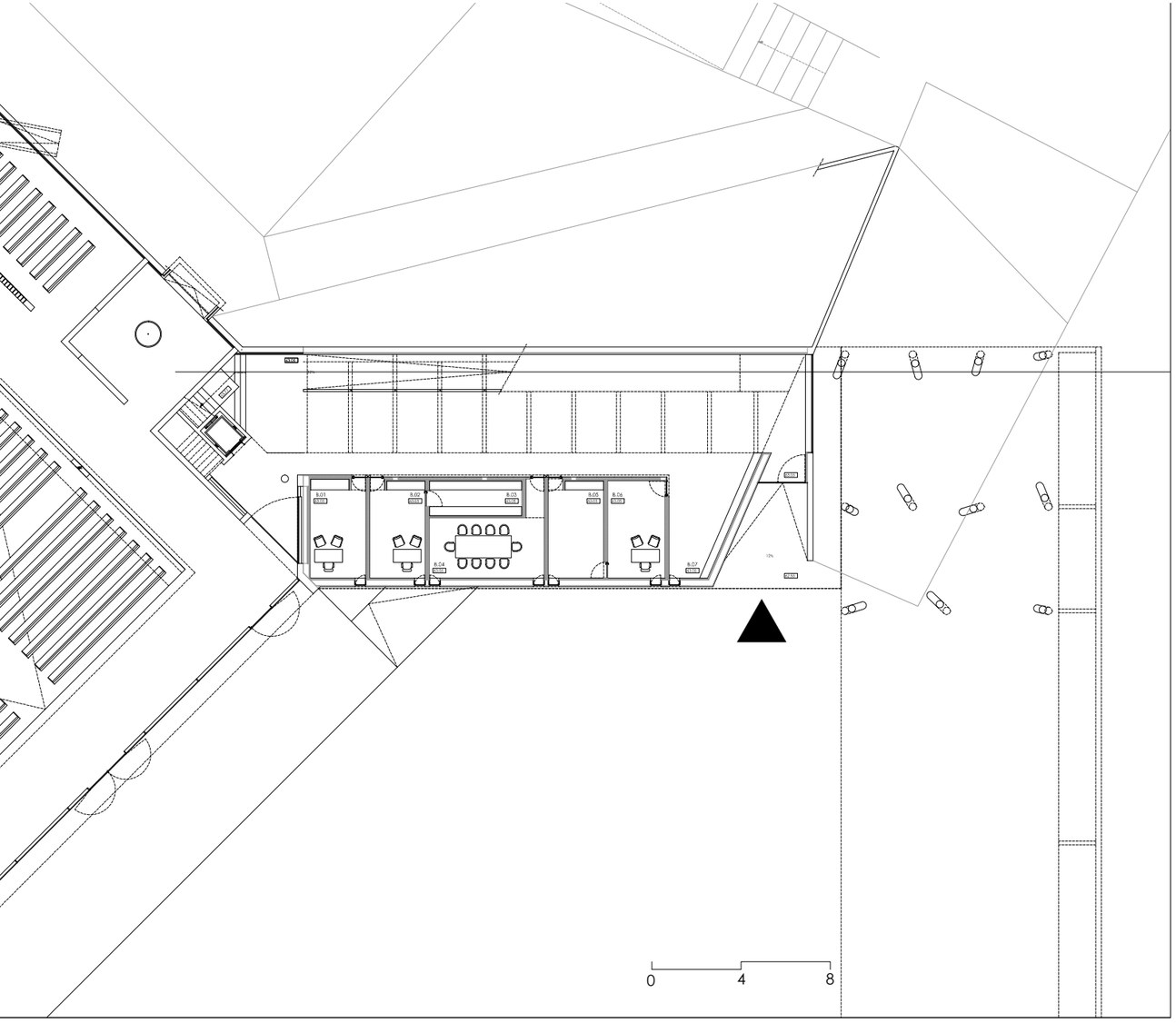
Estudo da materialidade e dimensionamento da cobertura da nave

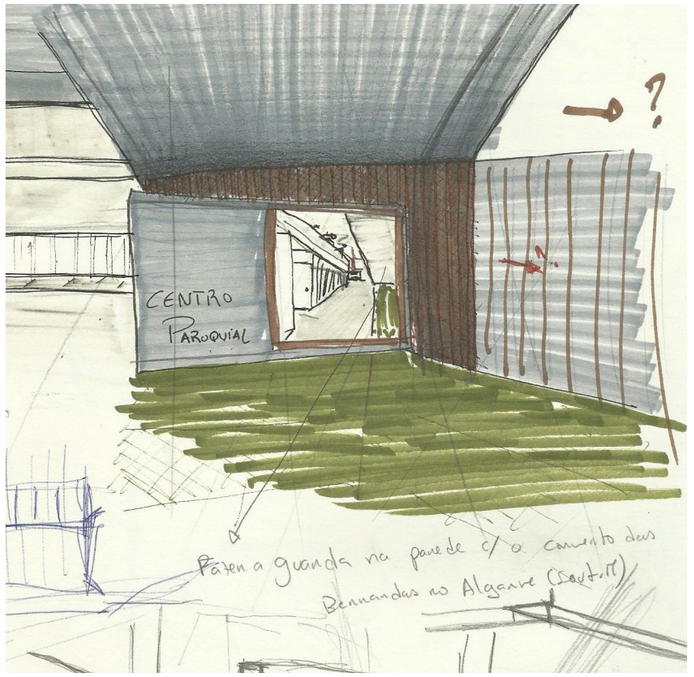
Tela membrana, com abertura em vidro nas laterais a 0,40m.



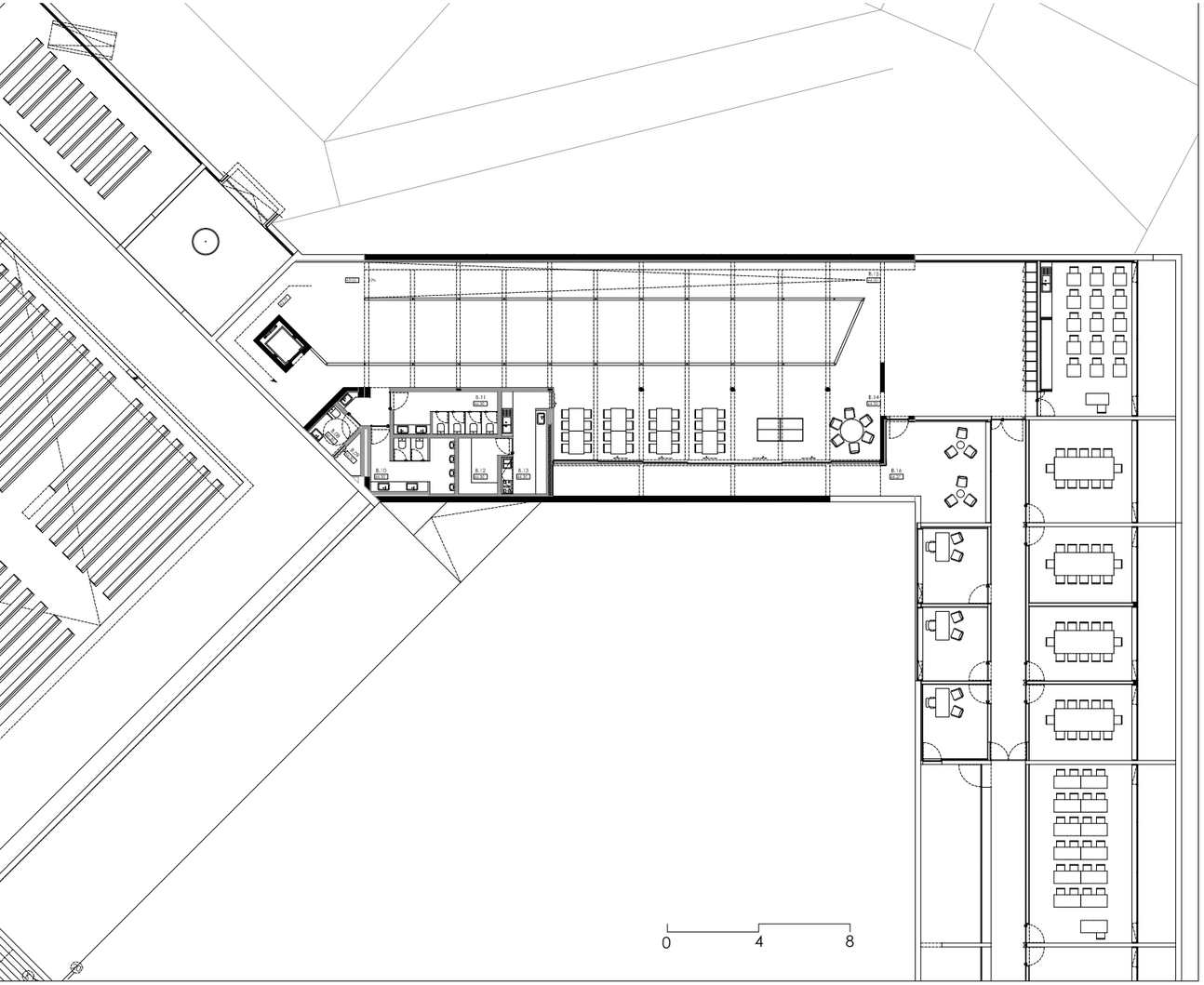
Tela membrana, com abertura em vidro nas laterais a 1m.







PISO 0 . Bloco B
B.01 . Gabinete paroquial 1
B.02 . Gabinete paroquial 2
B.03 . Arquivo
B.04 . Sala de reuniões
B.05 . Gabinete de Ação Social
B.06 . Gabinete de Depósito
B.07 . Sala de espera



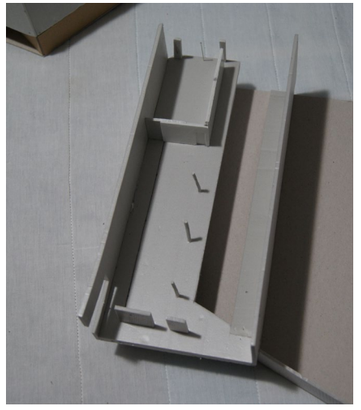
PISO 1 . Bloco B
B.08 . I.S. (Bloco A)
B.09 . Arrumos, Limpeza (Bloco A)
B.10 . I.S. M
B.11 . I.S. F
B.12 . Despensa
B.13 . Cozinha e copa
B.14 . Sala de convívio
B.15 . Hall de cacifos (D.21)
B.16 . Esplanada (D.20)

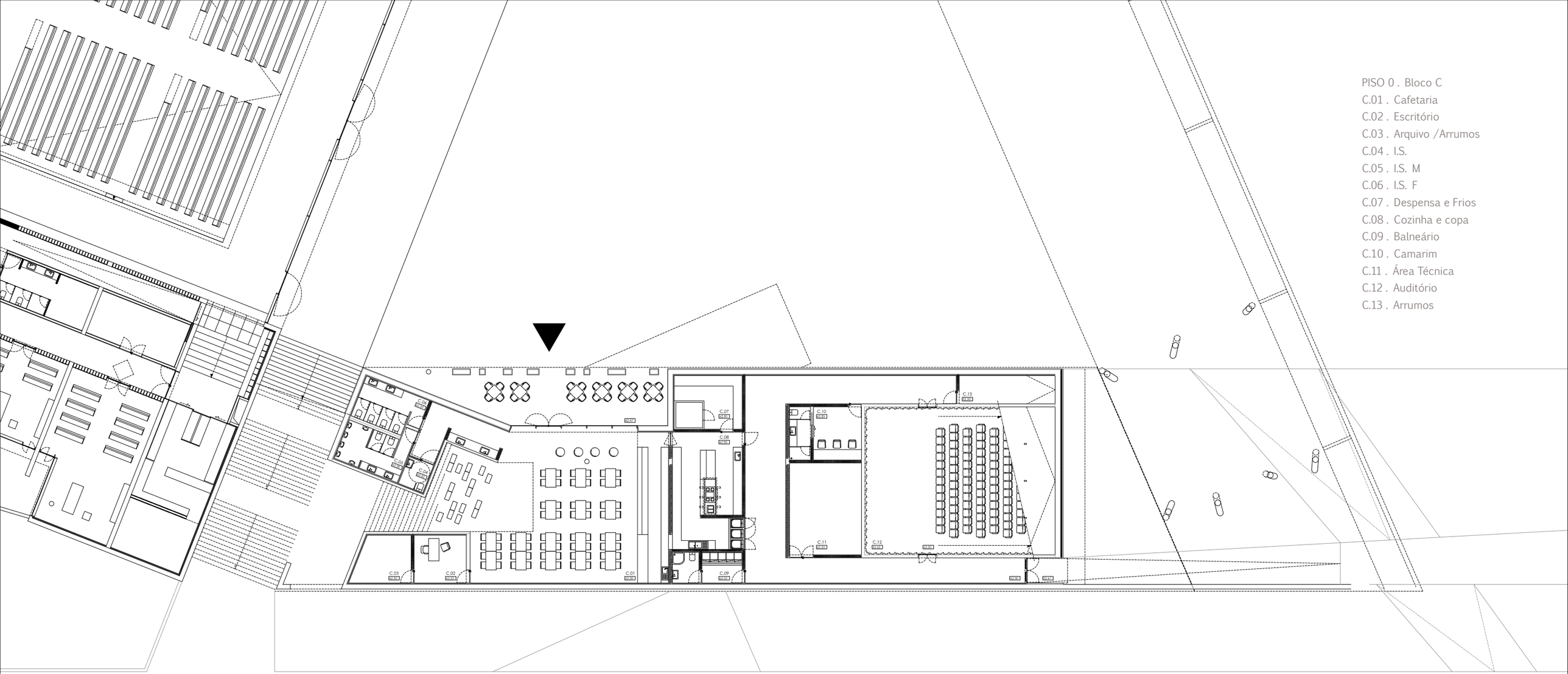
Estudo de iluminação, bloco B.

Abertura vertucal a acompanhar a rampa

Vista a partir do exterior para o bloco B, piso 0.

Vista do piso 1 do bloco B.





PISO 0 . Bloco C

C.01 . Cafetaria

C.02 . Escritório

C.03 . Arquivo /Arrumos

C.04 . I.S.

C.05 . I.S. M

C.06 . I.S. F

C.07 . Despensa e Frios

C.08 . Cozinha e copa

C.09 . Balneário

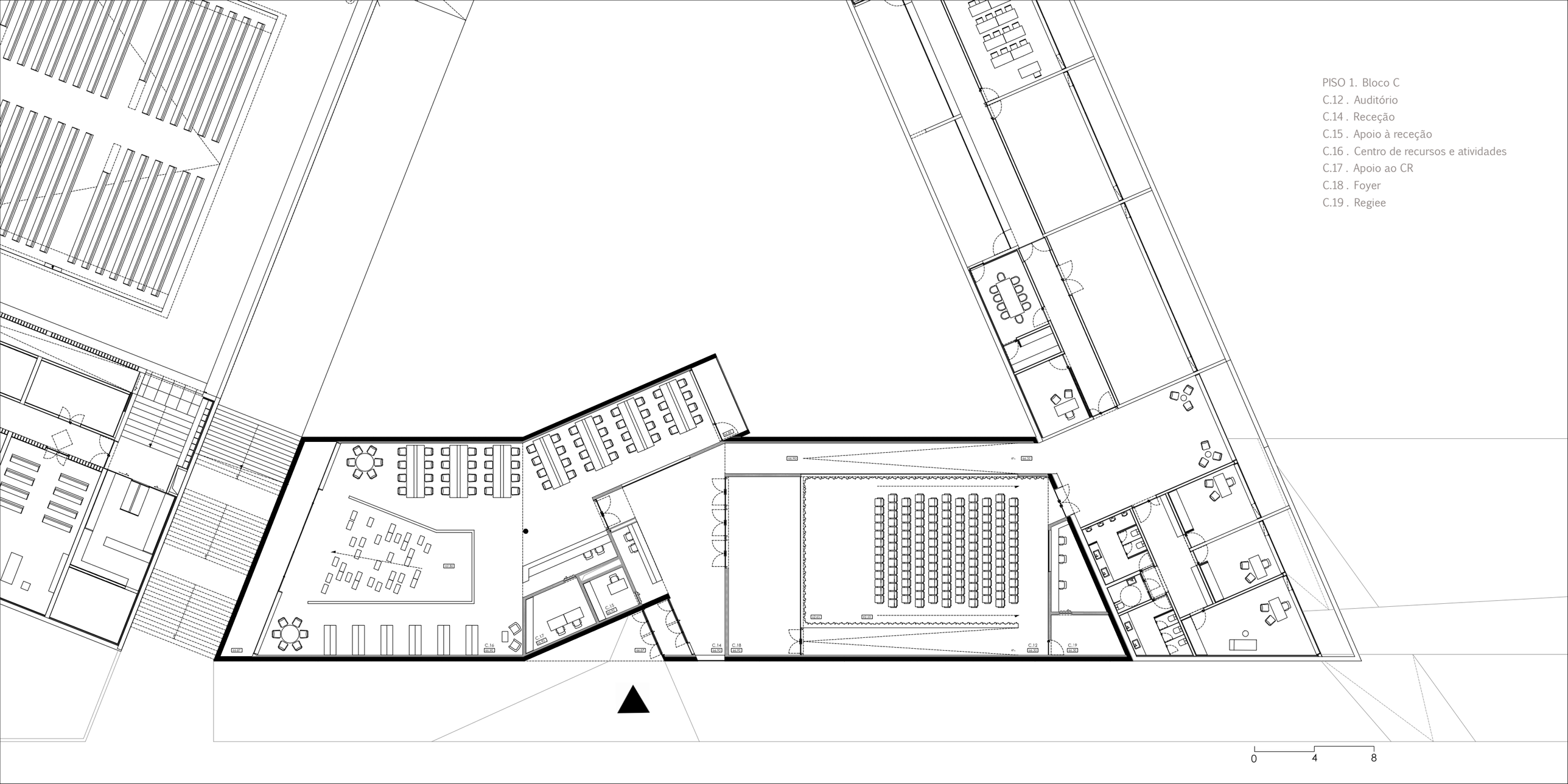
C.10 . Camarim

C.11 . Área Técnica

C.12 . Auditório

C.13 . Arrumos

Alçado Lateral, Norte, esc 1.500



PISO 1. Bloco C

C.12 . Auditório

C.14 . Receção

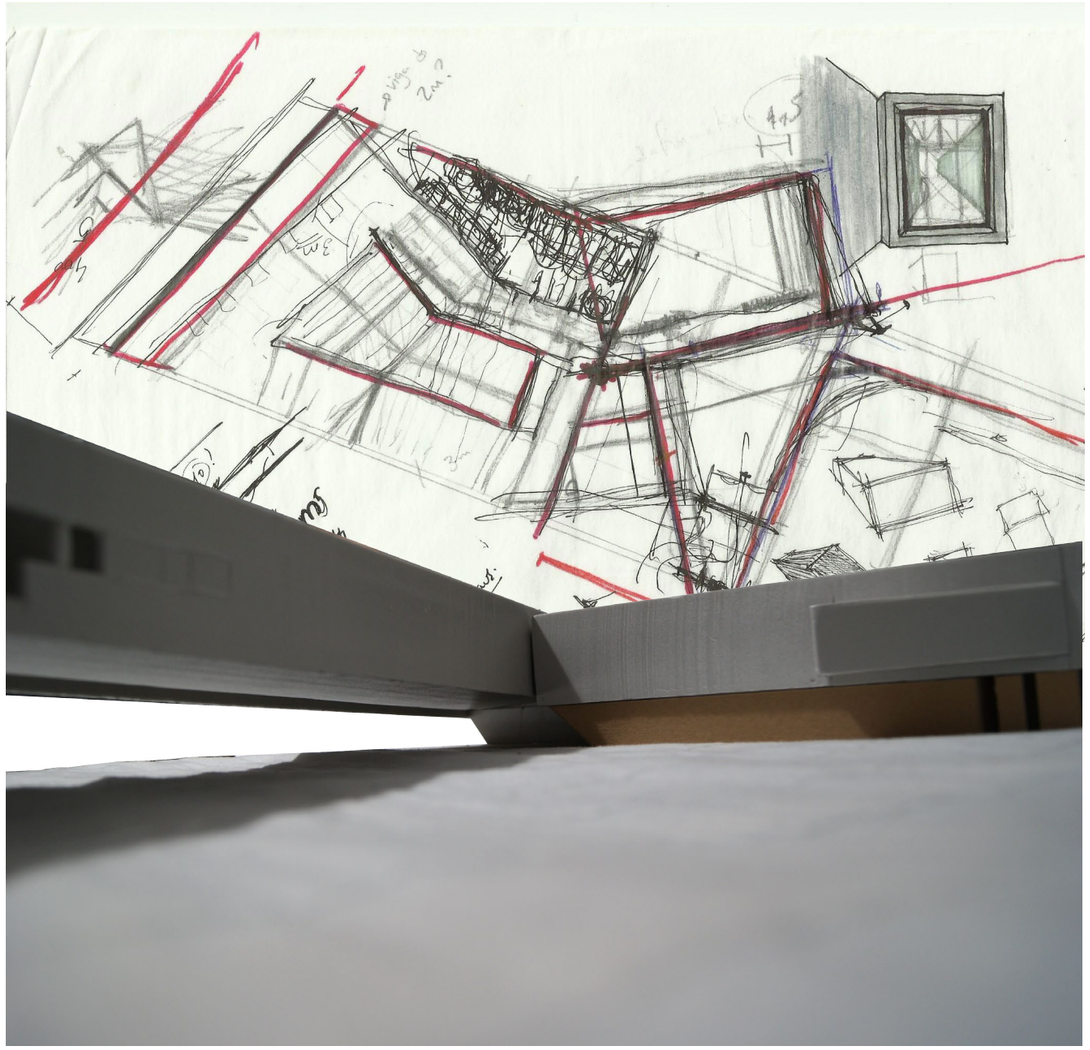
C.15 . Apoio à receção

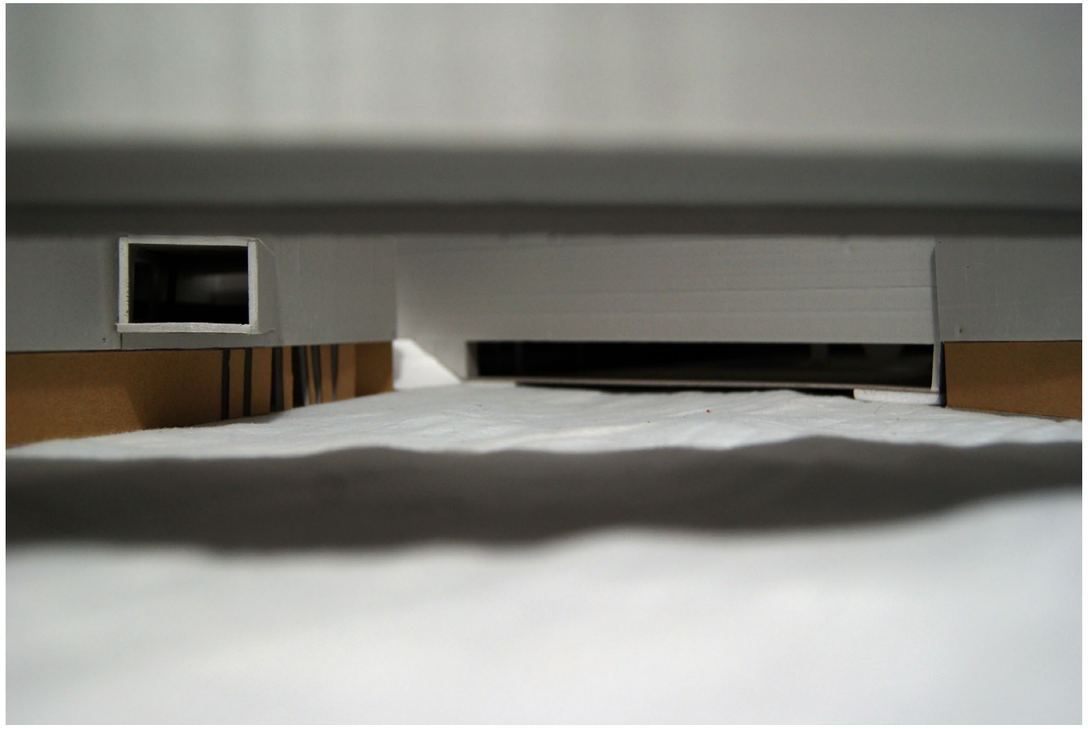
C.16 . Centro de recursos e atividades

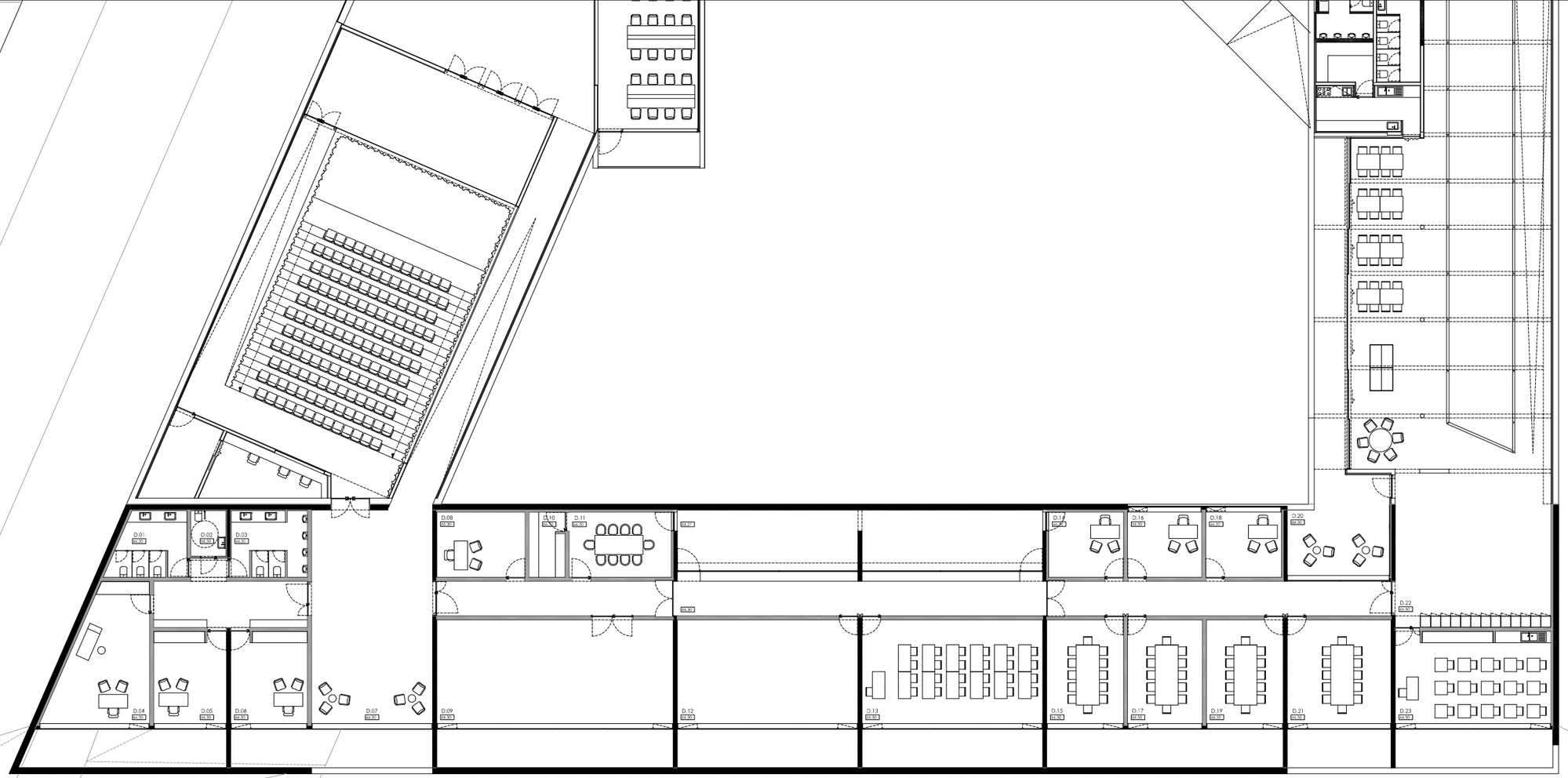
C.17 . Apoio ao CR

C.18 . Foyer

C.19 . Regiee







PISO 1. Bloco D
D.01 . I.S. F
D.02 . I.S.
D.03 . I.S. M
D.04 . Enfermaria
D.05 . Gabinete de assistência médica 1
D.06 . Gabinete de assistência médica 2
D.07 . Foyer
D.08 . Sala de apoio de estúdios
D.09 . Estúdio 1
D.10 . Arquivo /Arrumos
D.11 . Sala de reuniões
D.12 . Estúdio 2
D.13 . Sala de Catequese /Escuteiros 1
D.14 . Gab. Catequese/Escuteiros 1
D.15 . Sala de Catequese /Escuteiros 2
D.16 . Gab Catequese/Escuteiros 2
D.17 . Sala de Catequese/Escuteiros 3
D.18 . Gab. Catequese/Escuteiros 3
D.19 . Sala Catequese/Escuteiros 4
D.20 . Esplanada (B15)
D.21 . Sala de Catequese/Escuteiros 5
D.22 . Hall dos cacifos
D.23 . Sala trabalhos manuais

0 4 8

Nave da igreja

ARQUITETURA RELIGIOSA

Casos de estudo

A edificação de uma igreja é feita no sentido de procurar novas soluções, essencialmente do ponto de vista da planta, que permitam atribuir ao altar um lugar de destaque como centro da liturgia, e ainda possibilitar a participação ativa de todos os paroquianos nas celebrações.

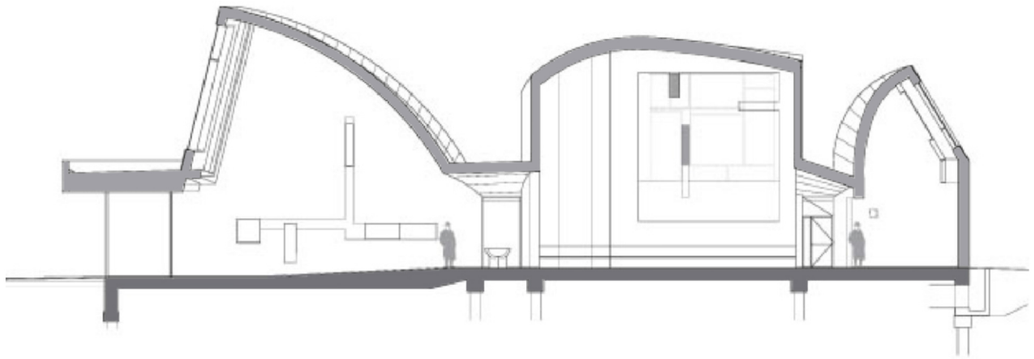
> *"O projeto de igreja longitudinal como espaço axialmente orientado para o altar é complementado com a busca de lugares de reunião ao redor do altar. A par da posição central do altar que, enquanto imagem simbólica de Cristo, deve ser o centro de Acão litúrgica, faz parte deste modelo o espaço unitário sem colunas, que permita uma visão livre e sem perturbações das ações que se desenrolam junto do altar. (...) O vazio de espaço e superfície, corretamente articulado, não é uma simples negação da imagem, mas o seu polo oposto. O vazio relaciona-se com a imagem tal como o silêncio com a palavra. Assim que o homem se abre a ele, experimenta no vazio uma presença misteriosa. Ela exprime do Sagrado aquilo que está para além de forma e conceito. (...) Neste sentido, o espaço litúrgico é um lugar de três características: na celebração da palavra o espaço tem uma configuração de reunião; na celebração eucarística tem a configuração de uma refeição; para a meditação necessita de uma forma de recolhimento. Cada uma das três formas tem o seu efeito nos utentes, e as três diferentes realidades de efeito devem resultar em conjunto de uma síntese arquitetónica." (Richter, 1998)*

"Representativos da estrutura dinâmica e primária da celebração são os lugares-função: sede, ambão e altar, nos quais se desenrolam, nesta mesma sequência, as quatro grandes partes da Missa; o círculo fecha-se com a parte final de novo na sede." (Richter, 1998) Atualmente, a construção de espaços litúrgicos, ou a reconstrução dos mesmos, deve obedecer à "conceção renovada de liturgia" (Richter, 1998), como explana o Concílio Vaticano II (1961). Por um lado a construção não pode colidir com o ideal de fé e de liturgia que determinada comunidade tem; por outro lado, essa mesma construção não pode basear-se em pressupostos que reforcem a "conceção de piedade já ultrapassada na consciência da Igreja e da Teologia." (Richter, 1998)

Na liturgia atual existem elementos que deixaram de possuir qualquer influência neste ritual. Como exemplos destes elementos surgem os altares laterias ou os púlpitos situados a meio da nave da igreja, os quais já não são usados. Assim, estes elementos tornam-se "resquícios históricos" (Richter, 1998) da celebração litúrgica antiga.

"O edifício sagrado, na sua disposição geral, deve reproduzir de algum modo a imagem da assembleia congregada, proporcionar a conveniente ordenação de todos os seus elementos e facilitar o perfeito desempenho da função de cada um. (...) Um espaço assim estruturado será tanto mais de acordo com a liturgia, quanto mais forem corretas as conceções de espaço e de planta dela deduzidas. Para responder a esta exigência deve-se refletir sobre todos os elementos que constituem uma obra arquitetónica: forma do espaço, divisão dos espaços, disposição dos lugares, estrutura do espaço, materiais, construção, incidências de luz, equipamento, acústica, iluminação elétrica." (Richter, 1998)

Planta



Corte AA'

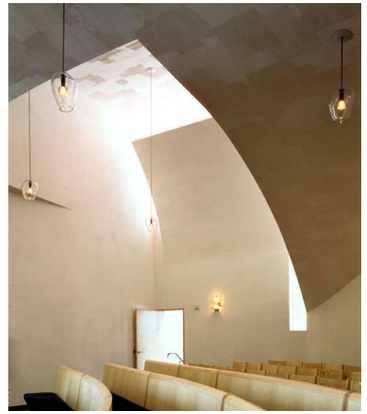
Capela de Santo Inácio

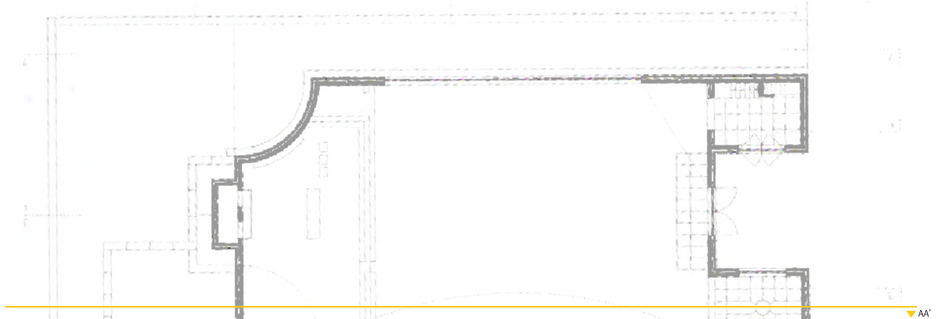
Seattle, Washington, Estados Unidos da América
Steven Holl Architects, 1994 — 1997

Na Capela de Santo Inácio, na Universidade de Seattle, surge uma fusão entre a luz natural e a luz artificial. O conceito deriva de "um desenho de sete garrafas, cada uma com uma cor e com formas e orientações diferentes, que emergem de uma caixa de pedra. Do uso metafórico das garrafas surge uma cobertura irregular, cujos volumes correspondem a diferentes espaços interiores, organizados de acordo com o programa do culto católico." (Trigueiros, 2010) Desta forma, cada garrafa transpõe-se num sólido irregular com claraboias que permitem a iluminação natural. Na igreja, a combinação da luz natural com a luz artificial atribuem à nave uma variedade de detalhes. "A luz é esculpida por uma série de volumes que sobressaem da cobertura, e que captam luzes "diferenciadas", orientados segundo as direções dos pontos cardeais, todos eles estão orientados para o espaço do ritual religioso. Se a luz captada a sul pretende simular um efeito de procissão para a comunhão, que é uma parte fundamental da missa, luz captada a nascente e poente, acentua o espaço da nave principal da igreja, o espaço de culto principal, que se abre para a cidade." (Trigueiros, 2010)

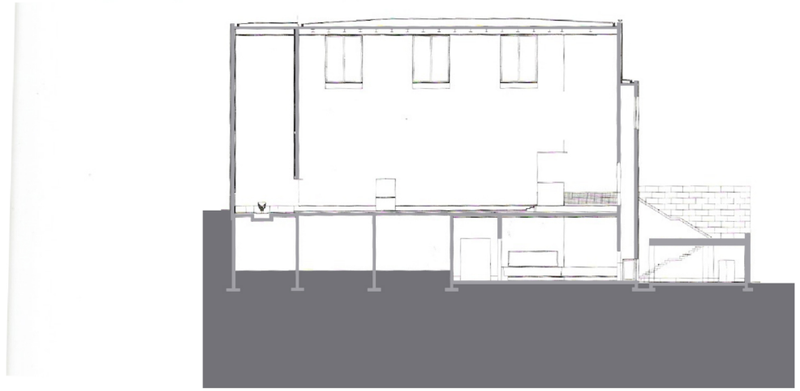
Além dos efeitos conseguidos com a luz já referidos, a iluminação que entra na igreja através das janelas adquire cor "ao ser filtrada por lentes de vidro coloridas, que a encaminham a superfícies refletoras, um mecanismo que transforma a luz até atingir as paredes brancas da capela". (Trigueiros, 2010) Esta luz apresenta uma dinâmica conferida não só pelo movimento do sol ao longo do dia, como também pela passagem de nuvens, que acabam por criar várias tonalidades.

Se durante o dia existe um jogo de luzes e cores, durante a noite a iluminação "emerge das superfícies em vidro das claraboias, criando volumes de luz, que nos levam a perceber essas superfícies como se estivessem soltas no espaço. Durante a noite o edifício ganha um cunho marcadamente iconográfico, que parece corresponder a um acumulador de energia que dissipa durante a noite o que acumulou durante o dia". (Trigueiros, 2010)





Planta

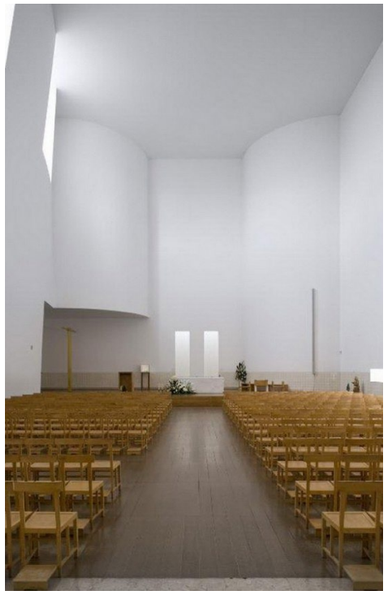


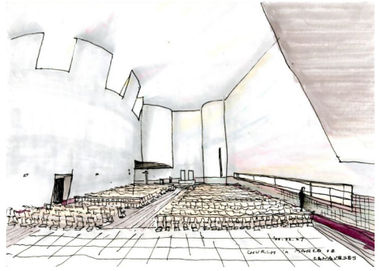
Corte AA'

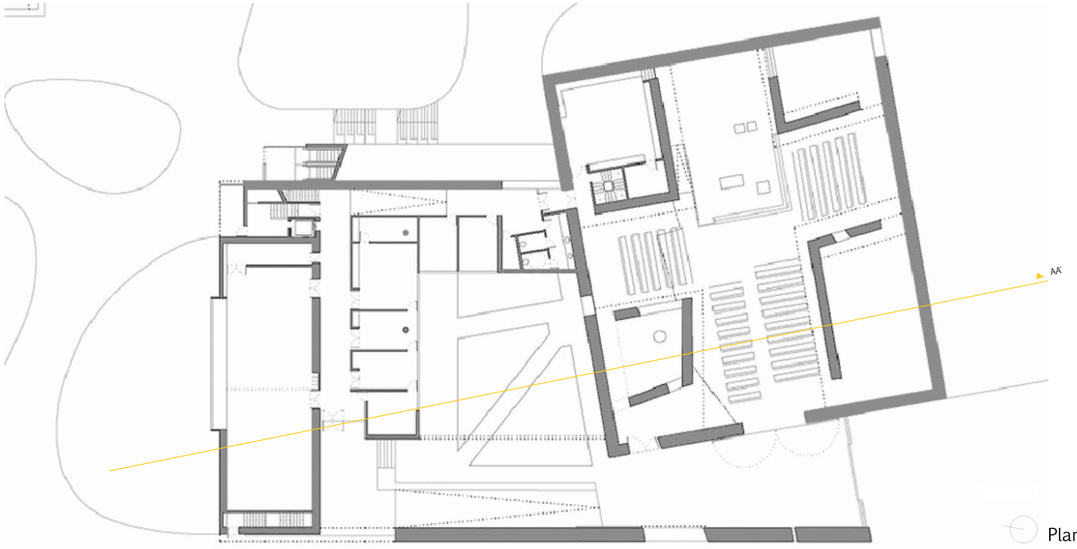
Igreja de Santa Maria do Marco de Canaveses

Avenida de Gago Coutinho, Marco de Canaveses, Portugal
Álvaro Siza Vieira, 1990

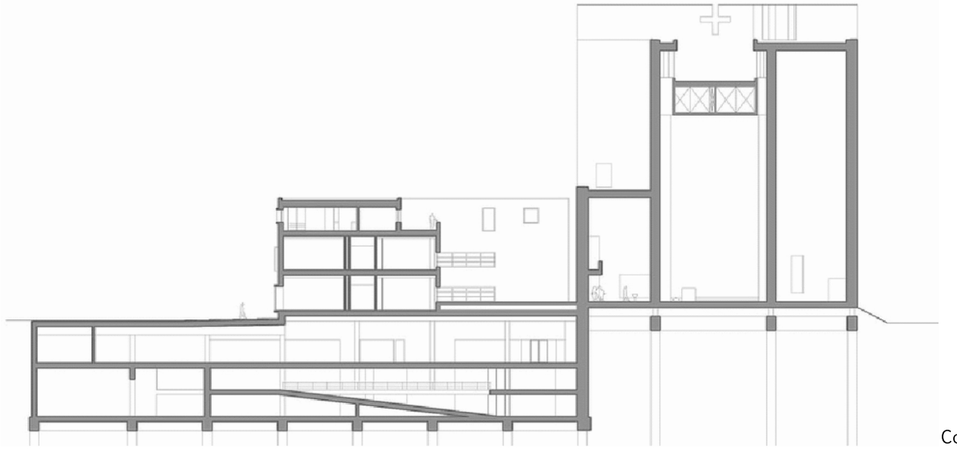
A Igreja de Santa Maria pertence ao complexo paroquial do Marco de Canaveses, do qual fazem ainda parte uma residência paroquial, auditório, catequese e capela mortuária. Os edifícios encontram-se dispostos perifericamente, definindo um adro central. A partir deste adro central surge a igreja, assumindo uma posição de destaque. "A igreja é um espaço de grandes dimensões, com uma nave central que permite dispor 400 lugares sentados organizados simetricamente ao longo do seu eixo, um corredor de 3 metros com a mesma largura da porta principal. A entrada, recuada, acentua a afirmação de duas torres com a mesma altura da igreja, onde se localizam o batistério (à esquerda) e os sinos (à direita)." (SILVA & SANTOS, 2011, p. 65) Todo este espaço é definido pela iluminação natural de forma característica. A grande nave é iluminada através de 3 janelas colocadas ao longo da parede noroeste, em curva, sendo este sistema o que assume maior importância. Na parede oposta encontra-se uma janela de apenas 50 cm de altura que relaciona a igreja com a avenida, como se pode percecionar ao percorrer a nave. O altar, localizado ao centro, "é assinalado pela luz difusa que, depois de atravessar o longo túnel de luz que marca a fachada, incide finalmente sobre ele." (SILVA & SANTOS, 2011, p. 67) Finalmente temos a porta com 15 metros de altura, que se encontra no lado oposto, e cujos feixes de luz são orientados para o altar. (SILVA & SANTOS, 2011, pp. 64-71)







Planta



Corte AA'

1 5 10

Igreja de Iesu

Riberas de Loiola, San Sebastián, Espanha
Rafael Moneo, 2011

A Igreja de Iesu surge em Riberas de Loiola, localizando-se na margem esquerda do rio Urumea junto ao Jardín de la Memoria.

A igreja, de cerca de 900 m2, apresenta um desenho vanguardista, situando-se os locais paroquiais em anexo a este edifício principal.

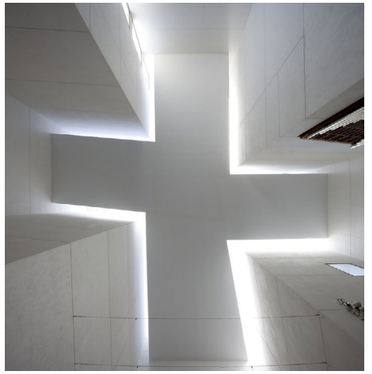
A sua planta possui a forma de cruz quebrada, apresentando uma certa assimetria. Quanto à sacristia, esta encontra-se à esquerda da nave principal, juntamente com o batistério. Já à direita da nave encontramos a Capilla de la Reconciliación, na qual existe um grande vitral e o sacrário.

Uma das maiores características desta obra relaciona-se com o jogo de luzes utilizado na mesma. Assim, é possível observar, no teto, uma cruz de carácter assimétrico que se desenha pela combinação de diferentes feixes de luz que entram através da cobertura. Esta iluminação resulta da entrada dos raios de luz através de vários vãos abertos no teto, e da sua reflexão nas paredes de estuque branco existentes no betão quer na parte de dentro, quer por fora da igreja.

Além do já referido, outra estrutura de iluminação emblemática desta igreja é o vitral de aproximadamente 10m de altura e 5m de largura existente na fachada sul do edifício. Neste vitral encontram-se representados a planta da igreja, os 12 meses do ano em numeração romana, o Sol, e a Lua em fases distintas. Este vitral possui ainda dois basculantes fixos de aço, e forrados no seu exterior com madeira de cedro.

Por fim, todo este jogo de luzes conta ainda com iluminação artificial proveniente de lâmpadas dispostas a baixa altura, mimetizando uma espécie de cobertura mais baixa e próxima às cabeças dos paroquianos, o que vai contrastar com as paredes elevadas que constituem a igreja, e principalmente com a iluminação natural proveniente da verdadeira cobertura do edifício.

Na fachada exterior pode-se observar um revestimento auto-lavável.



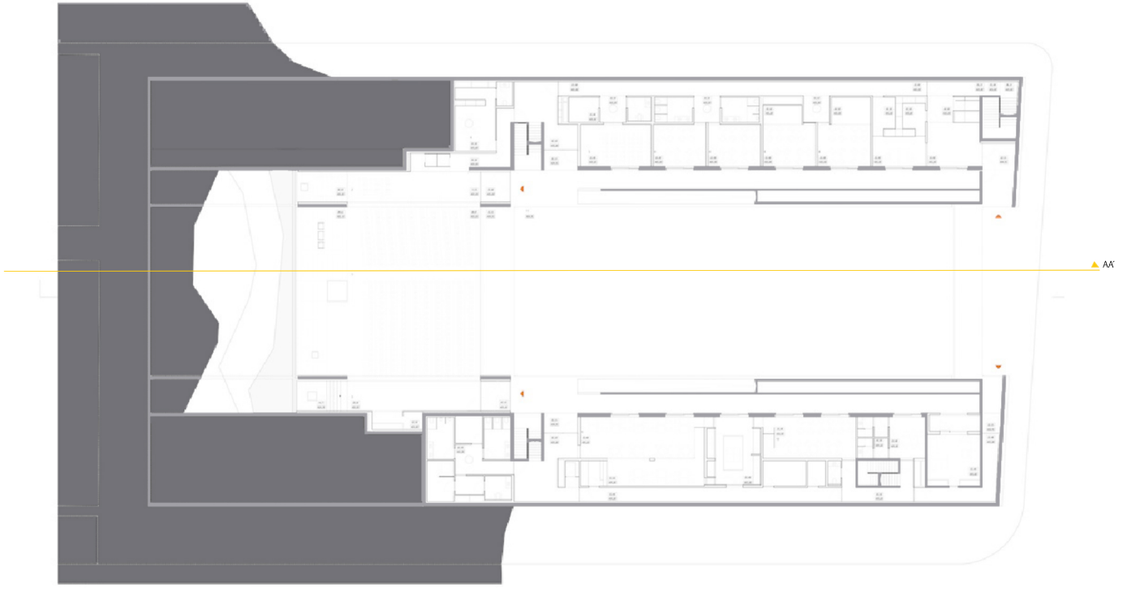
Igreja de Santo António

Bairro dos Assentos, Portalegre, Portugal
João Luís Carrilho da Graça, 2008

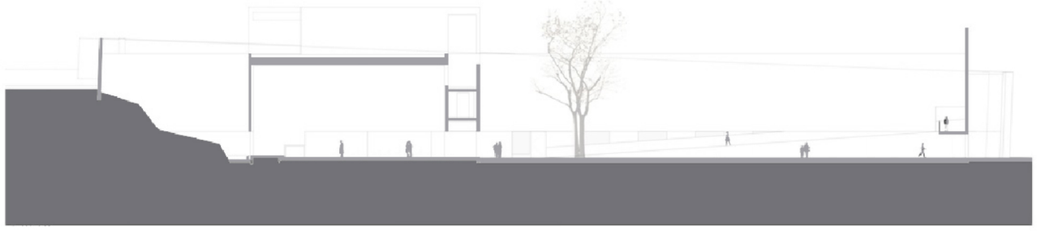
A igreja de Santo António situa-se no bairro dos Assentos, à periferia de Portalegre. Esta igreja é constituída por um centro de dia para idosos e por uma creche, sendo que as alas do complexo paroquial e do centro de dia situam-se em redor de um adro interior, a partir de onde se acedem aos diferentes serviços. Este adro é visível do exterior da igreja, permitindo ainda a quem se encontra no mesmo observar o interior da igreja. Tendo como pavimento saibro, funciona também como local de encontro para os paroquianos. Já as alas de apoio social, que constituem os volumes adjacentes ao adro e que definem os espaços da residência paroquial, do centro de dia e da creche, articulam com a igreja de forma direta, permitindo assim a livre circulação por todo o complexo.

A Igreja possui uma planta quadrangular constituída por uma nave central com assembleia e altar, e ainda as laterais onde temos o batistério e a capela do Santíssimo. No batistério, a presença de uma claraboia superior permite a iluminação natural do espaço, que entra de forma zenital e amena. Já a capela do Santíssimo apresenta-se como um espaço mais recolhido e contido com um pé-direito menor, estando aqui presente o Sacrário, "suspenso no plano de vidro com a rocha e a água como plano de fundo". (Monteiro, 2013)

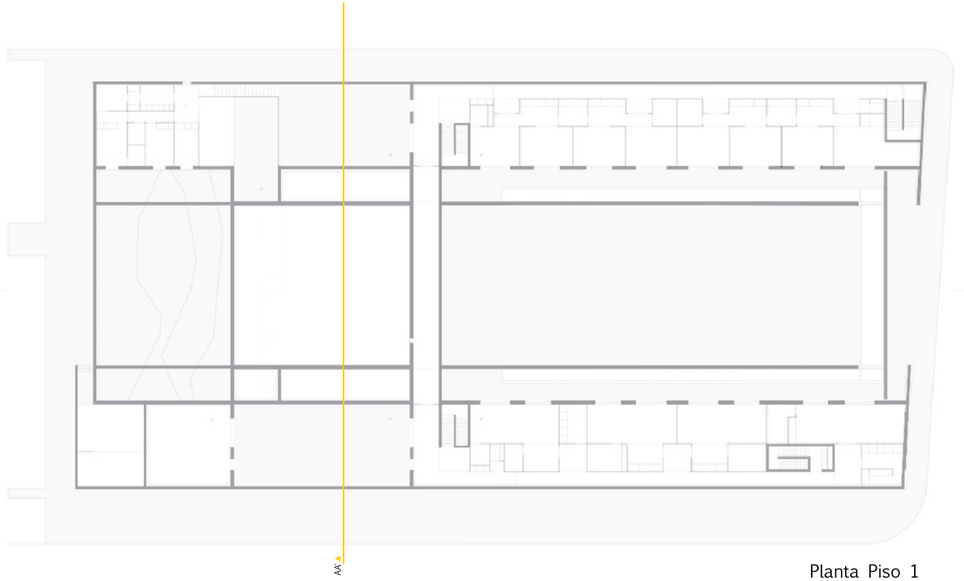
No interior da igreja temos um espaço de celebração Eucarística, sendo este o volume principal. Esse espaço é limitado nos extremos longitudinais por dois planos de vidro que se abrem para o exterior, seja na entrada, ou por trás do altar, mostrando a rocha e espelho de água como cenário de fundo.



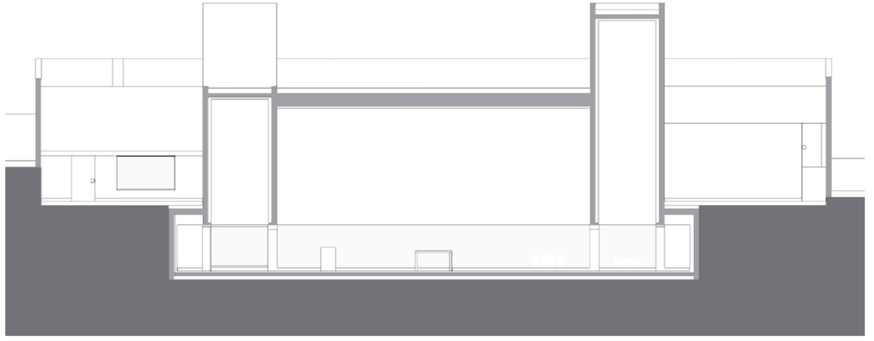
Planta Piso 0



Corte AA´



Planta Piso 1



Corte AA'

PARTE II

VERTENTE TEÓRICA

PARTE 2

1. Introdução **160**

1.1 Objetivos 164

1.2 Metodologia 165

2. Estado da Arte **166**

2.1 Processo de Projeto em Arquitetura 168

2.2 Tecnologias Digitais de Modelação e Visualização 3D 171
2.2.1 Software de Modelação 3D 173
2.2.2 Modos de Visualização 3D 175

2.3 Realidade Virtual imersiva 176
2.3.1 Conceitos 176
2.3.2 Tecnologias e Equipamentos 179
2.3.3 Projetos de Investigação no âmbito da Arquitetura 185
Casos de Estudo

3. Realidade Virtual Imersiva em Arquitetura **196**

3.1 A Realidade Virtual Imersiva e as ferramentas de trabalho no processo de projeto 199

3.2 Caracterização dos Modos de Visualização para a ferramenta de Realidade Virtual 204

4. Desenvolvimento do Sistema VIARModes para Arquitetura **208**

4.1 Funcionalidades e Interface de Comiunicação 212

4.2 Requisítos de Utilização 218
4.2.1 Modelação 3D 219
4.2.2 Transposição entre Software 222

5. Avaliação de Usabilidade e Satisfação do Sistema VIARModes **234**

5.1 Metodologia da Experiência 238

5.2 Montagem da Experiência: Hardware, Software e Cenário do AVI 239

6. Considerações Finais **245**

Referências Bibliográficas **252**
Lista de acrónimos **260**
Índice de imagens **262**
Índice de tabelas **266**
Anexos **269**

VISUALIZAÇÃO E INTERAÇÃO EM REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA:

Modos de Visualização para Arquitetura Sistema VIARModes

II . VERTENTE TEÓRICA
Laboratório de Tecnologias da Arquitetura
Arquitetura na Revolução Industrial 3.1

VISUALIZAÇÃO E INTERAÇÃO EM REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA:
Modos de Visualização para Arquitetura – Sistema VIARModes

Orientadora
Sara Eloy - Professora auxiliar do ISCTE-IUL

RESUMO

Os avanços tecnológicos e as ferramentas de representação associadas à arquitetura têm influenciado, ao longo do tempo, os processos de projeto. A complexidade associada aos projeto de arquitetura tornam cada vez mais necessário a integração das ferramentas digitais de visualização e avaliação das opções arquitetónicas.

No âmbito da Realidade Virtual (RV), os Ambientes Virtuais Imersivos (AVI), em especial a tecnologia *Cave Automatic Virtual Environment* (CAVE), apresentam-se como uma excelente ferramenta de visualização e interação para a visualização tridimensional dos objetos arquitetónicos, seja na discussão do projeto durante as várias etapas do processo de conceção (KUHLEN & BISCHOF, 2010, pp. 159,160) seja na apresentação/exposição do mesmo com efeito realístico.

Por forma a facilitar a visualização, avaliação e conceção do projeto de arquitetura ao longo das diferentes fases de trabalho, é assim proposto a utilização de uma ferramenta de Realidade Virtual Imersiva (RVI). Com um conjunto de diferentes modos de visualização e respetivas funcionalidades, o sistema desenvolvido e descrito neste trabalho permite ao utilizador visualizar e interagir com um ambiente virtual á escala real, podendo navegar livremente e manipular diversas características do Ambiente Virtual (AV).

Através do uso desta ferramenta pretende-se uma rápida representação do projeto em determinado estágio de desenvolvimento, adequando progressivamente esta representação à necessidade de informação sobre o projeto com uma usabilidade amigável e apelativa.

Para provar a eficácia deste sistema no desenvolvimento do projeto de arquitetura e esclarecer em que fases da sua conceção se torna mais útil a utilização das diferentes funcionalidades que a integram, foi realizado um estudo de satisfação e usabilidade, provando na viabilidade desta tecnologia como ferramenta a integrar no processo de projeto.

A experimentação desta tecnologia foi testada quer com um edifício para caso de estudo quer com o projeto desenvolvido na vertente prática de Projeto Final de Arquitetura (PFA) de modo a avaliar de que forma esta tecnologia pode auxiliar o seu desenvolvimento.

Palavras-chave: Projeto de Arquitetura; Fases de Projeto, Modelação 3D, Realidade Virtual, CAVE, Interação e Ambientes Imersivos, Sistema *VIARModes.*

Imagem do Filme *"World Builder"*. de Bruce Branit . 2007

ABSTRACT

The technological advances and the representation tools associated to architecture have influenced throughout the time the design process. The complexity associated to architectural design makes it necessary to integrate digital tools for representation, visualization and evaluation of design solutions.

In the context of Virtual Reality (VR), the Immersive Virtual Environments (IVE), in particular the Cave Automatic Virtual Environment (CAVE) technology, are presented as an excellent tool for visualization and interaction for the three-dimensional representation of architectural objects, either in discussion of 3D models during various stages of the design process (KUHLEN & BISCHOF, 2010) or in the presentation / exhibition of virtual models with realistic effects.

In order to support the stages of design on it visualization, evaluation and conception, this work proposes the use of a Immersive Virtual Reality (IVR) system tool. With a set of different visualization modes and interaction processes, the system developed and described in this work allows a designer to visualize and interact with the proposed architectural design in a Virtual Environment (VE) system in real scale. The designer is free to navigate and manipulate several characteristics of the design that were implemented to aid the development of the design process.

This tool aims at enabling a quick representation of the design at all the stages of its development, gradually adapting the representation to the information needed at each stage.

To prove the effectiveness of this system throughout the design process and clarify in which project phases becomes more useful to use the different features that integrate this technology, a satisfaction and usability test was done. This evaluation study proved the viability of the technology as a tool useful in the design process.

The experimentation of this technology was tested with either a building for case study or the practical project developed in Final Project Architecture (PFA) in order to assess how this technology can help your development.

Keywords: Architectural Design; Stages of design, 3D modelling, Virtual Reality, CAVE, Interaction in Immersive Virtual Environments, VIARModes system.

1

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A evolução das ferramentas de representação em arquitetura com o surgimento das tecnologias digitais, têm crescido a um ritmo muito acelerado desde meados do século XX, e a sua inclusão no processo de projeto nem sempre tem sido pacífica.

Ainda assim, as ferramentas digitais de representação são hoje uma realidade quer nas escolas de arquitetura quer no desenvolvimento do trabalho profissional, tendo grande impacto ao longo do processo do projeto de arquitetura. Segundo Mateus (2011, p. 79), estas tecnologias são consideradas "não apenas como uma ferramenta de desenho digital mas como parte integrante e dinâmica do processo de *design,* desde a fase conceptual até à eventual produção do objeto."

O desenvolvimento e sofisticação destas ferramentas, especialmente dos *software* de modelação 3D têm vindo a transformar as metodologias mais tradicionais de projeto em processos desenvolvidos com maior rigor, rapidez e possibilidade de avaliação mais controlada do próprio projeto de arquitetura. Estas ferramentas possibilitam ainda a elaboração de geometrias complexas nos modelos desenvolvidos e uma visualização global do projeto, que não seriam possíveis sem as mesmas. (CARREIRO & PINTO, 2013, p. 31)

A RV surge, no contexto das ferramentas digitais, como uma forma de visualização e de representação que pode ser utilizada ao longo do processo de projeto, conferindo um maior entendimento espacial do objeto arquitetónico. Neste contexto, os AVI constituem uma extensão dos modelos 3D visualizados no ecrã de computador. A experimentação de AVI em tempo e escala reais permite a imersão e a manipulação do AV, podendo o utilizador controlar livremente a sua navegação no espaço, aumentando assim a sua sensação de presença. (TRINDADE, 2000)

"if the central role of the architect is to create spaces for human habitation, then it seems axiomatic that the virtual building, which provides an accurate three-dimensional representation of the designer's concept, will allow him to understand the project more comprehensively." (FAWCETT, 2003, p. 107)

A RV, segundo KIM et al.(2013), é a simulação, gerada por computador, de imagens tridimensionais de um ambiente. Esta forma de comunicação digital pode ser representada no ecrã do computador pelos *software* de modelação 3D, em AVI, em realidade aumentada, entre outros. (BIOCCA & LEVY, 1995, p. 4) No campo dos AVI existem diversas tecnologias, destacando-se a tecnologia CAVE e o *Head-Mounted Display* (HMD). Apesar de ambas as tecnologias permitiem a visualização tridimensional de um AV, a tecnologia CAVE permite uma maior imersividade, visto que o usuário está dentro do próprio ambiente criado, rodeado de telas com projeção à escala real, podendo experienciar e avaliar o AV. (CARREIRO & PINTO, 2013, pp. 29,30)

Desta forma, na presente investigação pretende-se explorar unicamente a tecnologia CAVE, usufruindo do facto de esta estar disponível no ISCTE-IUL e da possibilidade de experimentação e de desenvolvimento da tecnologia CAVE e dos AVI, com o grupo de computação gráfica da ADETTI-IUL (Centro de Investigação em Sistemas e Tecnologias de Informação Avançada) em conjunto com a *Microsoft Language Development Center.*

Através do desenvolvimento de um sistema de representação de modelos virtuais 3D para AVI no âmbito da arquitetura, pretende-se assim assinalar de que forma a RVI pode fazer parte da metodologia abordada ao longo do processo do projeto de arquitetura, e em que circunstâncias será mais útil e eficaz o seu uso.

1.1 Objetivos

Com a realização deste trabalho de investigação pretende-se explorar a tecnologia de RVI, promovendo-se uma reflexão crítica acerca do seu papel ao longo das fases de conceção e avaliação do projeto de arquitetura.
Nesse sentido, os objetivos que se pretendem alcançar são:

1. Definir as fases de projeto em arquitetura e as ferramentas e elementos gráficos nelas utilizadas;
2. Caracterizar o uso atual da RVI em arquitetura;
3. Definir diferentes modos de visualização em RVI pra uso em diferentes fases do processo de projeto em arquitetura;
4. Desenvolver uma aplicação de RVI que permita ser utilizada durante o processo de projeto – Sistema *VIARmodes*; Reconhecer as potencialidades do uso da RVI e dos modos de visualização desenvolvidos, e qual a sua utilidade para o processo de projeto em arquitetura.

Como primeiro objetivo propõe-se explanar as diferentes fases do projeto de arquitetura e identificar, ao longo do processo de projeto, os elementos gráficos e ferramentas utilizados nas diversas etapas, percebendo-se o grau de informação e detalhe dado ao projeto em cada uma das fases.

O segundo objetivo prende-se com os requisitos para o desenvolvimento da aplicação de RV proposta. É abordado o estado da arte, incluindo alguns casos de estudo, e feito um levantamento relativo aos *software* de modelação e visualização 3D os tipos de representação que estes integram. É ainda apresentado um questionário relativo à representação de projeto e utilização de modelos virtuais 3D ao longo do processo de conceção.

Após o levantamento dos dados anteriores, são caracterizados diferentes modos de visualização e interação para RVI, no âmbito da arquitetura. Estas representações servirão de mote para o desenvolvimento das ferramentas e funcionalidades do sistema de RV proposto.

O quarto objetivo prende-se com o desenvolvimento do *software VIARmodes* no âmbito da visualização e interação, e na sua relação com o projeto de arquitetura nas diferentes fases do processo.

1.2 Metodologia

A metodologia proposta desenvolvendo-se nas seguintes etapas:

1. Levantamento bibliográfico;
2. Definição das diferentes fases do projeto de arquitetura;
3. Elaboração de um Questionário sobre as ferramentas e a informação gráfica utilizadas nas diferentes fases do projeto de arquitetura;
4. Experimentação e levantamento dos diversos tipos de visualizações em *software* de modelação 3D: *AutoCAD 3D, Rhinoceros, 3DSMax* e *Revit;*
5. Exploração e aprendizagem do funcionamento da *CaveH Spawner,* desenvolvida pela ADETTI-IUL – conceitos e funcionamento;
6. Análise de casos de estudo sobre RVI;
7. Caracterização de diferentes modos de visualização em RVI, a partir das visualizações existentes em *software* de modelação 3D e dos resultados do - Questionário I – Processo de Projeto em Arquitetura;
8. Definição de um modelo 3D para explorar na *CaveH Spawner*;
9. Desenvolvimento e aplicação de diferentes modos de visualização na *CaveH Spawner*, em conjunto com o grupo de computação gráfica da ADETTI-IUL;
10. Elaboração de um teste de usabilidade e satisfação sobre a experimentação dos diferentes modos de visualização em RVI – elaboração do protocolo de teste, realização do teste, análise dos resultados;
11. Avaliação da metodologia e funcionamento do sistema de RV e linhas de investigação futuras.

ESTADO DA ARTE

2

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Processo de Projeto em Arquitetura

”Arquitetura é antes de mais nada construção, mas, construção concebida com o propósito primordial de ordenar e organizar o espaço para determinada finalidade e visando a determinada intenção. (...) Pode-se então definir arquitetura como construção concebida com a intenção de ordenar e organizar plasticamente o espaço, em função de uma determinada época, de um determinado meio, de uma determinada técnica e de um determinado programa.“ (COSTA, 1995)

Neste contexto, o projeto de arquitetura deverá ir de encontro às necessidades do público-alvo a que se destina, adequando-se aos contextos naturais, sociais e culturais. Assim, ao longo do processo de projeto, o arquiteto deve produzir e fornecer toda a informação necessária à execução do projeto de arquitetura - desenhos (esquiços, plantas, cortes, axonometrias) maquetas e/ou modelos 3D - mostrando especificamente aquilo que será construído. (MERRITT & RICKETTS, 2000, pp. 25,26)

Desta forma, o projeto de arquitetura desenvolve-se regra geral ao longo de 5 fases, seguidamente descritas, de acordo com as definições de diversos autores como a Ordem dos Arquitetos (2007), a Legislação Portaria nº701-H/2008 (2008) e Takatori (2010) . Uma fase considera-se concluída após aprovação da mesma por parte do cliente, passando-se então para a fase imediatamente a seguir. Em cada fase, são produzidos dados e informações que permitem, após análise e aprovação, avançar para as etapas subsequentes.

Antes de se iniciar o projeto propriamente dito, existe uma série de informações e dados, que são recolhidos, avaliados e analisados pelo cliente. O levantamento destes dados, como as informações sobre o terreno, a legislação em vigor e a disponibilidade financeira, ajudam o cliente a definir aquilo que pretende. É a partir desta etapa, designada de Programa Preliminar, que o cliente solicita o trabalho do arquiteto. (TAKATORI, 2010)

Na primeira fase do trabalho de arquitetura – **Programa Base** – o cliente e o arquiteto discutem o objeto daquilo que vai ser projetado, analisando constrangimentos legais e planos em vigor. Discutem-se ainda prazos e demais condicionalismos do projeto. Nesta fase o arquiteto deverá apresentar uma proposta de honorários, e o cliente entregar o levantamento dos dados relativos ao Programa Preliminar. Finalmente deve ser celebrado um contrato escrito.

Segue-se a fase 2 – **Estudo Prévio** –, na qual o arquiteto desenvolve o conceito preliminar do projeto, abordando nesta fase: a volumetria do edifício e a sua implantação no terreno; o esquema de estrutura e de instalações gerais; o programa, as dimensões e as características funcionais necessárias; o terreno e a sua envolvente, recolhendo dados topográficos e geológicos, fotos do local e da envolvente, percebendo os padrões urbanísticos e de desenvolvimento; a legislação e os planos que o projeto deve respeitar; e os recursos técnicos – os materiais e os sistemas construtivos, a par do conforto ambiental e dos recursos económicos, garantindo a melhor relação entre custo, benefício e durabilidade. Como produto final são apresentados desenhos a diferentes escalas, como plantas de implantação, de cobertura e dos diversos pisos, cortes e alçados esquemáticos de conjunto, ou ainda maquetas de estudo e/ou simulações digitais 3D. Inicia-se, então, o desenvolvimento dos projetos de especialidades, sob a coordenação do arquiteto, permitindo ao dono de obra um maior entendimento do projeto e das soluções adotadas. É a partir desta fase que se desenvolve o projeto, depois de se acertar uma solução de projeto.

Na fase seguinte – fase 3, **Projeto Base/Pedido de Licenciamento** – o arquiteto desenvolve o projeto conforme o estabelecido na fase anterior, preparando o processo de licenciamento para várias entidades envolvidas na aprovação do mesmo. Procede-se ainda à entrega dos restantes projetos de especialidades legalmente exigidos, simultaneamente ou após o licenciamento do projeto de arquitetura. Nesta fase são elaborados documentos escritos (memória descritiva e justificativa e planeamento do custos), e desenhos rigorosos de projeto a diversas escalas – plantas de implantação, dos diversos pisos e cobertura, designando o dimensionamento dos vários compartimentos e as instalações e equipamentos inerentes, cortes/alçados, necessários ao entendimento do projeto, e ainda desenhos de diversas especialidades. Nesta fase são discutidas opções construtivas entre as diversas especialidades, recorrendo-se por vezes a maquetas e/ou a modelos 3D.

A fase 4 – **Projeto de Execução** – resume-se à preparação, por parte do arquiteto e dos diversos intervenientes no processo de projeto, do projeto de execução/obra (peças escritas e desenhadas), iniciando-se em paralelo o processo de medições e orçamento. A partir destes dois documentos elabora-se o caderno de encargos. Nesta fase, objetiva-se apresentar o projeto, por um lado através de uma síntese, com desenhos gerais do projeto e elementos gráficos que contribuam para um entendimento geral do projeto, e por outro através da representação detalhada e rigorosa da volumetria e de todos os elementos do projeto, com identificação e medidas rigorosas das soluções construtivas. Na listagem dos desenhos devem constar: plantas de localização e implantação; plantas de pavimentos, cobertura e, quando necessário, tetos; cortes e alçados; detalhes construtivos em planta, corte e/ou perspetivas isométricas. O caderno de encargos e o mapeamento de informação devem também constar nesta fase.

Finalmente surge a fase 5 – **Assistência Técnica à Execução da Obra** – após a seleção, por parte do cliente, do empreiteiro de obra e do técnico responsável pela direção técnica da obra, consta nesta fase a materialização do trabalho desenvolvido até à altura. Nesta fase o arquiteto deverá dar assistência à obra através da prestação de informações e esclarecimentos, podendo resolver problemas associados à sua construção, ou ainda lacunas de projeto.

Ao longo das várias etapas apresentadas, o arquiteto é confrontado com a necessidade de realizar diversas peças (esquiços, desenhos rigorosos maquetas e até modelos 3D), para a representação do projeto, desde o programa preliminar até à execução da obra. De modo a avaliar quais os elementos gráficos e as ferramentas utilizadas, bem como o papel das tecnologias digitais, ao longo do processo do projeto de arquitetura foi elaborado um questionário – **Questionário I, Processo de Projeto em Arquitetura** – sobre as diferentes fases de projeto e cuja amostra foram arquitetos com prática de projeto. O questionário pode ser consultado no ANEXO II – Anexos. Os resultados deste questionário são analisados e avaliados no desenvolvimento do trabalho, com maior incidência no capítulo 3 – Realidade Virtual imersiva em Arquitetura.

2.2 Tecnologias Digitais de Modelação e Visualização 3D

Os avanços tecnológicos e as ferramentas associadas à arquitetura têm influenciado, ao longo do tempo, os processos de projeto na arquitetura. A sofisticação e a complexidade associada aos projeto de arquitetura nos últimos anos, com a integração de áreas multidisciplinares em processos colaborativos, bem como a exigência dos sistemas construtivos, redes de infraestruturas e questões ambientais, tornam necessário a integração das ferramentas digitais de visualização e avaliação, enriquecendo os processos de projetos pela constante verificação global e integrada de todo o projeto antes de ser construído. (KOWALTOWSKI, et al., 2006, p. 8) (SCHUBERT, et al., 2012, pp. 409,410)

Na segunda metade do século XX, começam a emergir, associadas à arquitetura, as primeiras tecnologias e ferramentas de computação gráfica. Entre 1960-1963, Ivan Sutherland desenvolve uma ferramenta de computador denominada de *"Sketchpad"* [Figura 1 e Figura 2], no qual o usuário poderia desenhar a duas dimensões com uma caneta digital, no ecrã do computador. (CARREIRO & PINTO, 2013, p. 28) Esta ferramenta veio "mudar a maneira como interagimos com a máquina. Foi o berço do desenvolvimento da computação gráfica". (PAIO & SILVA, 2013)

Figura 1 - Ivan Sutherland a utilizar o Sketchpad, 1962. (CARREIRO & PINTO, 2013, p. 29)

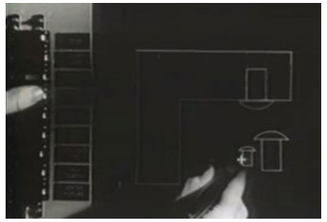


Figura 2 - Pormenor da utilização do Sketchpad. (FINLEY, 2013)

Já na década de 70, Charles Eastman desenvolve o sistema BIM (*Building Information Modeling*). Esta ferramenta viria a permitir a realização de um projeto de arquitetura que integrasse num só ficheiro a informação de arquitetos, engenheiros e das especialidades associadas, bem como a informações de materiais, ciclo de vida e manutenção dos mesmos, mapas de quantidades e orçamentos automáticos, ou seja, a resolução integrada de projetos AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção). (PAIO & SILVA, 2013)

A procura de representações gráficas, necessárias ao processo de projeto, toma assim forma através de diversos elementos, como desenhos esquiço e rigorosos, maquetas, fotomontagens e, atualmente, também através de uma variedade de imagens digitais. (GOLDSCHMIDT & PORTER, 1999, p. 14) A necessidade do uso de várias ferramentas para expressar o projeto ao longo do seu processo mostra que determinadas representações mais tradicionais como as maquetas, ou os desenhos a duas dimensões como plantas e cortes, pelas suas características, são limitados na representação, apesar do seu papel fundamental ao longo do processo de conceção do projeto. Para ultrapassar estas dificuldades, as ferramentas digitais de modelação e visualização 3D surgem como uma resposta de representação mais completa no entendimento do projeto, podendo-se testar e avaliar o modelo 3D com um maior rigor e controlo no seu todo, e desenvolver as suas propriedades, agilizando os processos de projeto. (SCHNABEL & KVAN, 2003, p. 437)

Projetos como o Museu Guggenheim [Figura 3] de Frank Gehry, em Bilbao, Espanha (1992-1997) ou o Terminal Internacional da Estação de Waterloo [Figura 4] de Nicholas Grimshaw, em Londres, Inglaterra (1993), foram pioneiros na utilização de ferramentas digitais de modelação e visualização 3D, para a definição formal do projeto de arquitetura. A busca das tecnologias digitais foi indispensável para a resolução das intenções de projeto, o que não seria possível com metodologias mais tradicionais. (NARDELLI, 2007, p. 31)

Figura 3 - Museu Guggenheim, Frank Gehry. (NARDELLI, 2007, p. 31)

Figura 4 – Estação de Waterloo, fachada exterior Este. (Agosto 2014)

> *"Enquanto se desenvolve a forma do edifício no processo de projeto, o arquiteto deve avaliar a adequação e o sucesso do estímulo visual. Embora o processo seja difícil e consumidor de tempo, a informação visual precisa ser analisada visualmente. Não existem soluções exatas, somente alternativas que precisam ser analisadas de muitos pontos de vista" (HEIDRICH & PEREIRA, 2004, p. 269)*

Os modelos 3D, gerados digitalmente, têm assim o propósito de mostrar, ao longo do desenvolvimento do projeto, as intenções e decisões tomadas, dando um feedback visual imediato e sempre atualizado. Esta representação permite ao arquiteto avaliar com precisão as decisões de projeto, tornando desnecessário a reelaboração de desenhos rigorosos como plantas e cortes, podendo estes ser extraídos automaticamente a partir do modelo 3D, reduzindo o tempo de execução e a margem de erro, permitindo assim uma maior precisão e segurança na tomada de decisões. (FAWCETT, 2003, pp. 107-109)

Ao longo do desenvolvimento do projeto, o modelo é representado de forma fiel e detalhada relativamente ao estado do projeto de arquitetura possibilitando, durante o processo de conceção, avaliar a integração do projeto no terreno, a proporção, a escala, cor, textura, sombras, entre outros. (CAIXETA & SILVA, 2009, pp. 846-848)

2.2.1 *Software* de Modelação 3D

Por forma a explanar alguns dos *software* de modelação e visualização 3D, atualmente utilizados no âmbito da arquitetura , e face à necessidade de utilização dos mesmos para o desenvolvimento do trabalho, realizou-se uma análise comparativa de 4 software, tendo como objetivo identificar as vantagens e desvantagens na modelação 3D – Tabela 1. Entre estes *software*, elegeu-se 1 para o desenvolvimento desta investigação e para o projeto prático de PFA. Constam desta análise os *software*: AutoCad 3D; Revit; 3DStudio Max; Rhinoceros.

Tabela 1 – Comparação dos *software* de modelação 3D

Software	Vantagens	Desvantagens
AutoCad 3d (Autodesk)	- Rigor no desenho; - Linha de comandos inteligente; - Desenvolvido para o trabalho em arquitetura; - Facilidade na aplicação de texturas; - Ocultar e isolar objetos; - Biblioteca de materiais; - Ferramentas de documentação.	- Limitação na modelação de superfícies não ortogonais; - Modo 3D é a conjugação de vários planos de trabalho (UCS) e não como modelação 3D; - Não possui ferramentas de animação.
Revit (Autodesk)	- Rigor no desenho; - Linha de comandos inteligente; - Desenvolvido para o trabalho em arquitetura; - Sistema Building Information Modeling (BIM); - Ocultar e isolar objetos por grupos/layers; - Facilidade na conjugação entre desenhos rigorosos 2D e modelo 3D; - Facilidade de aplicação de texturas e iluminação; - Biblioteca de objetos e materiais; - Ferramentas de documentação; -Facilidade de renderização.	- Morosidade na modelação de superfícies não ortogonais; - Ferramentas de animação limitadas; - Criação de geometrias complexas em superfícies muito elaboradas.
3DStudio Max (Autodesk)	- *MaxSript, script language* integrado no software; - Rigor no desenho; - Facilidade na modelação de superfícies não ortogonais; - Manipulação de sub-entidades da geometria (pontos, arestas, faces e polígonos); - Ocultar e isolar objetos; - Facilidade de aplicação de texturas e iluminação; - Ferramentas de animação; - Facilidade de Renderização.	- Não é exclusivamente direcionado para AEC (*Architecture, Engineering and Construction*); - Falta de ferramenta de documentação; - Falta de biblioteca de materiais.
Rhinoceros (Robert McNeel & Associates)	- Rigor no desenho; - Linha de comandos; - Possibilidade de criação de linhas em geometrias sobrepostas.	- Criação de geometrias complexas nas superfícies elaboradas; - Falta de ferramenta de documentação; - Falta de biblioteca de materiais; - Limitações de renderização.

Tabela adaptada de (MOURAL, 2013, p. 165) (AUTODESK, 2014a) (AUTODESK, 2014b) (AUTODESK, 2013) (ASSOCIATES, 2012)

2.2.2 Modos de Visualização 3D

Para o desenvolvimento do sistema de RV proposto e respetivas foi necessário comparar os *software* apresentados no capítulo anterior, relativamente aos tipos de representação que estes integram -Tabela 2. A análise cruzada das tabelas 1 e 2, com os resultados do - Questionário I – Processo de Projeto em Arquitetura, apresentado no capítulo 3.1, e detalhado no ANEXO II, servem em conjunto, como principais requisitos para definição e caracterização das funcionalidades do sistema de RV proposto e para indicar caminhos na escolha de software de modelação 3D para o desenvolvimento de projeto em arquitetura.

Tabela 2 - Comparação dos modos de visualização entre vários *software* de modelação 3D

Modos de Visualização	***Software***			
	AutoCad 3D (Autodesk)	Revit (Autodesk)	3DStudio Max (Autodesk)	Rhinoceros (Robert McNeel & Associates)
Volumes Opacos – exibição dos planos e arestas das superfícies visíveis, exceto das superfícies obstruídas pelos planos precedentes	X	X	X	X
Superfícies Semitransparentes – exibição dos elementos sólidos em transparência, visualizando-se os diversos planos em profundidade.	X	X		X
Estrutura de Arame / *WireFrame* / Raio-X – exibição de todas as arestas e linhas desenhadas, mas sem superfícies visíveis.	X	X	X	X
Superfícies Sombreadas – exibição das superfícies com as cores/transparências determinadas na cor do material, e com sombreamento próprio e projetado. Nas superfícies podem sobressair apenas as arestas ou todas as linhas que compõe a geometria do modelo, aparecendo em triangulação, a geometria rigorosa do próprio modelo.	X	X	X	X
Modo Realístico – exibição de todas as superfícies com a aparência do material pretendido. O trabalho inerente às propriedades visuais dos materiais devem tornar o modelo tanto mais como menos realístico. Neste modo de visualização devem constar sombreamentos próprios e projetados, iluminação natural e artificial, bem como brilhos e reflexos.	X	X	X	X
Modo Artístico/Caneta – exibição das superfícies com sombreamento, apresentando as arestas visíveis com uma linha suave, criando um efeito de desenho a caneta ou lápis.	X		X	X
Volume Compacto – exibição da geometria com aspeto de modelação de barro e com cor uniforme – terracota. Todo o modelo é apresentado como se fosse um sólido único, modelado em barro, apenas com sombras.			X	

(AUTODESK, 2014a) (AUTODESK, 2013) (AUTODESK, 2014b) (ASSOCIATES, 2012)

2.3 Realidade Virtual Imersiva

2.3.1 Conceitos

Figura 5 - Experimentação da máquina Sensorama, de Morton Heilig, 1965. (EUSÉBIO, 2012)

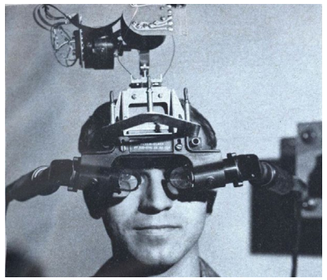


Figura 6 - Experimentação da tecnologia HMD, desenvolvida pela empresa PHILCO (ALVAREZ, 2014)

A visualização dos modelos 3D pode ser realizada através de diversos interfaces, sendo o ecrã de computador o mais comum pela relação imediata com o processo de modelação num *software*, e a rapidez de representar aquilo que se está a desenvolver. A RV surge no contexto das tecnologias digitais como uma forma de representação e visualização usada ao longo do processo de projeto, conferindo um maior entendimento espacial do modelo desenvolvido.

Segundo BIOCCA & LEVY (1995, pp.4,5) a RV consiste num interface de comunicação digital que, através de um conjunto de tecnologias integradas em computador, simulam ambientes tridimensionais interativos. Howard Rheingold citado em CRUZ-NEIRA, et. al. (1993), define a RV:

> *"(...) as an experience in which a person is surrounded by a three-dimensional computer-generated representation, and is able to move around in the virtual world and see it from different angles, to reach into it, grab it, and reshape it."*

Os primeiros pensamentos sobre a RV ganham forma na indústria de entretenimento com a conceção do "*Sensorama*" [Figura 5], patenteado por Morton Heilig em 1962 – Este simulador era uma cabine que combinava som stereo, imagem estereoscópica, vibrações mecânicas, aromas e vento, num percurso de motociclo simulado por computador. Esta máquina proporcionava ao usuário uma experiência multissensorial. (NETTO, et al., 2002, p. 6)

Nessa década, a empresa PHILCO desenvolveu a tecnologia, que viria a ser denominada de *Head-mounted Display (HMD).* Esta tecnologia consistia num par de pequenas câmaras (um para cada olho), integradas num capacete com monitores, proporcionando ao usuário um sentimento de presença no AV [Figura 6]. (NETTO, et al., 2002, p. 6) (MONTEIRO, 2011, pp. 67,68) Entre a década 70 e 80, o conceito de RV é aplicado na generalidade em treinos militares e simuladores de voo, maioritariamente nos Estados Unidos da América. (JARIS, 2005, pp. 13-15)

Em 1992 a primeira tecnologia CAVE, desenvolvida por um conjunto de investigadores na faculdade de Illinois em Chicago, é apresentada na conferência SIGGRAPH'92. Nos últimos anos, o termo RV, torna-se mais popular tendo sido desenvolvido: para o entretenimento, nos jogos virtuais, simuladores de ambientes imersivos (Figura 7); para a indústria automóvel, na avaliação e experimentação de protótipos (Figura 8); para terapias médicas, por exemplo no tratamento de fobias; e para a arquitetura, com incidência na reconstituição de lugares existentes no passado e na representação de projetos a construir no futuro (Figura 9). (KIM, et al., 2013) (MONTEIRO, 2011, p. 69) (MAZURYK & GERVAUTZ, 1996, pp. 2-8)

Assim, a RV tem como principal propósito representar, a partir da conceção de modelos digitais 3D em *software* de computador, um AV de determinada realidade, seja do passado, do presente, de algo que se pode concretizar no futuro, ou ainda apenas de algo conceptual/real que se pretende evidenciar. (YANG, 2005) (MONTEIRO, 2011, p. 69) Para a utilização da RV as tecnologias comumente usadas são o ecrã do computador ou grandes telas de projeção (cinema 3D), os AVI e a realidade aumentada. (BIOCCA & LEVY, 1995, p. 4)

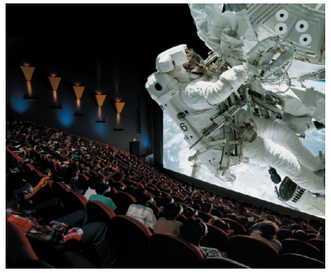


Figura 7 – Ilustração da visualização em cinema IMAX 3D, filme "GRAVITY". (IMAX CORPORATION, 2014)

Figura 8 – Tecnologia CAVE da Marca FORD, para a conceção e avaliação da construção dos veículos. (THOMPSON, 2013)

Figura 9 – Tecnologia de Realidade Aumentada com sistema BIM integrado, através do reconhecimento de uma maqueta. (INITION, 2014)

Relativamente às tecnologias de RVI, estas diferenciam-se no modo de funcionamento e de acordo com a imersividade e interatividade facultada ao utilizador. Não obstante, todas partem dos 3 mesmos pressupostos: "imersão, interação e envolvimento ." (NETTO, et al., 2002, p. 10) Segundo Netto, et al. a imersão prende-se com sentimento do utilizador fazer parte do AV, fazendo parte desse mundo; a interação é o processo do computador reconhecer instantaneamente os comandos dados pelo utilizador, em função das funcionalidades disponíveis; e o envolvimento é a relação, de motivação e atividade, do utilizador perante o AVI, ou seja, para além do nível de motivação do participante, a atividade que está a fazer pode exigir mais ou menos esforço (p.e. estar a assistir de forma passiva ou ter de realizar inúmeras tarefas). (NETTO, et al., 2002, pp. 10,11)

Assim, a partir destas tecnologias pretende-se sempre que o utilizador possa navegar e interagir com um AV em tempo real e com total liberdade de movimentos, com um controlo tridimensional do espaço.

Para a realização de projetos de investigação em diferentes áreas científicas e sociais, o centro de Investigação *Desert Research Institute* desenvolveu em 2012 um laboratório com sistema CAVE [Figura 10]. Esta tecnologia transmite, através dos 6 planos de projeção que tornam a CAVE completamente imersiva, uma projeção estereoscópica gerada por computador, combinada com a utilização de dispositivos de interface permitindo aos participantes uma navegação e interação intuitiva com o AV. (CUDIA & BROGLIO, 2012)

Figura 10 - Tecnologia CAVE do Desert Research Institute. Interação com o AV com o objetivo de analisar e avaliar o projeto ainda em fase de conceção, através de um modo de visualização realístico. (CUDIA & BROGLIO, 2012)

Na Arquitetura, os AVI apresentam-se geralmente como uma ferramenta de representação, facilitando a comunicação entre os diversos intervenientes do projeto. Em obras de grandes dimensões, os diversos profissionais bem como o dono de obra, podem visualizar com o próprio projeto à escala real. A facilidade de se obter uma representação intuitiva e inteligível para todos os participantes permite uma maior cooperação, segurança e rapidez na deteção de problemas e na tomada de decisões de projeto, ainda em fases iniciais do processo de conceção.

2.3.2 Tecnologia e Equipamentos

No campo dos AVI existem diversas tecnologias, destacando-se a tecnologia CAVE e HMD [Figura 11]. Apesar de ambas as tecnologias proporcionarem uma visualização tridimensional de determinado ambiente, a tecnologia CAVE, sob a qual se debruça o presente trabalho, permite uma maior relação com o AV, visto que o usuário está completamente imerso, rodeado de telas com projeção que podem estar à escala real, e podendo interagir com o ambiente. (CARREIRO & PINTO, 2013, pp. 29,30) A possibilidade de navegar livremente no espaço, manipular a gravidade e alterar as características apresentadas (cor, texturas, forma, dimensão) aumenta a sensação de presença/imersividade no AV. (TRINDADE, 2000) A relação quase imediata entre a modelação e a experimentação dos AVI permite "que as alterações durante o projeto sejam informadas pela experimentação do espaço". (MOURAL, 2013, p. 143)

Figura 11 - a)Tecnologia CAVE - 4 planos de projeção; b) HMD -OCULUS RIFT digital IDE. (CARREIRO & PINTO, 2013, p. 30)

Para a materialização dos AVI são necessários uma série de itens, entre *hardware e software*. Apesar de não existir uma uniformização entre as diferentes tecnologias existentes, relativamente ao espaço, *hardware, software* e dispositivos de interação utilizados, é fundamental que perante determinado objetivo, estas tecnologias disponham de características suficientes para que a relação entre homem-máquina e homem-AV, seja o mais imersivo, interativo e envolvente possível. A interação do utilizador com o AV é realizada através de dispositivos de entrada, podendo-se separar em ferramentas de trajetória e funcionalidades. Os dispositivos de saída, são os que permitem a concretização do AVI, respondendo aos comandos reconhecidos pelo *software* associado. (NETTO, et al., 2002, pp. 10-17) A partir do esquema apresentado na Figura 12, é possível compreender-se, de forma simplificada, como funcionam as tecnologias de RVI.

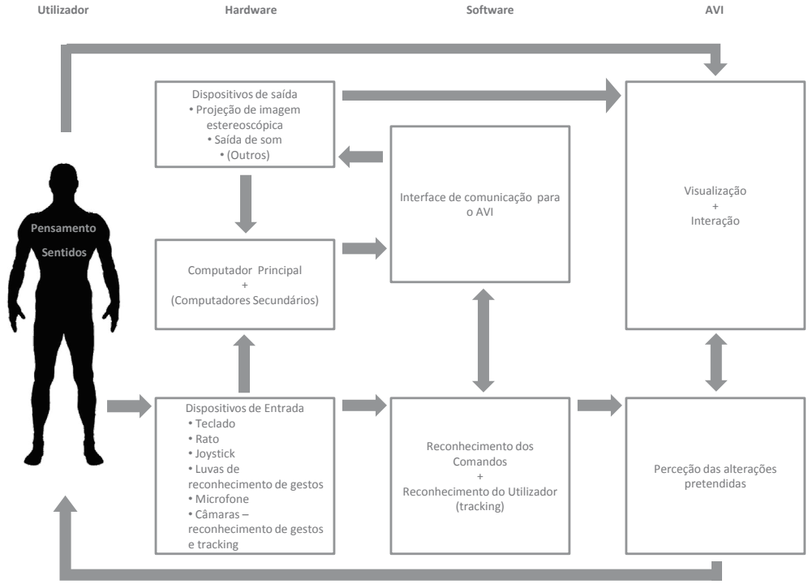


Figura 12 – Esquema simplificado do funcionamento das tecnologias de RVI.

Relativamente à RVI, o sistema HMD, constituído por um *hardware* único associado a um computador, apresenta-se como um interface bastante popular, pela sua facilidade de utilização e de transporte e pelo preço reduzido (relativamente às outras tecnologias). Este dispositivo garante um maior isolamento do utilizador perante o mundo real, visto que é acoplado à cabeça do utilizador retirando a visualização e audição do mundo exterior/real, o que aumenta a concentração perante o AV proposto.

Esta tecnologia consiste numa espécie de capacete com dois pequenos monitores integrados, um para cada olho, revelando uma projeção de imagem estereoscópica, permitindo assim ao utilizador mover-se e interagir com o AVI. As tecnologias mais recentes incluem sensores que permitem, entre outras funcionalidades, o reconhecimento dos movimentos da cabeça mudando o ponto de vista no AV garantindo ao utilizador uma maior sensação de imersão. Podem ainda ser combinados outros dispositivos de entrada que possam aumentar o grau de liberdade do utilizador na interação com o mundo virtual. [Figura 13]

Em geral, esta tecnologia dispõe de uma qualidade gráfica da imagem apresentada em 3D, inferior à tecnologia CAVE (dada a baixa resolução de imagem), sendo a sua utilização normalmente utilizada para AV com visualização realística. Uma das maiores desvantagens prende-se com a própria visualização, visto que o ângulo de visão é limitado, o que reduz a visão panorâmica ao utilizador. (JALKANEN, 2000, p. 14) (CARREIRO & PINTO, 2013, p. 30)

Figura 13 – Utilização da tecnologia HMD num videojogo. A interação com o ambiente é, neste caso, um joystick para jogos de computador. A representação da imagem do dispositivo HMD no ecrã do computador serve para observadores exteriores, perceberem qual o envolvimento do utilizador no AV. Os HMD representados pertencem à marca OCULUS RIFT. (HUMPHRIES, 2014)

Por se tratar de um dispositivo completamente portátil, não são necessárias instalações físicas especificas. Apenas é necessário um computador para transmitir e processar, através de *software* apropriado, a informação representada no dispositivo HMD.

Por outro lado, a tecnologia CAVE, adotada para o desenvolvimento do presente trabalho, surge como um interface de grandes dimensões, sendo necessário instalações físicas para a concretização de todo o sistema. Relativamente ao suporte físico, esta tecnologia depende de um conjunto de equipamentos. No caso de uma CAVE com imersividade a 360º, é necessário uma verdadeira cave (gruta), ou seja, um cubo ou paralelepípedo, em que uma série de projetores, são apontados (pelo exterior) para os 6 planos (telas de projeção) da CAVE com ou sem o auxílio de espelhos – o uso do espelho para defletir os focos luminosos do projetor reduz a distância do projetor ao plano projetado. Para além dos projetores, todos os dispositivos de entrada e saída, referidos na Figura 12, são conectados com o Computador e respetivo *software,* gerando um ambiente altamente interativo. Uma das grandes vantagens desta tecnologia é a representação do AV à escala e tempo real num cenário de imersividade, podendo ser experienciado por mais do que um utilizador. A Figura 14 mostra de forma simplificada a tecnologia CAVE.

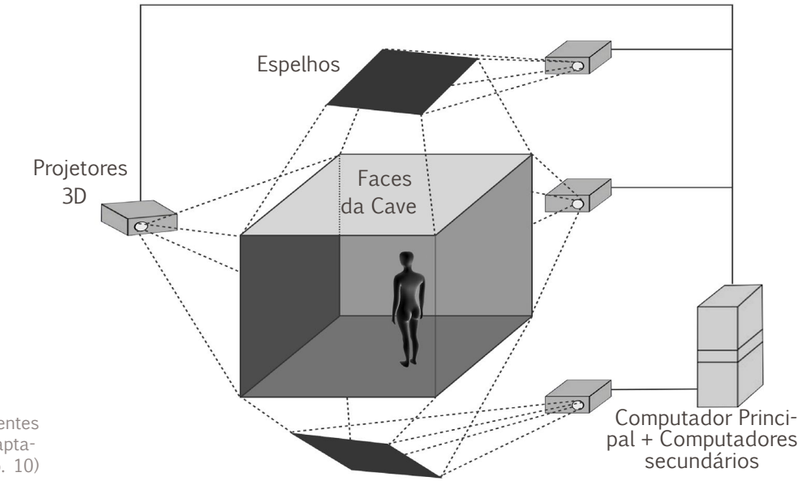


Figura 14 – Esquema dos componentes principais da tecnologia CAVE. Adaptado de (NETTO, et al., 2002, p. 10)

No caso da Figura 15, a CAVE é composta por 3 telas de projeção (duas verticais e uma horizontal), sendo utilizados espelhos na relação do projetor com as faces/telas de projeção. Quanto menor relação o utilizador tiver com o ambiente exterior (o ambiente real), devido ao número de telas que o rodeiam, maior será a imersividade, aumentando assim a sensação de presença no cenário virtual. (BASTOS & DIAS, 2008) A visualização do AV é gerada por duas imagens simultâneas. Para o utilizador percecionar essa imagem em estereoscopia, precisa de outro interface de visualização, os óculos polarizados [Figura 16], que em sintonia com a imagem dos projetores permite uma visualização 3D do objeto projetado, aumentando a relação de profundidade. (MONTEIRO, 2011, p. 76)

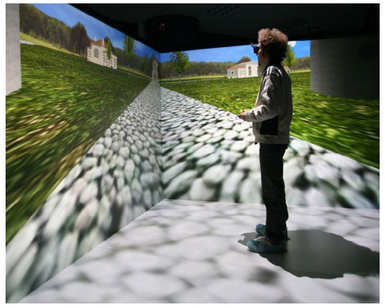


Figura 15 – Tecnologia CAVE da empresa ANTYCIP SIMULATION. Simulação de um ambiente para um jogo virtual. (SIMULATION, 2014)

Figura 16 – Óculos Polarizados 3D, marca SONY. (Elrich, 2011)

Além da visão estereoscópica, a experiência sensorial pode ser aumentada com recurso a diversos dispositivos de interação. A utilização de som stereo e reconhecimento vocal permite uma maior relação entre o utilizador e o AV. O rato e o teclado do computador, bem como diversos *joysticks* [Figura 17] ou luvas com reconhecimento de dados (*datagloves*[1]) [Figura 18], permitem uma interação imediata e intuitiva com o mundo virtual. (MONTEIRO, 2011, pp. 73,74) (NETTO, et al., 2002, p. 11) A utilização do dispositivo *Kinect* [2] [Figura 19] facilita o processo de navegação no AV, não sendo necessário qualquer

[1] Os dispositivos DataGloves, para além do reconhecimento de movimentos, podem também facultar ao utilizador o sentimento de tato, reconhecendo objetos e materialidades apenas existentes no mundo virtual. (NETTO, et al., 2002, p. 11)

[2] "Trata-se de um sensor de movimento desenvolvido pela Microsoft para a consola Xbox 360 com vista a facilitar a interação pessoa-máquina. O sensor recon¬hece os movimentos realizados através da interpretação de cada nó do esqueleto humano (joelhos, cintura, ombros, cotovelos, pescoço) conjugando-os com um sistema de coordenadas baseado na profundidade recolhida através da projeção de uma grande quantidade de pontos de infravermelhos sobre o objeto." (MOURAL, 2013, p. 144)

outro instrumento para além dos movimentos do utilizador, os quais são reconhecidos por este. (MOURAL, 2013, p. 143). Podem ainda ser integrados dispositivos de reconhecimento e acompanhamento da posição e movimentação do utilizador (*tracking*), recalculando a sua posição no AV em tempo real.

Apesar da dificuldade de desenvolvimento e do discutível contributo na experiência da RVI, podem ainda ser integrados dispositivos que possibilitem o controlo de temperatura, vento, cheiro e paladar. (JALKANEN, 2000, pp. 10,11) A partir da experimentação dos AV através dos dispositivos de entrada, podem ser acrescentadas animações despoletadas automaticamente ou intencionalmente, estimulando a apreensão do ambiente desenvolvido, como legendas, sons, vídeos animados, entre outros.

Figura 17 – Joystick de navegação, especialmente para simuladores de voo. (CIABAI, 2009)

Figura 18 – DataGloves, com reconhecimento de movimentos e sensibilidade tátil, marca CYBERGLOVES. (CYBERGLOVES, 2014)

Figura 19 – Kinect com consola Xbox 360. Podem ser integrados pequenos joystick para maior interação. (ALANG, 2010)

2.3.3 Projetos de investigação no âmbito da arquitetura: Casos de estudo

O conceito original de CAVE tem sido reinterpretado e é atualmente aplicado em diversas áreas. Os AVI são assim explorados desde a ciência até à arte, passando por utilizações na indústria, na educação, principalmente no âmbito académico, entre outros.

No âmbito da arquitetura, a RVI surge como uma ferramenta de estudo e avaliação do próprio projeto de arquitetura podendo ser usada desde pequenos projeto até grandes intervenções urbanísticas, dando a oportunidade aos utilizadores de navegar em edifícios ou cidades, construídas ou apenas idealizadas.

Assim, para se poder compreender melhor o funcionamento da tecnologia CAVE e os conceitos associados, bem como as linhas de investigação seguidas atualmente no âmbito da arquitetura, são apresentados alguns casos de estudo. Apesar dos diferentes âmbitos dos trabalhos, todos partem da utilização das tecnologias digitais de visualização e modelação 3D até à representação do trabalho em RVI. Dos 4 casos de estudo apresentados, os 3 primeiros, todos internacionais, abordam de uma forma mais direta ou indireta, a integração desta tecnologia no âmbito do processo de projeto em arquitetura. O 4º caso de estudo é pioneiro nos sistemas de RVI de larga escala de instalação em Portugal. Apesar de não ter uma relação direta com o tema da arquitetura, o *software* de funcionamento, bem como algumas funcionalidades no AVI, servem de base para a tecnologia desenvolvida neste trabalho de investigação.

TEXAS A&M UNIVERSITY, BIM CAVE
Texas, Estados Unidos da América

Em Outubro de 2011, a *Texas A&M University* inaugurou o sistema *Building Information Modeling Computer-Aided Virtual Environment* (BIM CAVE). Localizado no quarto andar do *Department of Construction Science's Langford Architecture Center,* o laboratório permite que tanto estudantes como investigadores na área da arquitetura (para além de outras áreas) explorem diversos sistemas de construção.

A tecnologia, denominada por BIM CAVE, foi desenvolvido utilizando um conjunto de 3 paredes em forma de U (faces da CAVE), cada uma delas composta por 4 monitores LCD, e dispostas de forma a criar um espaço parcialmente ortogonal. Desta forma, esta tecnologia não possui um sistema de projeção na sua constituição, mas antes um conjunto de 12 monitores no total. Cada uma das paredes encontra-se ligada a um computador, permitindo a emissão da imagem, perfazendo um total de 3 computadores. O computador ligado à parede central é o computador servidor, sendo este utilizado para a realização das tarefas no AV. Os outros dois computadores correspondentes aos ecrãs laterais são dependentes do computador central, servindo apenas para processar os comandos atribuídos por este e posterior representação de imagem.

Figura 20 – Tecnologia BIM CAVE. Apresentação de um projeto de arquitetura. (ROLLFING, 2011)

Quanto ao software utilizado no sistema de navegação, o *Autodesk NavisWorks* é utilizado para criar as imagens do projeto BIM em tempo real. Este programa permite a existência de interações básicas com o ambiente criado, nomeadamente colisões e alterações do espaço. Este sistema apresenta-se com um grande avanço para, no futuro, alcançar um sistema BIM/CAVE onde os utilizadores possam ser expostos a um AV totalmente imersivo discutindo projetos completamente integrados com arquitetura, estruturas, infraestruturas, entre outros.

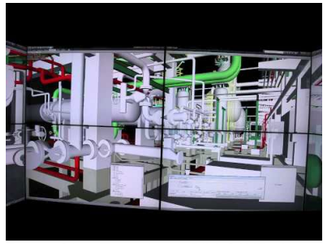


Figura 21 – Tecnologia BIM CAVE. Apresentação do sistema de infraestruturas. (KANG, et al., 2012)

Relativamente aos problemas do sistema, estes referem-se principalmente à falta de visão estereoscópica, levando a uma redução da sensação de imersão no espaço por parte do utilizador. É ainda de referir a ausência de dispositivos de som e a limitação de navegação/interação perante o AV, sendo apenas efetuado com o rato de computador. (KANG, et al., 2012) (ROLLFING, 2011)

TECHNISCHE UNIVERSITEIT EINDHOVEN- UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, DESK-CAVE
Eindhoven, Holanda

A Desk-CAVE, desenvolvida pelo laboratório de tecnologias da Universidade Técnica de Eindhoven- Universidade de Tecnologia, é uma tecnologia de realidade virtual *low-cost,* que combina as qualidades imersivas e não intrusivas da CAVE tradicional, com uma área de mesa de trabalho. A plataforma é utilizada em projetos de investigação que requerem interatividade entre o modelo 3D e o *designer*/utilizador, sendo assim uma alternativa aos AVI convencionais. Este sistema consiste então numa mesa de trabalho rodeada por 3 ecrãs, um frontal e dois laterais, dispostos ortogonalmente em forma de U. O AV é projetado nos ecrãs e na própria mesa de trabalho, através de 4 projetores de Alta Definição (HD) 3D. Estes projetores são ligados a dois computadores *(Intergraph)*, ligado cada um, a dois projetores. São equipados com uma placa gráfica *Wildcat* e com uma saída de vídeo dual. O sistema de processamento de imagem em tempo real é realizado através do sistema *WorldUP*. Os computadores funcionam com um servidor e um cliente, sendo que um processa a informação dada pelo *software* de navegação e interação e o outro apenas recolhe essa informação para a representação da imagem.

Quanto à mesa de trabalho, esta integra um digitalizador de formato A2, pelo que o sistema pode ter vários tipos de dispositivos de entrada. Neste caso, o dispositivo de entrada dominante é um sistema de posicionamento de rato de ultra-sons, denominado *Mimio*. Com este dispositivo a área de trabalho torna-se numa tela de toque. Ao projetar na mesa de trabalho, o arquiteto pode usar o *Mimio* para a manipulação dos objetos 3D. Além disso, para introduzir dados alfanuméricos é possível projetar um teclado na superfície. No fundo, o plano de trabalho transforma-se numa folha esquiço, sob a qual o arquiteto pode desenvolver o seu projeto, tendo um feedback visual 3D sempre atualizado das alterações realizadas.

Para além da criação de ambientes virtuais imersivos, a Desk-CAVE também pode ser usada para mostrar diferentes vistas do modelo, utilizando para isso as quatro faces de projeção. No caso do *"Interactive Urban Planning and Design System"* desenvolvido pelos investigadores, o plano do chão é projetado no plano da mesa, uma visão 3D é projetada na tela frontal e os parâmetros de *feedback* são apre-

sentados nos ecrãs laterais. Neste modo de visualização, o utilizador (arquiteto) consegue ter uma visão completa sobre o projeto e as implicações associadas a possíveis alterações. Desta forma, estabelecem-se dois efeitos principais: um ambiente imersivo e uma perceção de escala real de qualquer modelo projetado e visualizado na Desk-Cave. Como o usuário está sentado em vez de estar em pé, e não interfere com *hardware* adicional, a Desk-CAVE permite períodos de interação com o sistema mais longos do que uma CAVE convencional.

Os benefícios esperados da utilização da RV no processo de projeto são: interpretação espacial melhorada, uma tradução de representações de duas dimensões para representações tridimensionais mais fácil, e ainda feedback espacial imediato sobre as decisões de projeto. A fim de alcançar estes efeitos, é crucial que a comutação entre a modelação e a visualização do projeto no AV seja tão rápido e fácil quanto possível. De modo a simplificar o processo de transição, passou a utilizar-se o sistema de exportação em *OpenSceneGraph* (OSG). Os modelos são exportados do *software* de modelação 3DStudioMax através do OSG *Exporter*. No OSG implementou-se o chamado *"Design Systems Viewer"*, que permite uma navegação com deteção de colisão e reconhecimento do terreno na Desk-CAVE.

Esta nova configuração tem sido aplicada em vários projetos académicos de arquitetura e urbanismo. Na maioria dos casos, a Desk-CAVE foi utilizada na fase inicial do projeto, quando os alunos ainda estão na formação do conceito de seu projeto. Perante isto, os modelos normalmente representam estudos de volumes no contexto urbano ou primeiras composições de planos espaciais de um conceito. (ACHTEN, et al., 2004, pp. 142-147) (TABAK & VRIES, 2003, pp. 295-300)

Figura 22 – Composição Física da estrutura DeskCAVE. (ACHTEN, et al., 2004, p. 144)

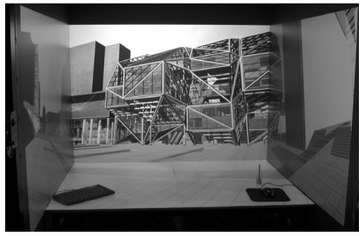


Figura 23 – Processo de conceção de um edifício na DeskCAVE, com teclado, rato e Mimio. (ACHTEN, et al., 2004, p. 145)

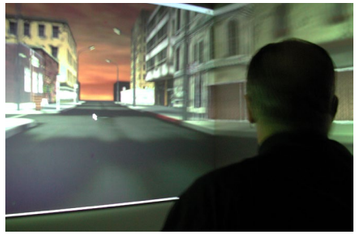


Figura 24 – Apresentação e avaliação de um AV na DeskCAVE. (JESSURUN, s.d.)

RWTH AACHEN UNIVERSITY, AIXCAVE
Aachen, Alemanha

O Grupo de Investigação de RV, da *RWTH Aachen University,* foca-se, de uma forma geral, na realização de investigação orientada para o desenvolvimento de aplicações e de metodologias de trabalho, para RVI. Pretendem assim melhorar a interação entre Homem e computador em AVI.

Para atingir esta finalidade, este laboratório atua num dos maiores centros de RV existentes proporcionando uma vasta gama de equipamento, desde pequenos sistemas ao nível de desktop, até à aixCAVE: um sistema de projeção de imagem estereoscópica numa área de 30 m2, que permite uma exploração interativa dos ambientes virtuais. As várias atividades de investigação incidem em projetos de desenvolvimento de aplicações de RVI para projetos interdisciplinares.

A aixCAVE é um ambiente de RVI composto por cinco faces. Foi construído e instalado em agosto de 2012 pela Barco N.V. em colaboração com o Grupo de RV da Universidade. O sistema eleva os padrões no que diz respeito à qualidade de projeção: através de uma sofisticada combinação de projetores de alta resolução e brilho, ecrãs com revestimento especial, construção mecânica elaborada, e tecnologia de som ativo sendo assim possível alcançar um alto nível de imersão e uma ilusão de presença no AV. As faces de projeção dividem-se em 4 planos verticais e um horizontal, no chão, num total de 24 projetores HD estereoscópicos (1920x1200 pixels); as paredes têm dimensões 5.25m x 3.30m, com 4 projetores cada e telas de acrílico com revestimento especial para maior uniformidade de brilho, enquanto o chão tem dimensões de 5.25m x 5.25m, possuindo 8 projetores para telas de acrílico com revestimento especial em fibra de vidro. A configuração espacial resulta num paralelepípedo com cerca de 30m2 num ambiente com imersividade a 360º, o que leva a uma imersão quase perfeita, facilitando portanto a navegação natural no AV. A aixCAVE possui, numa das faces verticais uma porta de correr automática que permite a entrada e saída dos utilizadores para o interior da mesma.

Relativamente ao *software,* faz-se uso do *Virtual Reality for Scientific Technical Applications* (ViSTA), que permite o desenvolvimento de aplicações para a generalidade dos dispositivos de entrada e saída de RV. Este tem como objetivo

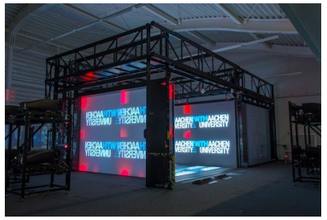


Figura 25 - Composição Física da estrutura aixCAVE. (JAKOBS, 2014)

melhorar os métodos e técnicas de trabalho com uso da RVI, permitindo assim que investigadores de diferentes áreas possam analisar e explorar de forma interativa os seus dados em AV.

No âmbito da arquitetura esta tecnologia é uma ferramenta bastante apelativa para a revisão de projetos durante o processo de conceção de novos edifícios e dos seus equipamentos técnicos. A parceira entre este centro de investigação, a *Carpus + Partner AG Aachen e a Formitas GmbH* tem vindo a fazer uso desta tecnologia em vários projetos nos últimos anos. O foco principal dessa utilização é organizar reuniões de avaliação de projetos com arquitetos, engenheiros civis e clientes no ambiente da CAVE para discutir detalhes de novos edifícios numa fase muito precoce do processo de projeto. O resultado destas reuniões prova a tomada de consciência de que os AVI trazem bastantes facilidades ao processo de conceção em arquitetura, visto que os diversos intervenientes do projeto, bem como os clientes, não precisam lidar com o elevado nível de abstração que advém dos desenhos rigorosos e outros elementos apresentados por cada especialidade.

Pela qualidade de representação visual, esta tecnologia tem capacidade para apresentar ambientes bastante realísticos para apresentação dos projetos. (JAKOBS, 2014) (KUHLEN & BISCHOF, 2010, pp. 159,160)

Figura 26 – Navegação na aixCAVE através do Navisworks. (JAKOBS, 2014)

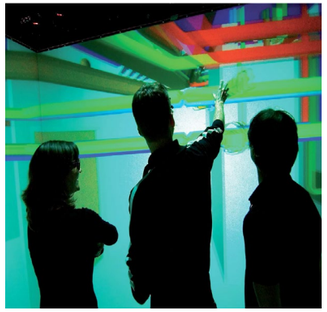


Figura 27 - Apresentação e avaliação de um modelo virtual,. (KUHLEN & BISCHOF, 2010, p. 159)

Figura 28 - Apresentação e avaliação de um modelo virtual. (KUHLEN & BISCHOF, 2010, p. 160)

CENTRO DE CIÊNCIA VIVA DO LOUSAL, CAVE-HOLLOWSPACE
Grândola, Portugal

Devido a uma parceria entre vários sectores públicos, privados e académicos em Portugal (Fundação Frederic Velge, Ministério da Ciência, ISCTE-IUL/ADETTI -IUL, Instituto Superior Técnico da UTL, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa) e no Brasil (Petrobrás e Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro), uma mina de pirite atualmente desativada no Lousal, na região do Alentejo, tornou-se no local a conter o primeiro sistema de RVI 3D de larga escala a ser instalado em Portugal.

Hoje, a CAVE-Hollowspace (o nome desta infraestrutura) integra o Centro de Ciência Viva do Lousal, e fornece a grupos de visitantes uma experiência de aprendizagem interativa sobre a atividade de mineração, assim como facilidades para a investigação científica, académica e para serviços à indústria. O sistema está implementado no edifício em que anteriormente se localizavam os balneários e o laboratório da mina, numa sala artificialmente escurecida e ventilada. Esta tecnologia permite a grupos de dimensão até 14 pessoas disfrutarem coletivamente uma experiência de RVI. Para a investigação académica e industrial o sistema pode acomodar entre 4 a 6 pessoas dentro da área imersiva.

Esta infraestrutura de visualização é baseada em plataformas *Microsoft Windows* e sistemas de projeção BARCO. Trata-se de um sistema múltiplo de retroprojeção estereoscópica (através de um conjunto de espelhos com 3.0m x 3.0m), perfeitamente sincronizada, sobre um conjunto de telas de grandes dimensões, dispostas em topologia de U. O sistema é constituído por 6 painéis de projeção, formando uma estrutura paralelepipédica aberta em U com 5.6m x 2.7m x 3.4 m, dentro da qual os intervenientes se podem movimentar: tem dois planos retroprojetados na parte frontal, dois planos projetados no pavimento, e um plano retroprojetado em cada lado. A cada painel estão associados 2 projetores DLP (resolução SXGA (1400x1050), 5000 *Lumens* e contraste de 1:2000), num total de 12. Os painéis verticais são retroprojetados para evitar as sombras dos intervenientes, ao passo que os projetores do plano do chão estão projetados frontalmente. O sistema é controlado por uma rede de 8 computadores de alto desempenho gráfico 3D que conseguem gerar uma imagem 3D sintética consolidada de 8.3 milhões de pixels em tempo real (60 imagens por

segundo – 60 Hz). Existe ainda um sistema de som stereo constituído por sete altifalantes e um subwoofer (800 watt), proporcionando uma maior integração do utilizador no ambiente imersivo.

A CAVE-Hollowspace tem por base o software de interface que também é utilizado na PocketCAVE da ADETTI-IUL, e sobre o qual se debruça este trabalho para o desenvolvimento da ferramenta de aplicação para arquitetura, o *CAVEH /CAVEH Spawner*. No geral a tecnologia apresentada garante a síntese exata de imagem, som de alta qualidade e acompanhamento exato do utilizador (*tracking*), elementos-chave para simulações de realidade virtual. (BASTOS & DIAS, 2008, pp. 1-5) (COSTA, et al., 2007) (MOURAL, 2013, pp. 157-159)

Figura 29 – Instalações do Centro de Ciência Viva do Lousal. (CENTRO CIÊNCIA VIVA DO LOUSA, 2014)

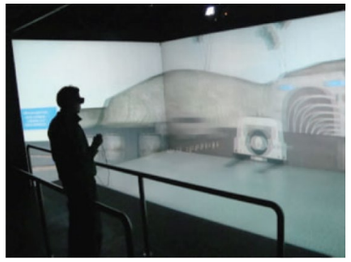


Figura 30 – Experimentação da CAVE – Hollowspace, Visita virtual às minas do Lousal. (SOARES, et al., 2010, p. 2)

Figura 31 – Conjunto de projetores e respetivo espelho para projeção numa das faces verticais da Cave-Hollowspace. Crédito Fotográfico- Ana Moural, Agosto 2013

Figura 32 – Estrutura Física interior, mostrando o sistema de projeção com espelhos, no pavimento. Crédito Fotográfico- Ana Moural, Agosto 2013

2.4 Realidade Virtual Imersiva: Pocket CAVE - ADETTI-IUL

No seguimento do desenvolvimento da CAVE-Hollowspace (anteriormente apresentado) do Centro de Ciência Viva no Lousal – Alentejo, e após a investigação feita na tecnologia CaveH, foi instalada na ADETTI-IUL, no ISCTE-IUL, em meados de 2012 a PocketCAVE, relativa ao projeto QREN 7943 CNG – Conteúdos de Nova Geração. Este projeto tem como principal objetivo a investigação no domínio dos ambientes imersivos e da interação utilizador-computador. Pretende ainda tornar as ferramentas tecnológicas mais próximas e acessíveis a estudantes e investigadores, bem como dar apoio à indústria.

A tecnologia PocketCAVE tem sido explorada por um conjunto de investigadores e alunos dos Departamentos de Ciências e Tecnologias da Informação e de Arquitetura e Urbanismo, inerentes à Escola de Tecnologias e Arquitetura do ISCTE-IUL, em parceria com a *Microsoft Language Development Center.* A sinergia alcançada no cruzamento de diversas áreas origina uma relação estreita entre a arquitetura e o urbanismo e a tecnologia digital, resultando numa tecnologia que se pretende utilizar, através do desenvolvimento desta investigação e do sistema de RV proposto, como uma ferramenta de auxílio de projeto e da construção, permitindo "avaliações e diagnósticos mais informados, decisões mais fundamentadas e maior possibilidade de responder adequadamente às diversas exigências da construção" (ELOY, et al., 2012)

2.4.1 Estrutura Física e CAVEH Spawner (Hardware e Software)

A PocketCAVE consiste numa tecnologia subjacente à CAVE-Hollowspace, de dimensões mais reduzidas, com a vantagem de poder ser transportada facilmente para qualquer lugar. É constituída por uma única tela de projeção de 3.29x2.10m [Figura 33] e um único projetor DepthQ HDs3D-1 [Figura 34]. A utilização de uma placa gráfica Quadro 5000 nVidia permite, com a utilização dos óculos polarizados 3D [Figura 35], uma visão estereoscópica do ambiente desenvolvido, sendo possível a navegação no AV através do uso de diversos dispositivos de entrada [Figura 36], como teclado e rato de computador, Joystick de navegação ou com os comandos da Nintendo Wii (WiiMte + Nunchuck). Existe ainda um sistema de som stereo, proporcionando assim uma maior experiência de imersividade perante o AV. (MOURAL, et al., 2013) (MOURAL, 2013, p. 163)

Figura 33 – Tela de Projeção Pocket CAVE (Agosto 2014)

Figura 34 - Projector DepthQ HD3D (Agosto 2014)

Figura 35 - Óculos Polarizado 3D N-Vidia (Agosto 2014)

Figura 36 - Dispositivos de Entrada - Teclado e Rato e Joystick (Agosto 2014)

Relativamente ao *software*, o CAVEH - CAVEH Spawner [Figura 37], também utilizado no Centro de Ciência Viva do Lousal (apesar das diferenças inerentes à composição física da CAVE), apresenta-se como um compilador de ficheiros com lançamento do AVI e respetivas funcionalidades. Ou seja, não fornece ferramentas de trabalho para o desenvolvimento do modelo 3D, mas sim uma série de reconhecimentos dos objetos, no lançamento do modelo, em RVI, e algumas funcionalidades de navegação no AV.

Relativamente ao *software* de interface com o CAVEH Spwaner, o Blender 2.60, é instalado neste software um *plug-in* que permite atribuir diversas características ao modelo 3D, necessárias para a navegação e interação no AVI. Todo o processo de trabalho, desde a modelação 3D até à concretização do AVI, passando pelas ferramentas e funcionalidades desenvolvidas no âmbito deste trabalho, é descrito no capítulo 4 – Desenvolvimento do sistema VIARmodes para arquitetura.

No âmbito da arquitetura, este sistema apresenta poucas funcionalidades para o utilizador, daí também este ser um motivo desafiante de desenvolvimento e expansão da tecnologia, e uma possibilidade de criar sinergias entre as vertentes arquitetónica e tecnológica, criando funcionalidades de uso em RVI no contexto do processo de projeto em arquitetura.

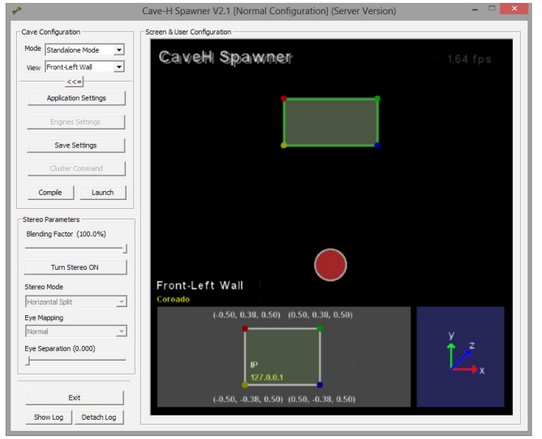


Figura 37 – Janela de interface do CAVEH Spawner, através do qual se faz o lançamento do modelo no AVI.

3

REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA EM ARQUITETURA

3 REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA EM ARQUITETURA

A RVI apresenta-se como uma ferramenta que permite uma experimentação mais direta e intuitiva dos objetos arquitetónicos através de uma representação interativa e de fácil leitura, garantindo assim um contributo significativo no entendimento geral e parcial do próprio projeto.

Nesse sentido, com o desenvolvimento do sistema de aplicação para RVI, são lançados diferentes modos de visualização, por forma a tornar-se uma ferramenta de trabalho útil e integrada na metodologia do processo de projeto, conseguindo-se adotar, para o objeto arquitetónico, uma representação eficaz à medida que este vai adquirindo mais informação e maior detalhe construtivo.

Deste modo, este capítulo incide sobre a forma como a RVI pode fazer parte da metodologia abordada no processo de conceção do projeto de arquitetura, e quais os modos de visualização e respetivas funcionalidades úteis na análise e avaliação do mesmo ao longo do seu desenvolvimento. Assim, a caracterização dos modos de visualização e interação em RVI para o processo de projeto em arquitetura parte da revisão do estado da arte, focando-se no cruzamento dos dados (i) sobre os tipos de representações facultados pelos *software* de modelação e visualização 3D (Tabela 2 - Comparação dos modos de visualização entre vários software de modelação 3D,capítulo 2.2.2 - Modos de visualização 3D), (ii) nos casos de estudo apresentados e tendência de investigação no âmbito da arquitetura, (iii) e ainda pelos resultados do - QUESTIONÁRIO I – PROCESSO DE PROJETO EM ARQUITETURA seguidamente apresentados.

3.1 A REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA E AS FERRAMENTAS DE TRABALHO NO PROCESSO DE PROJETO

> *"Quando queremos construir uma casa, o arquiteto apresenta-nos uma perspetiva de uma das suas vistas exteriores e possivelmente outra da sala de estar. Depois apresenta-nos plantas, fachadas e seções, isto é, representa o volume arquitetónico, decompondo-o nos planos que o encerram e o dividem: paredes exteriores e interiores, planos verticais e horizontais. (...) Em outras palavras, utilizamos como representação da arquitetura a transferência prática que o arquiteto faz das medidas que a definem para uso do construtor." (ZEVI, 2002, pp. 17,18)*

Bruno Zevi alerta ainda que as ferramentas de representação em arquitetura podem ser por si só "abstratamente belas" e o edifício "resultar arquitecturalmente pobre". Deste modo, reforça a tese expondo que o espaço arquitetónico "não pode ser representado perfeitamente em nenhuma forma, que não possa ser conhecido e vivido" (ZEVI, 2002, p. 18)

É óbvio que a representação de esquiços, desenhos rigorosos como plantas, cortes, pormenores construtivos e as maquetas são elementos fundamentais para o desenvolvimento e para a construção do projeto, mas a sua representação pode ser insuficiente ou mesmo de difícil compreensão do ponto de vista global do edifício. Por essa razão, e quando o projeto assim o revela necessário, são realizadas inúmeras peças, num esforço ainda bastante moroso, para garantir a fieldade do projeto relativamente às opções arquitetónicas.

No entanto, a modelação 3D com representação em AVI mostra-se como uma ferramenta, não de substituição das anteriormente apresentadas, mas como um auxílio para uma maior compreensão global e parcial do espaço arquitetónico, garantindo assim uma representação viável e menos abstrata, seja na relação do arquiteto com os demais intervenientes do projeto, ou mesmo na exposição do desenvolvimento deste a clientes e/ou donos de obra. As ferramentas digitais de modelação 3D permitem uma eficaz e instantânea simulação e manipulação do objeto arquitetónico, com uma representação fiel e detalhada do projeto desenhado agilizando o processo criativo e evitando erros de interpretação,

suscetíveis nos desenhos bidimensionais. Com a visualização 3D do objeto arquitetónico é também ampliada a deteção de interferências e erros indesejados, antecipando alternativas ao projeto de arquitetura ainda em fases iniciais do processo de conceção. (KOWALTOWSKI, et al., 2006)

Assim, de forma a fundamentar de que forma a tecnologia proposta, pode fazer parte da metodologia do processo de projeto, na representação e avaliação do mesmo, durante a sua conceção, foi realizado um questionário - QUESTIONÁRIO I – PROCESSO DE PROJETO EM ARQUITETURA, detalhado no ANEXO II,p.XX a uma amostra aleatório e voluntária de arquitetos.

Estruturado em 11 questões, o questionário focava-se na perceção: (i) do uso das ferramentas de modelação 3D ao longo do desenvolvimento do projeto de arquitetura; (ii) das ferramentas e tipos de representações utilizados nas diferentes fases de projeto; (iii) bem como as tarefas necessárias ao seu desenvolvimento.

Dos resultados obtidos, foram validadas 54 respostas – arquitetos com idades compreendidas entre os 21 e os 65 anos (média de 30 anos) e com experiencia em processo de projeto entre 1 e 30 anos (média de 13 anos).

O questionário revela que a maioria dos arquitetos (78%- Questão 7) utilizam ferramentas de modelação e visualização 3D, considerando 74% (Questão12), bastante útil a sua utilização no processo de projeto,

Globalmente consideram que numa fase inicial do processo de conceção (**Programa Base** e **Estudo Prévio** – Questão 3 e 4 respetivamente) os desenhos esquiços e rigorosos, bem como as maquetas, são as ferramentas ideais para conseguir um maior domínio da forma e representar desenhos gerais e de implantação, tal como áreas brutas e úteis. Ainda assim, mais de metade dos inquiridos (59%) revela utilizar já no **Estudo Prévio** modelos 3D para estas representações.

No estágio referente ao **Projeto Base** os arquitetos inquiridos consideram que os desenhos rigorosos e os modelos virtuais 3D (94% e 69%, respetivamente – Questão 5) são os elementos gráficos eleitos para representar áreas brutas e úteis, bem como desenhos de implantação e gerais, e ainda sistemas construtivos e materiais.

Também no **Projeto de Execução** prevalece a escolha dos mesmos elementos gráficos, desenhos rigorosos e modelos virtuais 3D (96% e 44%, respetivamente- Questão 6), revelando a importância dos mesmos na representação de áreas úteis, desenhos parciais, sistemas construtivos e materiais, e desenhos de pormenor.

Quando questionados sobre as mais-valias dos modelos virtuais 3D (Questão 9), estes consideram relevante a fácil edição e visualização imediata (60%), a simulação da geometria (56%), a possibilidade de evolução contínua do modelo 3D ao longo do desenvolvimento do projeto (50%), e ainda a possibilidade de simular ambientes interiores (46%).

Relativamente à utilização dos modelos virtuais 3D no processo de projeto em arquitetura (Questão 10) [Tabela 3], os arquitetos consideram que estes, no **Programa Base** e no **Estudo Prévio**, tornam útil a apresentação do projeto, ainda que apenas com características meramente volumétricas. No **Projeto Base** é considerada mais pertinente a apresentação do projeto, e ainda, tal como no **Projeto de Execução**, a utilização dos modelos 3D como interlocutor entre os diversos intervenientes na conceção do projeto e na avaliação das opções construtivas.

Tabela 3 – Questão 10 do Questionário I – Processo de Projeto em Arquitetura.
10. No desenvolvimento do projeto, em que momento considera que se torna pertinente a utilização dos modelos virtuais 3D? Escolha, para cada fase de projeto, as características do modelo 3D que considera mais importantes:

	Programa Base	Estudo Prévio	Projeto Base	Projeto de Execução	Assistência Técnica à Execução da Obra	Em nenhuma fase	Nº de respostas
Para avaliar características volumétricas do espaço	22	43	26	9	6	1	107
Para avaliar opções construtivas	1	11	25	25	10	9	81
Para ser usado como interlocutor entre as diversas especialidade do projeto	4	24	31	26	13	7	105
Para apresentação do projeto	14	38	41	17	14	1	125

Por fim, os inquiridos revelam que, nas diferentes etapas do processo de conceção em arquitetura, seria útil que os modelos virtuais 3D pudessem garantir a quem os visionasse uma sensação de escala real e imersão no espaço projetado, principalmente no **Estudo Prévio** e **no Projeto Base** (Questão 11).

Com este questionário, podemos retirar que no primeiro momento de conceção do projeto, o desenho, tanto esquiço como rigoroso, expressam os primeiros pensamentos do arquiteto começando este, a desenvolver as primeiras ideias/volumes. Após a definição de uma proposta de projeto, num segundo momento pretende-se não só clarificar as ideias desenvolvidas anteriormente, como também comunicar com o cliente/dono de obra, sendo necessários instrumentos de representação que garantam, de uma forma clara e objetiva, uma leitura global do projeto de arquitetura naquela fase.

Quando as características do projeto revelam uma maior estabilidade do conceito adotado para o seu desenvolvimento, o arquiteto estabelece uma relação mais estreita com outros intervenientes do projeto, como engenheiros e as diversas especialidades, progredindo a idealização e maturação do projeto até à sua conclusão/construção, através de ferramentas de representação cada vez mais partilhadas entre as diversas áreas inerentes à resolução do projeto de arquitetura. A colaboração entre arquitetos e os demais intervenientes na discussão e avaliação do objeto arquitetónico prova ser uma característica dinâmica e interativa, sendo apropriadas informações multilaterais na resolução de conflitos relativos a opções arquitetónicas. A visualização dos modelos 3D com a informação integrada/partilhada, por exemplo, com a utilização de ferramentas BIM [Figura 37], torna a representação mais intuitiva e inteligível a todos os participantes do projeto, não precisando estes de lidar com o nível de abstração que advém das representações específicas de cada área, conseguindo-se assim a uma maior cooperação, segurança e rapidez na deteção e resolução de opções construtivas, ainda em estágios iniciais do processo de projeto.

Assim, através desta análise consegue-se extrair quais as necessidades de representação nas diferentes fases do processo de projeto em arquitetura, bem como explicitar a pertinência da utilização das tecnologias digitais 3D e da sua representação em AVI. Por consequência, e para validar a utilização da RVI como uma ferramenta de trabalho integrada na metodologia de projeto (através da ferramenta de aplicação para AVI, que se desenvolve nesta investigação), é possível aferir-se um conjunto de características expectáveis nos diferentes modos de visualização e respetivas funcionalidades, em determinado estágio do desenvolvimento do projeto de arquitetura.

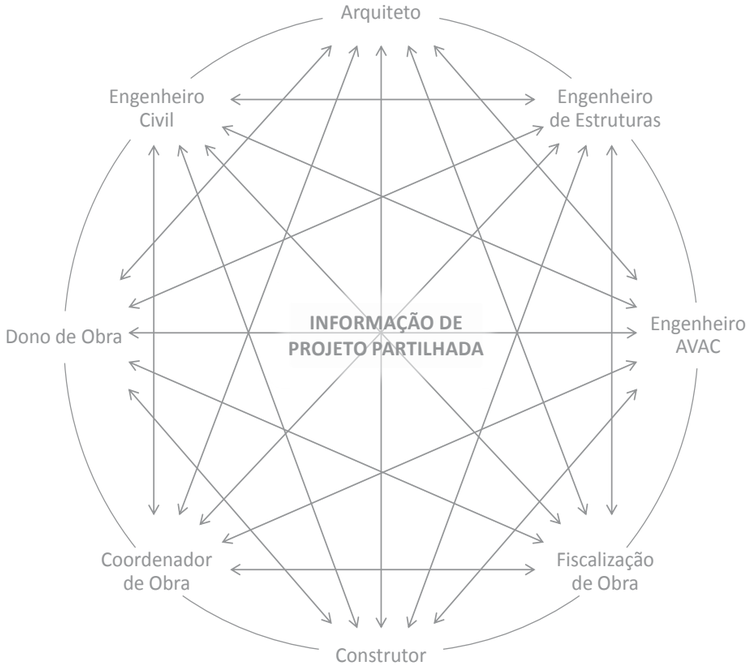


Figura 38 - Esquema da possibilidade de troca e partilha de informação entre os diversos intervenientes no processo de projeto, através da utilização de ferramentas de modelação e visualização 3D, BIM. Adaptado de (BISCAYA, 2012, p. 57)

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MODOS DE VISUALIZAÇÃO PARA A FERRAMENTA DE REALIDADE VIRTUAL

Ao longo deste trabalho e incidindo no questionário apresentado no capítulo anterior, podemos verificar que as ferramentas de modelação e visualização 3D tendem a ganhar espaço nas metodologias abordadas no desenvolvimento dos projetos em arquitetura.

Atualmente, apesar dos desenhos esquiços e rigorosos bem como maquetas, serem fundamentais para a conceção e desenvolvimento do projeto de arquitetura, torna-se necessário recorrer a representações menos abstratas e que permitam uma visualização clara e global do mesmo. A RVI, pelas suas características, permite abordagens de visualização eficazes e atualizadas relativamente ao estágio do projeto em determinada fase de conceção, facilitando assim a comunicação e trabalho dos diversos profissionais inerentes ao projeto de arquitetura.

Assim, a ferramenta de aplicação para RVI desenvolvida no âmbito deste trabalho, é aqui explanada com a caracterização de diferentes representações, que se pretendem integrar no *software* base, o CAVEHSpwaner.

Antes do desenvolvimento deste trabalho, esta tecnologia permitia apenas uma representação com a atribuição de cores aos objetos, iluminação, e som para o cenário de RVI. Relativamente à interação com o próprio AV, o utilizador apenas podia navegar no cenário apresentado, colidir/atravessar perante objetos estanques, e despoletar ações no cenário como percursos automáticos ou animações. Existia ainda a possibilidade de apresentar um AV com texturas, sendo bastante complexo o desenvolvimento do cenário de RVI e a navegação do utilizador bastante limitada.

Partindo do uso das ferramentas existentes, pretende-se assim desenvolver os seguintes modos de visualização e interação, integrando novas ferramentas e funcionalidades, através do sistema VIARmodes: (i) Volumes Opacos, (ii) Modo de Layers, (iii) Superfícies Sombreadas, (iv) e Modelo Realístico.

VOLUMES OPACOS

Com o modo de visualização de Volumes Opacos tenciona-se apresentar apenas a volumetria do objeto arquitetónico em conceção. Assim, numa fase inicial, em que apenas se pretende dominar a volumetria do objeto, e o seu impacto em termos volumétricos e na relação com a envolvente, podemos atribuir no AVI uma representação simples, de fácil execução e apreensão, percecionando-se as características gerais do objeto (volumétricas, de dimensionamentos brutos exteriores e interiores, escala, e proporção).

Para a representação poder ser de rápida execução, o *software* deve atribui automaticamente uma visualização do modelo 3D, numa pequena escala de cinzentos. Assim, são exibidos os planos opacos numa escala de cinzentos e realçadas as arestas das superfícies, exceto dos planos obstruídos pelos precedentes. Torna-se então irrelevante qualquer trabalho de modelação 3D no sentido de atribuir materialidades ou texturas, visto que muitas destas características são atribuídas posteriormente e, numa fase inicial, essas informações não são úteis.

MODO DE LAYERS

Este modo de visualização revela-se como uma ferramenta de comunicação e partilha entre os diversos intervenientes do processo de projeto em arquitetura. A colaboração entre arquitetos, engenheiros e as diversas especialidades apresenta inúmeras vantagens na tomada de decisões relativas ao projeto de arquitetura. Assim, com o modo de visualização de Layers pretende-se representar o edifício por camadas, numa visualização integrada, partilhada e intuitiva a todos os participantes do projeto de arquitetura. Perante o AVI, os diversos especialistas podem descascar o edifício e ver elementos ocultos ou percecionar problemas de sobreposições ou interferências construtivas, entre outros, que seriam difíceis de prever ou exigiriam um esforço mental e de desenho/maqueta muito maior e moroso.

A utilização deste modo de visualização permite então, traduzir o objeto arquitetónico nas *layers* integrantes do mesmo, podendo estas ser alteradas,

acrescentadas ou reduzidas, caso se justifique essa necessidade.

Relativamente à interação do utilizador, pretende-se a possibilidade de alternar entre 3 estados de visualização: (i) opaco, com realce das diferentes *layers* em cores contrastantes; (ii) semitransparente, sendo visualizados os diversos planos em transparência (mais perto ou mais longe do utilizador), revelando toda a informação de projeto sobreposta, numa leitura continua e com permeabilidade visual; (iii) e desligado, tornando invisível determinada(s) *layer(s)*.

Assim, consegue-se dentro do AV, selecionar as diferentes camadas e perceber a sua integração no contexto geral do objeto arquitetónico. Para este modo de visualização é necessário que a modelação do objeto arquitetónico cumpra os requisitos de atribuição de diferentes objetos, identificados por *layers,* possibilitando ao sistema reconhecer as mesmas e atribuir as características pretendidas para este modo de visualização.

SUPERFÍCIES SOMBREADAS

Quando o modelo 3D contempla a atribuição das principais materialidades, a utilização do modo de visualização de Superfícies Sombreadas deve permitir uma representação do objeto arquitetónico com as respetivas cores associadas às materialidades elegidas, revelando a adequação das opções estéticas e construtivas na globalidade do projeto, de forma expedita, visto não ser necessário o moroso trabalho de inclusão de texturas.

A atribuição das respetivas cores, aos materiais/acabamentos adotados no projeto resultam da própria criação do modelo 3D, não sendo necessário qualquer trabalho de modelação para o resultado pretendido, apesar da possibilidade de alteração destas, caso se torne pertinente. Por exemplo, se for modelada uma parede com acabamento em madeira, o cenário do AV, apresenta a cor da tonalidade desse mesmo material.

Com a informação da cor e/ou padrão ou transparência dos respetivos materiais/acabamentos visíveis e o respetivo sombreamento próprio, o utilizador perceciona uma maior sensação de imersão do AV, visto que o objeto arquitetónico assume uma dimensão visual mais próxima daquilo que será na realidade. Este modo de visualização deverá permitir também uma interação com as diversas *layers* do projeto, podendo-se neste modo de visualização, realçar (com a cor adotada no modo de visualização de *Layers*) ou desligar determinada camada do projeto de arquitetura.

MODELO REALÍSTICO

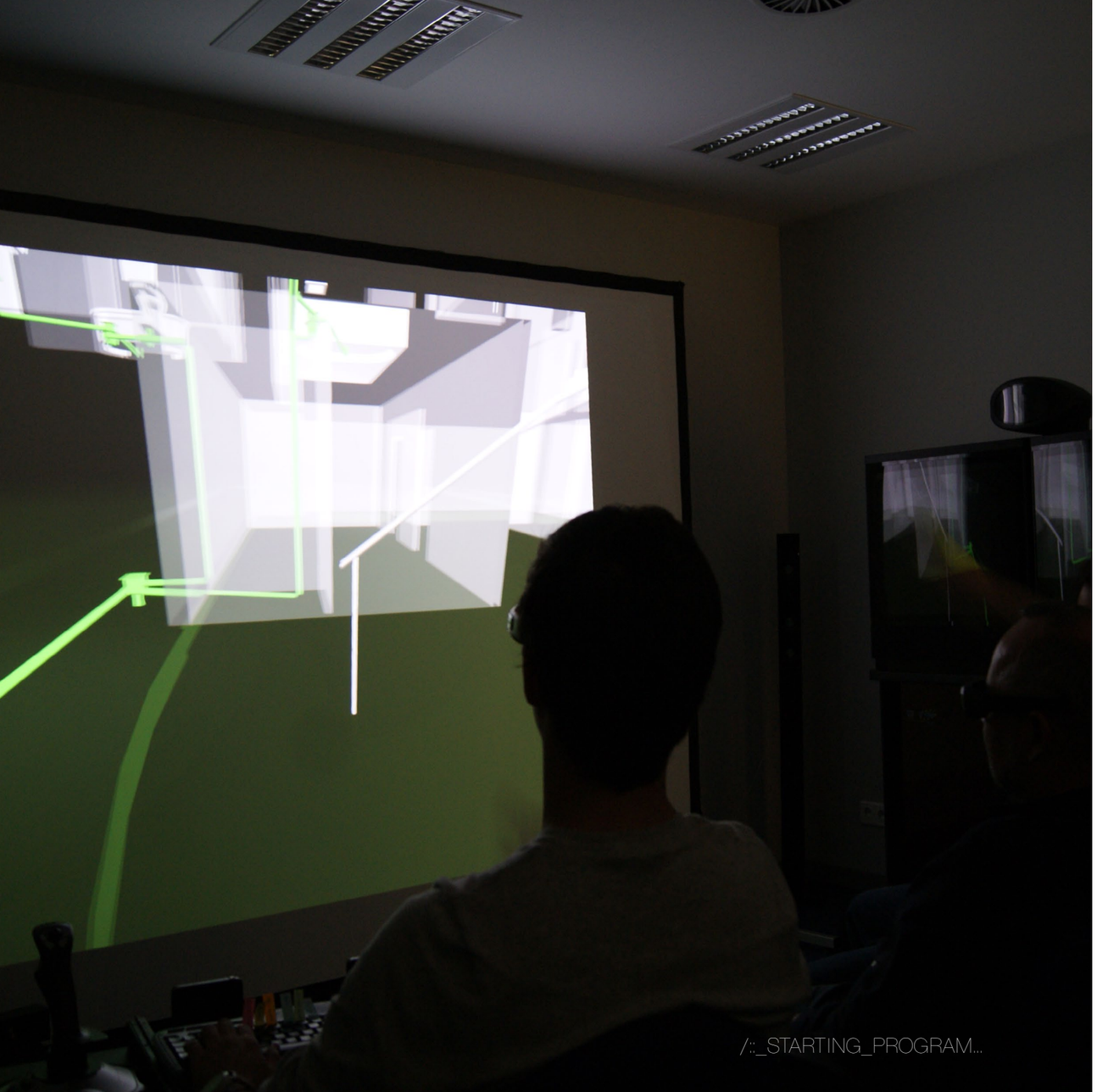
Já numa fase final do projeto de arquitetura a apresentação de um modelo realístico pode mostrar, a aparência quase real do que se pretende construir. Assim, a introdução de texturas no modelo torna-o mais próximo do real, podendo-se discutir diversas opções estéticas e construtivas do projeto e fazer apresentações/exposições ao público em geral.

Neste modo, é então representado o objeto arquitetónico com a atribuição de texturas (através do mapeamento de imagens representativas das texturas pretendidas), relativas às materialidades/acabamentos visíveis no projeto. O trabalho de mapeamento de texturas nas superfícies do objeto arquitetónico constitui uma tarefa morosa, sendo este tipo de representação normalmente utilizado quando o projeto está numa fase avançada e não se antevê necessidade de retrocessos significativos.

A morosidade do trabalho de mapeamento de texturas, revela-se não só pela própria atribuição da textura nos diferentes objetos que compõe o projeto, como na pesquisa de imagens/fotos que simulem o mais próximo possível o que se pretende representar, sendo posteriormente manipuladas e recortadas, para o efeito pretendido. Apesar das texturas, muitas vezes não serem uma representação fiel do mundo real, pretende-se garantir uma aparência clara relativamente à opção construtiva tomada em determinada situação.

4

DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA *VIARMODES* PARA ARQUITETURA



4 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA VIARMODES PARA ARQUITETURA

O sistema VIARmodes é uma tecnologia de representação e interação para AVI no âmbito da disciplina da arquitetura. Apesar de estar direcionado como ferramenta para a prática de projeto em arquitetura, ao longo das diferentes fases de conceção, pode também ser utilizado em contexto académico ou de investigação no âmbito desta área.

O objetivo desta tecnologia é possibilitar aos diversos intervenientes que contribuem para o desenvolvimento do projeto de arquitetura, nomeadamente, arquitetos, engenheiros, especialidades e clientes/donos de obra, uma ferramenta de trabalho integrada de comunicação, com representações claras e objetivas do projeto em determinada fase de desenvolvimento. Deste modo, possibilita-se uma visualização e interação do projeto em AVI, de forma detalhada e atualizada em determinado estágio de desenvolvimento. Permite ainda, através de um conjunto de funcionalidades, obter dados sobre os elementos que o compõe, confrontando o utilizador com todas as opções construtivas, antes do projeto ser edificado.

Por forma a validarmos a utilidade deste sistema no contexto do processo de projeto em arquitetura, foi realizado um questionário de usabilidade e satisfação, apresentado no capítulo 5 – Estudo com Experiência dos modos de visualização em realidade virtual imersiva .

A possibilidade de experimentação e de desenvolvimento da tecnologia VIARModes e dos AVI com o grupo de computação gráfica da ADETTI-IUL em conjunto com a *Microsoft Language Development Center* revelou-se fundamental, do ponto de vista tecnológico, para todo o desenvolvimento deste trabalho de investigação.

4.1 FUNCIONALIDADES E INTERFACE DE COMUNICAÇÃO

O sistema VIARModes apresenta, à data da concretização deste trabalho teórico, 3 dos 4 modos de visualização caracterizados no capítulo 3.2, sendo estes: (i) **Modo de *Layers*;** (ii) **Superfícies Sombreadas**; (iii) e **Modelo Realístico.** Relativamente ao modo de visualização **Volumes Opacos** [Figura 39], pela dificuldade de integração de estereoscopia à sua representação, este acabou por não estar completamente integrado no sistema, não sendo assim utilizado para a avaliação de usabilidade e satisfação deste sistema, apresentado no capítulo 5.

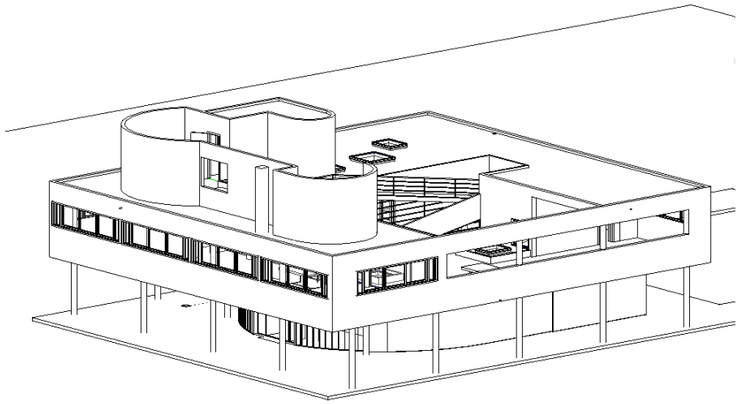


Figura 39 - Representação do Modo de Visualização Volumes Opacos

Assim, a ferramenta de aplicação para RVI desenvolvida no âmbito deste trabalho, é aqui explanada com a caracterização de diferentes representações, que se integraram no software base, o CAVEH - CAVEHSpwaner.

- **Navegação no AVI**

Uma das principais vantagens deste sistema é a possibilidade do utilizador navegar livremente no AVI, interagindo com o mesmo. O utilizador pode assim explorar todo o cenário virtual apresentado, com uma navegação próxima do real, visto que colide com os objetos estanques como paredes, entre outros, e perceciona as alterações de cotas, como patamares, escadas ou rampas. Através do sistema, pode ser programado as dimensões do avatar (camara que representa a posição do utilizador no AV) e a velocidade do passo. As funcionalidades acima descritas, já existiam no *software* de base para este sistema, o CAVEH Spawner, fazendo-se assim uso das mesmas para integrar a ferramenta de aplicação proposta.

Relativamente à interação do utilizador com o AV, esta pode ser feita através de diversos dispositivos de entrada, sendo para este trabalho utilizados: rato e teclado de computador e um Joystick de navegação. [Figura 40] A necessidade de utilização do Joystick prende-se com uma limitação de navegação no modo

Figura 40- Dispositivos de entrada utilizados para navegação - Joystick à esquerda, e teclado e rato ao centro e microfone à direita).

de visualização realístico, detalhado seguidamente neste capítulo. O teclado e rato por serem os dispositivos de trabalho no próprio computador acabam por ter uma relação direta entre este trabalho e a própria visualização do AV, e ainda pela possibilidade de utilizar teclas para determinadas funcionalidades, sendo assim mais fácil de utilizar todo o sistema.

- **Alternância entre os Modos de Visualização**

O sistema desenvolvido permite alternar entre os diferentes modos de visualização apresentados, sendo assim possível visualizar o projeto sempre no mesmo cenário com as diferentes representações propostas. Deste modo, perante o modelo 3D, consegue-se uma representação eficaz, que seja pelo próprio desenvolvimento do projeto, ou para responder a determinado objetivo.

Para isso, são utilizados comandos de voz, que permitem ao utilizador uma maior interatividade na relação com o AV, não sendo necessário a utilização de qualquer dispositivo, como teclas, para o fazer. A gramática de voz associada à alternância dos diferentes modos de visualização, é composta por um comando simples, sobre o qual se altera apenas o modo de visualização que se pretende visualizar:

- *"Muda para o (modo de visualização pretendido) "*

O sistema permite alterar estas gramáticas de voz, por outras que se justifiquem, sendo ainda necessário recorrer à programação do sistema. Pretende-se que estas alterações possam ser feitas pelo próprio utilizador, sendo este um assunto contemplado no trabalho futuro.

- **MODO DE LAYERS**

O modo de Layers foi o que exigiu maior desenvolvimento, pelos recursos adicionados à aplicação, sob a qual se baseia este sistema, o CAVEH Spwaner. O objetivo deste modo de visualização é permitir ao utilizador descascar o edifício por *layers,* podendo todos as especialidades do projeto, ter um papel ativo na discussão e avaliação do projeto de arquitetura.

A partir dum modo de visualização conceptual com integração de sombreamento próprio e respetiva iluminação atribuída ao modelo 3D, o utilizador pode manipular individualmente as diferentes *layers* que compõe o projeto, alternando entre **3 diferentes estados:**

- Realce, com a atribuição de uma cor específica a cada layer;
- Transparente, através da atribuição de 10% de opacidade à layer se lecionada
- Oculto, tornando-se invisível os elementos pretendidos.

Apoiado na da Norma CAD- NPENISO 13567, relativamente às diferentes especialidades intervenientes no processo de projeto, especialmente em contexto de projetos BIM, foram utilizadas, para testar esta funcionalidade, 6 diferentes *layers* e selecionadas cores contrastantes para a representação de cada uma, quando ativado o estado de realce, abrangendo assim a totalidade dos elementos presentes no modelo 3D: **Estrutura** (vermelho)**, Paredes** (amarelo)**, Pavimentos e Tetos** (laranja), **Vãos** (azul), **Infraestruturas** (verde), **Equipamentos e Mobiliário** (cinzento). [Figura 41 e 42]. Neste modo de visualização o utilizador pode assim fazer uso destas funcionalidades, também através de comandos de voz. A gramática utilizada é assim definida pelos seguintes códigos de voz:

- *"Liga a/o/as/os (layer pretendida)"*
- *"Desliga a/o/as/os (layer pretendida)"*
- *"Põe a/o/as/os (layer pretendida) transparente"*

Figura 41 e 42 - Navegação no AV, utilizando a funcionalidade de Layers. (Setembro 2014)

O sistema VIARModes tem integrado as *layers* acima mencionadas. Porém permite alterações no número de *layers* e dos respetivos nomes associados, bem como das cores de realce, podendo existir outras camadas ou subcamadas caso o projeto o justifique. Também estas alterações se pretendem ao alcance do utilizador, sendo assim referido em trabalho futuro.

- **Superfícies Sombreadas**

Este modo de visualização permite uma representação do projeto com as cores associadas a cada material. A não utilização de texturas permite uma visualização rápida do modelo 3D, sendo claro através das opções construtivas os materiais de acabamentos. Neste modo de visualização podemos utilizar as funcionalidades descritas anteriormente no modo de *layers,* excetuando o estado de transparência.

Deste modo podemos alternar entre estes modos de visualização, mantendo os estados de realce ou oculto, selecionados para as diferentes *layers,* alterando apenas o modo de representação. [Figura 43]

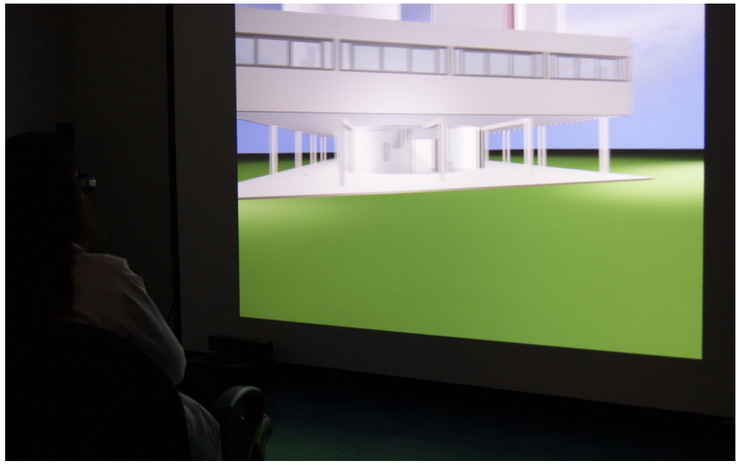


Figura 43 - Navegação no AV, utilizando o modo de visualização de Superfícies Sombreadas. (Setembro 2014)

- **Modelo Realístico**

O modelo texturado alcança uma visualização mais realista, numa fase final do processo de conceção, no qual o arquiteto pode apresentar de forma mais fiel e detalhada, através da aplicação de texturas, as opções construtivas relativamente aos acabamentos e estereotomias de paredes, pavimentos, e outros revestimentos, bem como caixilhos mobiliário, entre outros. [Figura 44]

Neste modo de visualização, ainda não é possível utilizar a funcionalidade de navegação livre nem alternar entre os estados de realce e ocultar, como no modo de superfícies sombreadas.

Assim, para se poder navegar no AV é necessário a criação de um percurso fixo, no qual o utilizador apenas se pode mover para a frente ou trás e parar. Esta funcionalidade, relativa ao percurso automático, consiste numa animação de câmara, sendo detalhado no capítulo seguinte em 4.2. As animações permitem que o utilizador possa ter uma maior interação com o AVI, através do despoletar de determinadas ações, como percursos automáticos, neste caso, ou outros, como sons ou aparecimento de objetos.

Figura 44 - Navegação no AV, utilizando o modo de visualização Modelo Realístico. (Setembro 2014)

4.2 REQUISITOS DE UTILIZAÇÃO

Após a apresentação das ferramentas e funcionalidades do sistema, bem como dos interfaces de comunicação, é necessário para se possibilitar a experimentação do sistema VIARModes, seguir um conjunto de tarefas desde a modelação 3D até ao lançamento do modelo na tecnologia proposta e respetiva visualização e interação com o AVI.

Até à representação do modelo 3D no AVI, o projeto em execução pode ser alterado, não implicando o início de todo o processo. Assim, são descritos na Figura 45 sucintamente os 4 passos a seguir até ao lançamento do modelo no AVI: (i) Modelação 3D; (ii) Transposição entre software; (iii) Tarefas no software de transição entre a modelação e o CaveH Spawner – Blender; (iv) e lançamento do modelo 3D em RVI – VIARModes.

Figura 45 - Esquema do processo de trabalho desde a modelação 3D até ao AVI

4.2.1 MODELAÇÃO 3D

A primeira tarefa prende-se com a modelação 3D do objeto arquitetónico. Através da Tabela 2 – Comparação dos *software* de modelação 3D, capítulo 2.2.2 - Modos de visualização 3D, podemos comparar diversos *software* de modelação 3D, de modo a perceber qual tem mais vantagens para o projeto que estamos a elaborar.

A realização de um modelo 3D durante a conceção de um projeto de arquitetura envolve portanto diversas fases podendo-se avaliar o seu desenvolvimento em AVI ao longo das mesmas. As diversas tarefas posteriores à utilização do *software* de modelação e visualização 3D, não implicam um retrocesso na sua modelação, mas antes um processo contínuo de evolução na tomada de decisões de projeto.

No âmbito da arquitetura, prevê-se a utilização de um *software* de modelação e visualização 3D BIM ou semelhante, como é o caso do software Autodesk Revit

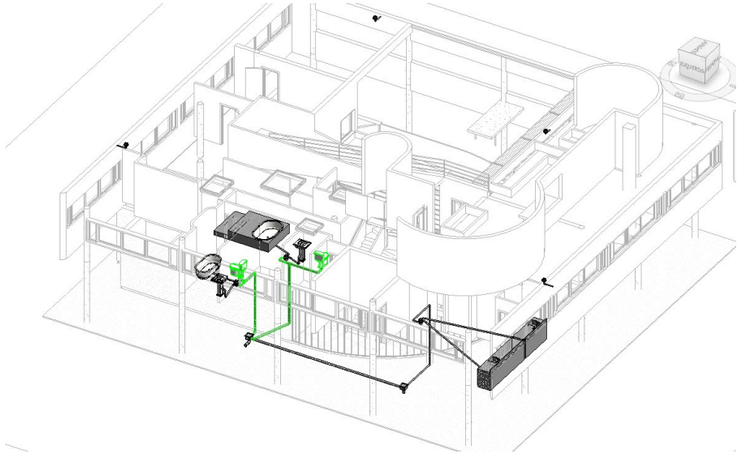


Figura 46 - Integração da modelação feita para as infraestruturas em Revit MEP (Mecanica, Electricidade e Águas), a partir de *link* para o projeto de arquitetura modelado no mesmo *software* em modo de Arquitetura.

sentação real do modelo 3D.[Figura 47 e 48]

2014 (escolhido para o desenvolvimento deste trabalho), pela possibilidade de integrar de forma mais eficaz, todas as especialidades que compõe o projeto, como arquitetura, estrutura, infraestruturas, entre outros. [Figura 46]

A modelação do projeto de arquitetura em 3D deve assim seguir algumas orientações de boa prática de trabalho, conseguindo-se um modelo fiel ao projeto desenvolvido e facilmente integrável no sistema VIARModes:

- **Unidades de Escala**

É fundamental escolher um formato de escala que garanta a representação real do modelo desenvolvido em 3D sendo utilizada esta para todo o desenvolvimento do projeto. Assim, sempre que sejam feitas alterações ao modelo, integração de outras partes, como projetos de especialidades [Figura 46], ou transição entre outros *software* de modelação, é garantida a escala de repre-

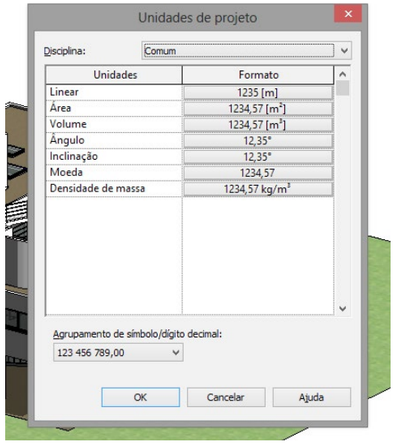


Figura 47 - Escolha das unidades de projeto em metros no *software* Revit.

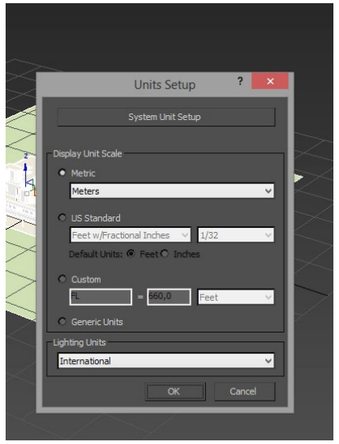


Figura 48 - Escolha das unidades de projeto em metros no *software* 3dStudio MAX

- **Sobreposições e Interseções de Geometria**

No desenvolvimento da modelação 3D, surgem por vezes algumas sobreposições e interseções de elementos construtivos, como paredes em contacto com as lajes ou elementos como caixilhos e outros mal colocadas no modelo, revelando no AV, algumas incongruências na representação dessas geometrias/objetos sobrepostos.

- **Divisão do modelo em diferentes Layers**

Quando o projeto de arquitetura é desenvolvido, a par de outras ferramentas, num *software* de modelação e visualização 3D, é comum a utilização de termos para identificar grupos de geometrias/objetos e respetivos materiais, como paredes e lajes estruturais, paredes de enchimento, pavimentos portas, janelas, caixilhos, entre outros, tal como acontece nos *software* 2D com a criação de *layers* de trabalho.

Para a utilização das funcionalidades relativas ao modo de visualização de *layers* é necessário trabalhar a modelação do projeto através da separação das geometrias/objetos e respetivos materiais, pelos grupos/*layers* a que pertencem. O sistema VIARModes contempla 6 diferentes *layers* (**Estrutura, Paredes, Pavimentos e Tetos, Vãos, Infraestruturas e Equipamentos e Mobiliário**) devendo assim seguir-se as mesmas, ou outras mediante alteração no sistema, para o correto funcionamento no AVI.

Apesar de alguns *software* não atribuírem características construtivas às geometrias desenhadas como o materialidade construtiva, cor e textura associada, todos contemplam informações relativas à sua composição, ou seja, é sempre atribuída uma materialidade a essa geometria, ainda que não tenha significado construtivo. Assim, o método encontrado para a distinção das diferentes *layers*, passa pela atribuição de um nome (código) aos materiais das geometrias que compõe determinada layer. [Tabela 4] Por exemplo, se tivermos uma parede de betão, que pertença à layer estrutura, devemos acrescentar *"struct"* no nome desse material. Se por outro lado, existir alguma geometria de be-

tão, que pertença por exemplo às paredes de enchimento, deve ser duplicado o nome desse material adicionando-se o nome necessário à inclusão dessa geometria em determinado grupo/*layer.*

Tabela 4 – Apresentação das Layers e dos nomes a indicar nos materiais das geometrias, aquando a modelação 3D.

Layer	Nome código
Estrutura	"struct_nome dos materiais"
Paredes	"walls_ nome dos materiais"
Pavimentos e Tetos	"pav_ nome dos materiais"
Vãos	"open_ nome dos materiais"
Infraestruturas	"infrastruc_ nome dos materiais"
Equipamentos e Mobiliário	"equip_ nome dos materiais"

A consideração deste processo no início do trabalho de modelação, permite uma maior organização de todas as partes constituintes do projeto, e uma maior facilidade e rapidez na atribuição das *layers* às respetivas geometrias, sendo assim feito por grupos de objetos e não individualmente. [Figura 49 e 50]

Figura 49 - Composição das diferentes layers do projeto em grupos. Utilização do *software* 3dStudio Max.

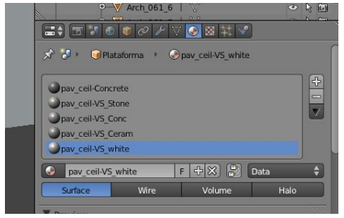


Figura 50 – Verificação das materialidades das geometrias constituintes da *layer* Pavimentos e Tetos.

4.2.2 TRANSPOSIÇÃO ENTRE SOFTWARE

Depois da modelação feita, de modo experimentar o modelo 3D no sistema VIARModes, ainda que o processo de projeto não esteja finalizado, é necessário exportar o modelo a partir do *software* de modelação utilizado para a modelação, para o *software* Blender2.60 que constitui o interface com o sistema de RV. Na Tabela 5, podemos analisar os formatos de exportação e importação dos diversos *software,* sendo necessário em alguns casos, recorrer à utilização da aplicação FBXConverter[3], para transitar o modelo para o *software* Blender[4].

Tabela 5 - Formatos de importação e exportação entre os diversos software utilizados

Formatos de exportação	.stl	.fbx	.3ds	.dxf	.obj	.dwg	.ifc
AutoCad 3d (Autodesk)	X	X		X	X*	X	
Revit (Autodesk)		X		X	X*	X	X
3DStudio Max (Autodesk)	X	X	X	X	X	X	
Rhinoceros (Robert McNeel & Associates)	X	X	X	X	X	X	

* Necessária a instalação do *plug-in OBJ Export* no *software*

Ferramenta de conversão de formatos	.stl	.fbx	.3ds	.dxf	.obj	.dwg	.ifc
FBX Converter		X	X	X	X		

A partir do FBXConverter, todos os formatos selecionados podem ser convertidos entre eles para outro pretendido.

Formatos de importação	.stl	.fbx	.3ds	.dxf	.obj	.dwg	.ifc
Blender	X		X	X	X		

Tabela adaptada de (MOURAL, 2013, p. 166) (AUTODESK, 2014c)

[3] A aplicação FBXConverter é um conversor de formatos para facilitar a interoperabilidade entre diversos software. A utilização desta aplicação permite assim transferir dados entre software que tenham formatos de importação e exportação diferentes, mantendo a informação do ficheiro e aumentando a eficiência, dada a possibilidade de utilizar diferentes software no desenvolvimento do mesmo trabalho.

[4] Este software foi desenvolvido para a indústria do entretenimento, como jogos ou aplicações interativas, renderização de imagens de publicidades, entre outros, e ainda para edição de vídeos, não sendo assim indicado para o desenvolvimento de modelos 3D no âmbito a arquitetura.

Relativamente ao *software* utilizado nesta investigação, Revit 2014 -, é necessário transpor o modelo para um formato de exportação compatível com o *software* Blender, sendo utilizado o formato de exportação ".3ds" através do *software* 3DStudioMax 2014. Para isso, e de forma a não se ter de repetir todo o processos de transposição entre *software*, utiliza-se a funcionalidade *"Link Revit"*, permitindo assim que todas as alterações efetuadas no Revit, apareçam automaticamente no 3dsMax. [Figura 51]

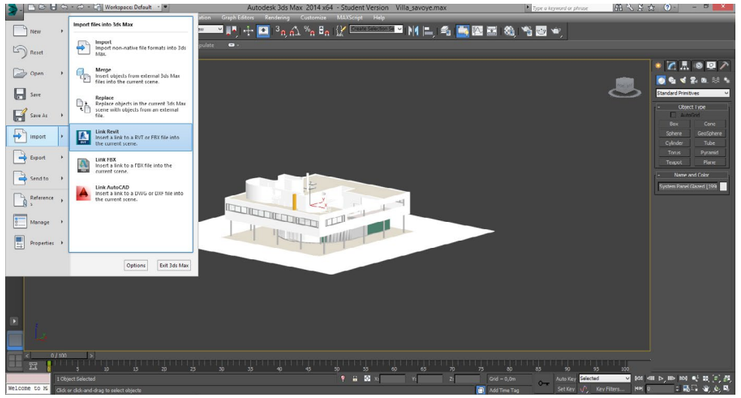


Figura 51 - Utilização do *"Link Revit"* para importar o modelo no 3ds Max.

4.2.3 TRABALHO EM BLENDER

Quando o modelo é importado para o *software* Blender é necessário realizar alguns procedimentos para o lançar no sistema VIARModes e tê-lo assim navegável em RVI. Este processo passa pelo reconhecimento do modelo 3D desenvolvido, das entidades que devem ser classificadas quanto à física dos materiais - materiais atravessáveis e estanques-, e ainda relativamente à posição do utilizador no início do percurso. Podem ainda ser acrescentadas animações que são despoletadas no AV aquando a navegação, como a mudança de cenários, o desenrolar de um percurso automático, um vídeo de determinado aspeto que possa ser relevante, entre outros, bem como acrescentados sons ambientes, que são despoletados quando é oportuno dentro do AV, tal como o ruido de automóveis numa estrada, ou de um espaço público com movimento, entre outros. Deste modo são descritos os passos a seguir na concretização destas tarefas.

4.2.4 TAREFAS GERAIS

I - Importação do modelo 3D para o Blender: Primeiro é necessário importar o modelo 3D em Blender. Neste trabalho utilizou-se o formato 3DStudioMax (.3ds) para a importação do modelo no *software* Blender. [Figura 52]

- *File;*
- *Import;*
- *3dStudio (.3ds);*

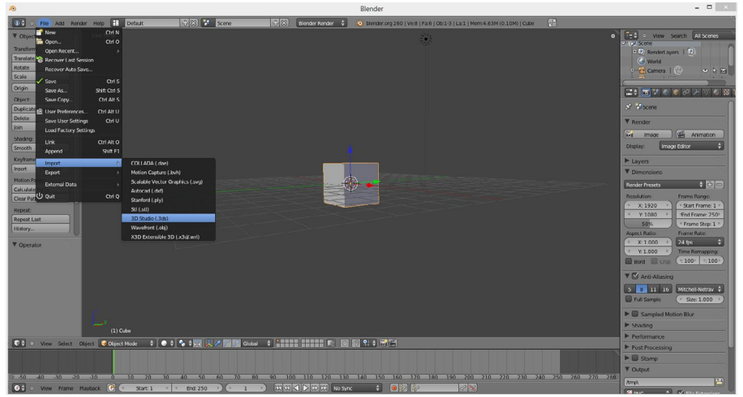


Figura 52 - Importação do modelo no Blender 2.60.

II - Verificação dos grupos de *layers*: Com o modelo já no Blender, devem ser verificados os grupos das geometrias/objetos e respetivos nomes dos materiais, garantindo a separação das mesmas na utilização do sistema VIARModes. [Figura 53] Caso seja necessário fazer alguma alteração nestes nomes, bem como nas cores atribuídas aos materiais, podem, em último caso, ser feitas no Blender. Apesar do processo ser bastante rápido, estas alterações devem ser feitas o mais a montante possível, ou seja na própria modelação do objeto, não implicando assim a repetição deste trabalho sempre que se façam alterações ao modelo.

- *Painel de configurações_Material;*
- *Nome dos Materiais: Código de layer;*
- *Preview= Cor do material;*
- *Diffuse= Intensidade de reflexão da luz na superfície do amterial;*
- *Specular= Brilho refletido pela superfície do material.*

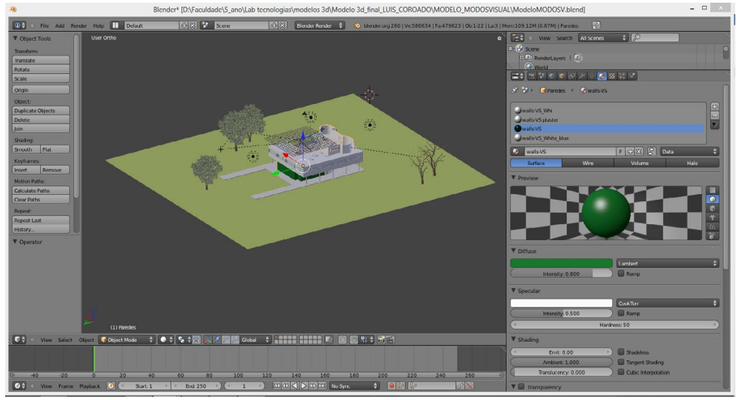


Figura 53 – Verificação e configuração dos nomes dos materiais e cor associada na *layer* de paredes.

III- Colocação de iluminação: A colocação de iluminação no modelo 3D é indispensável para a visualização do mesmo em AVI. Apesar das limitações dos parâmetros e definições facultadas na atribuição da iluminação, é possível promover ambientes diferentes, mais escuros ou mais claros, no cenário virtual. É ainda importante referir que com a atribuição de iluminação apenas se consegue sombreamento próprio, não sendo ainda possível no estado atual de desenvolvimento do *software,* a visualização de sombreamento projetado. O tipo de iluminação disponível e reconhecido no AVI é contemplada por *Point* e *Spot Light* [Figura 54], num total máximo de 7 objetos de iluminação.

- *Add;*
- *Lamp;*
- *Point/Spot;*

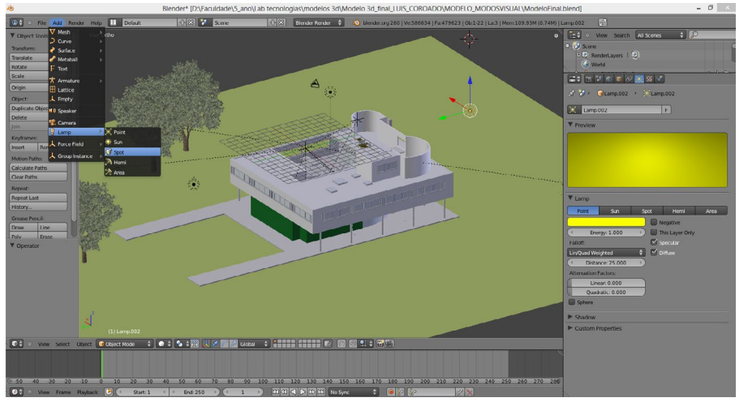


Figura 54 - Colocação de Pontos de Luz no modelo 3D e configurações associadas.

A grande diferença entre eles é a projeção de luz no modelo virtual: o *Point* apresenta-se como um ponto de luz para todas as direções; enquanto o *Spot Light* aplica uma projeção de luz para determinada direção e em formato de cone ou esfera. Em ambos é possível controlar a intensidade e foco da iluminação bem como a coloração pretendida, como se verifica no Painel de configurações lateral direito da Figura 54.

- *Painel de configurações_Lamp;*
- *Falloff = Lin/Quad Weighted*
- *Distance= Distancia da intensidade de Luz*
- *Attenuation Factors: Intensidade e focagem de projeção da luz.*
- *Spot Shape (no caso da Spot Light) = Formato do ponto de luz, angulo de incidência e tamanho da projeção.*

IV - Atribuição de Entidades: A classificação de entidades aos objetos que compõe o modelo 3D permite defini-los relativamente às suas propriedades físicas no AVI. Ou seja, existem um conjunto de entidades principais que ao serem atribuídas, através do painel de configurações *CaveH Entities* [Figura 55], conferem aos objetos características como estanquidade ou permeabilidade, a representação do utilizador para navegação e interação no AV, o reconhecimento de iluminação e de animações.

- *Painel de configurações_Object;*
- *Separador CaveH Entities;*
- *Selecionar as geometrias pretendidas;*
- *Entities;*
- *Set ClassName.*

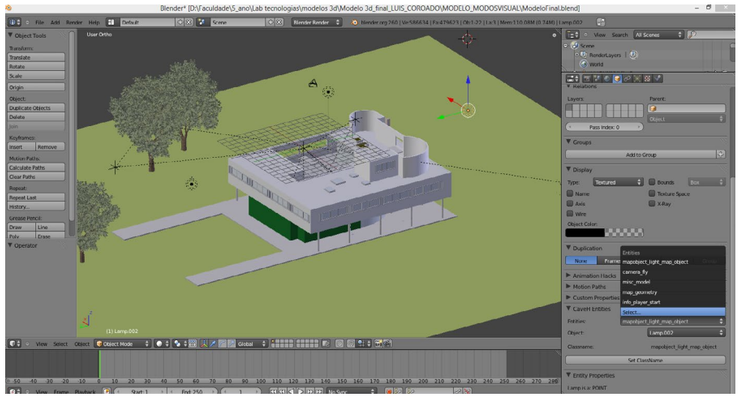


Figura 55 - Configuração das entidades das geometrias.

Assim, as entidades atualmente disponíveis e reconhecidas no AVI são:

- info_player_star – Este entidade deve ser atribuída a um elemento câmara, presente no modelo 3D, definindo assim a posição inicial do utilizador (avatar) no AVI. É possível editar parâmetros como altura do avatar, o tamanho e rapidez do passo, o diâmetro de ocupação no AVI e a orientação do campo de visão sendo apenas possível a utilização de um avatar no AVI.

- map_geometry – esta entidade atribui ao objeto as características físicas expectáveis no mundo real. Ou seja, torna as superfícies como paredes e pavimentos, estanques, fazendo com que o avatar colida com as superfícies, sendo assim apenas possível o atravessamento pelos vãos determinados, tal como no mundo real. Para a navegação livre em AVI, é apenas possível a integração de um *map_geometry*, tendo assim de se juntar, no Blender, todos os objetos pretendidos com estas características, num único objeto.

- *Comando "JOIN":*
- *Selecionar os elementos pretendidos;*
- *Ctrl+J.*

- misc_model – ao contrario do que acontece com o *map_geometry,* o AVI permite o reconhecimento de diversos *misc_model.* Esta entidade atribui aos objetos uma característica de estanqueidade, criando em seu torno uma espécie de barreira invisível, com a qual o avatar (utilizador) colide. Esta barreira é criada de forma ortogonal (cubica ou paralelepipédica) em torno das geometrias associadas, não podendo o avatar atravessa-lo, mesmo que visivelmente o seja.

- mapobject_light_map_object – Esta entidade deve ser atribuída aos objetos de iluminação, sendo assim reconhecidas no AV as características previamente atribuídas, mencionadas anteriormente.

V - Criação de *Triggers*: Um *trigger* é o despoletar de uma ação no AV, seja de forma automática, independentemente da posição do avatar, ou pela proximidade do mesmo relativamente a um objeto. Estas animações podem ser o desenrolar de um percurso automático, uma mudança de cenário, um som, uma legenda, entre outros, tornando a experiência de RVI mais interativa. O *trigger* deve ser definido com um *misc_model* e posteriormente autenticado como *trigger distance*, e definidas as opções disponíveis do *trigger* e do que se pretende despoletar na ação, conseguindo assim uma animação no AV.

Relativamente à utilização do Modo de Visualização Realístico, foi necessário a criação de uma animação de câmara, para a navegação no AV. Deste modo

e para se poder explorar este tipo de funcionalidades complementares de interação com o AV, é apresentada a metodologia a seguir para a sua realização no Anexo V – Configuração de animação de Câmara e Trigger de Ação.

VI - Aplicação de Texturas: No modo de visualização Realístico, é necessária a atribuição de texturas ao modelo 3D. Esta tarefa deve ser realizada no *software* Blender, visto não ser ainda possível exportar as texturas atribuídas pelos *software* de modelação e visualização 3D, para o *software* Blender2.60, dada a limitação de formatos de importação que esta versão possui. O processo de mapeamento de texturas nas superfícies das geometrias que compõe o modelo é um processo moroso, não só pelo trabalho de aplicação das texturas nas superfícies, acertando padrões e escalas entre diferentes geometrias, como na procura de imagens e trabalho de composição das mesmas para simularem o tipo de texturização pretendida.

Para a realização desta tarefa no Blender existem diferentes metodologias de trabalho, sendo por isso mais fácil a consulta dos respetivos tutoriais do próprio *software*. Prevê-se no desenvolvimento futuro desta investigação, um processo de texturização mais simplificado e sem a necessidade de utilização de qualquer *software*, além do usado para a modelação do edifício. Por este motivo, não é apresentado nenhum guião de trabalho para a realização da tarefa de texturização, sendo ainda assim, apresentados algumas indicações importantes para o correto funcionamento do sistema VIARModes no AVI:

- imagens para texturas – As imagens utilizadas para a texturização das geometrias devem ser ficheiros *.jpg* ou *.png,* com formatos múltiplos (256X256;512X512;1024X1024 pixéis) com resolução não superior a 300*dpi.*

- mapeamento da textura na geometria – O mapeamento de texturas é atribuído aos materiais que compõe as geometrias do modelo. Desta forma, cada material apenas pode ter uma textura associada, e consequentemente cada geometria ou conjunto de geometrias só pode ter um material. No caso das geometrias que integram diversos materiais, como mobiliários, é necessário fazer a separação dessas geometrias pelos materiais que integram. Para isso basta selecionar na geometria as partes que são compostas por um determinado material e separar da restante geometria. (Comando SEPARATE_tecla"P")

- atribuição de Entidades– Após o mapeamento de texturas, deve-se atribuir a este modelo, não um único *map_geometry*, mas sim diversos *misc_models,* consoante o número de materiais existentes, visto que para a atribuição de texturas e respetivo reconhecimento no AVI, cada objeto só pode ter um material, e por consequência uma textura.

É portanto inevitável no atual estado do *software*, que o utilizador tenha uma navegação limitada e menos interativa no modo de visualização realístico. De facto, com navegação livre não seria possível entrar no edifício nem ter uma representação adequada das texturas propostas [Figura 56]. Com a animação de camara proposta o utilizador, pode assim apreender as características pretendidas para este modo de visualização, sendo ignorado o sistema de física, próprio da navegação livre e necessário aos restantes modos de visualização.

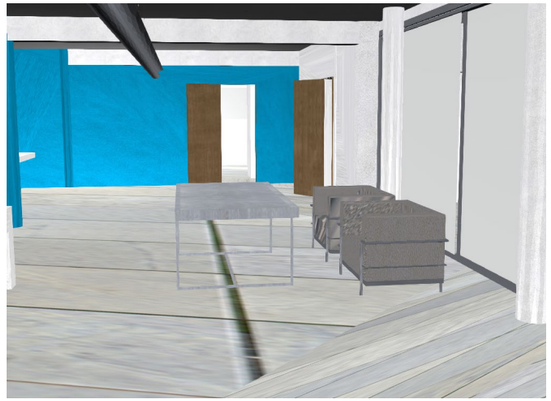


Figura 56 - Erros comuns na visualização do AVI devido à má aplicação de texturas.

Revela-se então necessário em trabalho futuro, a possibilidade de se integrar, por um lado as texturas atribuídas pelos *softwares* de modelação e visualização 3D, e por outro possibilitar uma navegação livre e interativa a par dos restantes modos de visualização, não sendo necessário a compilação de um segundo modelo virtual no *software* de RV.

VII - Lançamento do AVI - interface CAVE: Após o trabalho em Blender, o modelo é exportado com o nome escolhido e lançado no no sistema de RV proposto, fazendo ainda uso das nomenclaturas utlizadas antes do desenvolvimento do sistema VIARModes. [Figura 57].

- *File;*
- *Export;*
- *CaveH Export;*
- *Indicar um nome para o ficheiro de exortação.*

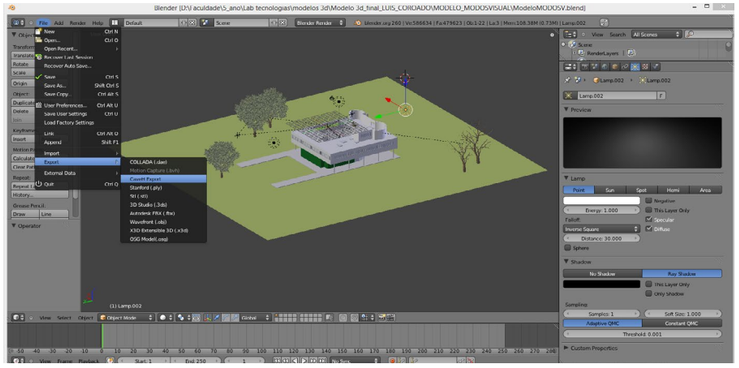


Figura 57 – Exportação do Modelo para o interface da CAVE.

Já no interface da CAVE, deve ser aberto o separador *"Application Settings"* [Figura 58] e selecionado o modelo, com o nome dado aquando a exportação em Blender e aplicar a sua seleção. Para se poder visualizar a compilação do modelo através da seleção do comando *"Compile"*, deve ser aberta a janela *"Detach Log"*. Após a compilação do modelo deve-se selecionar *"Launch"* e esperar a abertura do AVI com o modelo virtual projetado. O utilizador parte do local selecionado anteriormente e pode navegar e interagir com o AV livremente através dos dispositivos de interação apresentados no inicio deste capítulo 4.

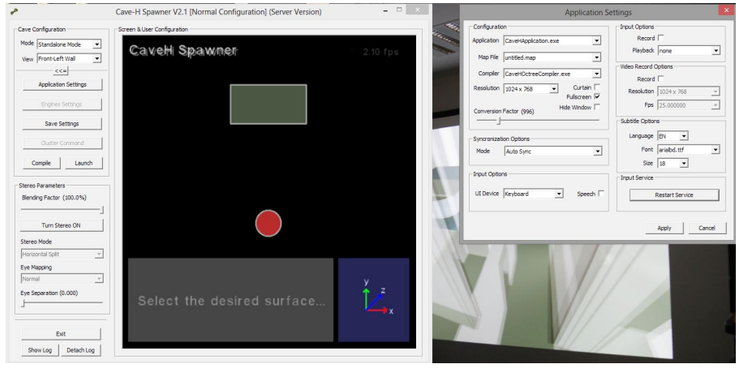


Figura 58 – Interface de relação com o AVI

5

AVALIAÇÃO DE USABILIDADE E SATISFAÇÃO DO SISTEMA VIARMODES

5 AVALIAÇÃO DE USABILIDADE E SATISFAÇÃO DO SISTEMA VIARMODES

De modo a avaliar a satisfação e a usabilidade da aplicação desenvolvida no âmbito deste trabalho para a PocketCAVE, o sistema VIARModes, realizou-se um estudo na fase final de desenvolvimento da aplicação, em Setembro de 2014. Essencialmente, pretendia-se saber a partir da opinião de uma amostra de arquitetos com experiência em processo de projeto, a pertinência desta tecnologia e sua integração na metodologia usada ao longo das diferentes fases do desenvolvimento do projeto de arquitetura. Como objetivo secundário pretendia-se identificar, ao longo dos testes, melhorias a implementar na tecnologia desenvolvida para trabalho futuro. Desta forma, este capítulo incide sobre a metodologia utilizada no estudo e respetivos resultados obtidos, sendo estes apresentados com maior detalhe nos ANEXOS III e ANEXO IV, respetivamente.

5.1 METODOLOGIA DA EXPERIÊNCIA

Os testes para este estudo foram realizados individualmente em ambiente controlado, nas instalações da ADETTI-IUL, no ISCTE-IUL, entre o período de 15 a 19 de Setembro de 2014.

O estudo realizado, detalhado no ANEXO III - PROTOCOLO DE APLICAÇÃO, decompôs-se em três diferentes etapas sequenciais.

Etapa1: A primeira consistiu na apresentação/receção dos participantes, apresentar os objetivos do teste, assinar o termo de consentimento e preencher o questionário preliminar.

Etapa2: Na segunda etapa realizaram-se os testes em ambiente imersivo com o objetivo de apresentar a aplicação desenvolvida, tendo-se verificado, ainda, a usabilidade das funcionalidades e o grau de satisfação dos participantes face à ferramenta de aplicação desenvolvida, através do registo de observações tecidas durante o teste.
Nestes testes foi montando um cenário de reunião de projeto entre o participante (arquiteto) e o observador (arquiteto estagiário), na qual se pretendia simular a presença das restantes intervenientes do projeto de arquitetura (engenheiros, especialidades e donos de obra). O objetivo era o arquiteto poder navegar e explorar o edifício conduzindo a reunião. O uso das ferramentas de interação com o AV era feito pelo moderador (arquiteto estagiário), que seguia as indicações dadas pelo arquiteto.

Etapa3: Finalmente procedeu-se à etapa de pós-teste, consistindo esta na recolha, através de um questionário de satisfação e usabilidade, da opinião dos participantes acerca do trabalho apresentado.

5.2 MONTAGEM DA EXPERIÊNCIA: *HARDWARE, SOFTWARE* E CENÁRIO DO AVI

A tecnologia utilizada para este estudo é composta pela PocketCave e do sistema VIARModes/CaveH Spawner, permitindo assim uma a navegação em RVI.

Para a realização dos testes foram utilizados instrumentos de navegação (rato e teclado de computador e joystick de navegação), microfone para reconhecimento dos comandos de voz, bem como óculos polarizados 3D, para se conseguir uma visualização estereoscópica do AV.

Os modos de visualização contemplados para este estudo foram o **(i) Modo de *Layers*, (ii) Superfícies Sombreadas, (iii) e Modelo Realístico.** Este teste foca-se apenas na ferramenta de aplicação desenvolvida e das suas funcionalidades desvalorizando em certa medida, a navegabilidade no AV e respetivos dispositivos de entrada.

O cenário do AVI é composto pelo edifício de habitação unifamiliar, *Villa Savoye*, projetado em França em 1928 pelo arquiteto Le Corbusier. A modelação do objeto arquitetónico para este estudo, realizou-se seguindo os princípios associados ao processo de projeto, cumprindo assim os requisitos necessários à utilização desta tecnologia.

A modelação foi realizada no Autodesk Revit 2014, a partir de um conjunto de peças bidimensionais desenhadas, como esquiços e desenhos rigorosos, e ainda de algumas imagens relativas ao próprio edifício.

5.3 PARTICIPANTES

Este estudo incluiu uma amostra de 12 participantes, todos profissionais arquitetos com idades compreendidas entre 21 e 65 anos (media de 42 anos)., com experiencia em processo de projeto em arquitetura variando entre os valores de 1 e 30 anos (média de 20 anos de experiência). A maioria dos arquitetos (75%) são docentes do curso de arquitetura, e com valor igual, também donos de atelier de arquitetura. Os participantes revelaram que as suas relações com as tecnologias digitais eram em média boas, sendo que 9 dos 12 inquiridos (75%), utilizam modelos virtuais 3D ao longo do processo de projeto em arquitetura.

5.4 RESULTADOS

De seguida, são apresentados e analisados, nesta secção, os resultados obtidos no estudo realizado. O questionário focava três aspetos fundamentais para validar a eficácia do sistema proposto ao longo do processo de projeto em arquitetura:

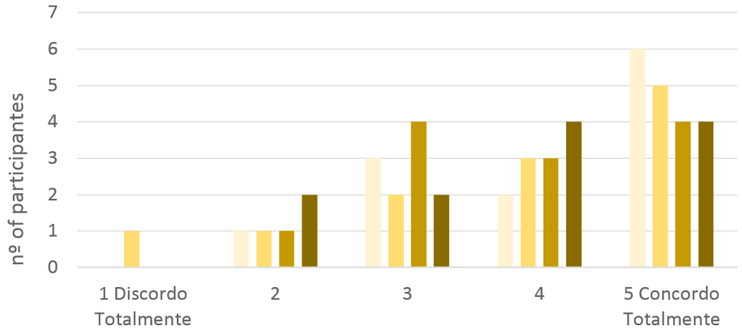
· Análise do sistema VIARModes, na representação e comunicação do projeto de arquitetura. [Tabela 6]

· Opinião dos arquitetos relativamente à integração desta tecnologia no processo de projeto em arquitetura. [Tabela 7]

· E ainda, identificar em que fases e tarefas do projeto de arquitetura se torna útil o uso dos diferentes modos de visualização e respetivas funcionalidades. [Tabela 8 e 9]

Nas questões apresentadas nas tabelas 6 e 7, os participantes pontuaram um total de 8 afirmações, numa escala de valores inteiro entre 1 e 5, correspondendo entre “discordo totalmente” e “concordo totalmente”, respetivamente. Nas tabelas 8 e 9 os participantes selecionavam dados cruzados entre as fases e tarefas próprias do processo de projeto em arquitetura e os modos de visualização do sistema VIARModes.

Tabela 6 – Análise do sistema VIARModes, relativamente à representação e comunicação do projeto de arquitetura.



A utilização da aplicação torna mais fácil a leitura do projeto ao longo do processo de conceção.

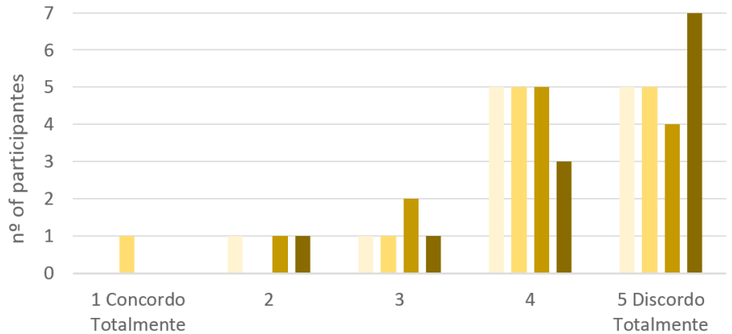
A utilização desta aplicação garante um maior controlo do projeto de arquitetura ao longo da procura de soluções de projeto.

Considero que a aplicação permite uma exploração dinâmica do projeto.

Deposito confiança na representação do projeto apresentada pela aplicação

Dos 12 participantes no estudo, e considerando os valores entre 3 e 5, 83% dos arquitetos consideram eficaz a representação atribuída ao projeto a partir da tecnologia apresentada. Na generalidade (92%) consideram que o sistema VIARModes facilita a leitura do projeto de arquitetura ao longo da sua conceção, garantindo assim, na opinião de 10/12 arquitetos, um maior controlo do projeto na procura de soluções mais adequada para o projeto de arquitetura. Apenas 1 inquirido (8%) discorda totalmente com a utilização do sistema no controlo e procura de soluções arquitetónicas para o projeto, considerando-se portanto que a utilização desta tecnologia pode ser uma grande mais-valia na exploração do projeto conseguindo-se soluções arquitetónicos mais adequadas e de forma mais eficaz.

Tabela 7: Recetividade e convicção relativamente á integração do sistema VIARModes na metodologia do processo de projeto em arquitetura.



A utilização da aplicação torna mais fácil a leitura do projeto ao longo do processo de conceção.

A utilização desta aplicação garante um maior controlo do projeto de arquitetura ao longo da procura de soluções de projeto.

Considero que a aplicação permite uma exploração dinâmica do projeto.

Deposito confiança na representação do projeto apresentada pela aplicação

A partir da tabela 7, verifica-se que 84% (também entre os valores de 4 e 5) dos inquiridos considera que a tecnologia apresentada pode ser integrada a metodologia de projeto, considerando-a (84%) bastante útil ao longo do desenvolvimento do projeto de arquitetura. Em igual percentagem, os arquitetos consideram que o sistema VIARModes pode ser um interlocutor entre os diversos intervenientes na conceção do projeto de arquitetura, facilitando assim a comunicação e integração das diferentes especialidades presentes ao longo das diferentes fases do projeto de arquitetura.

Assim, a maioria dos arquitetos (75%) afirmam estar disposto a utilizar esta tecnologia no desenvolvimento dos seus projetos de arquitetura, sendo possível classificar como muito positivo a aceitação e confiança dos arquitetos relativamente às ferramentas e funcionalidades facultadas pelo sistema de RV desenvolvido.

Tabela 8: Utilidade dos modos de visualização nas diferentes fases do projeto de arquitetura.

Sistema VIARmodes / Fases do projeto de arquitetura	Superfícies Sombreadas	Modo de Layers	Modelo Realístico
Fase 1 – Programa Base	9	1	4
Fase 2 – Estudo Prévio	12	6	6
Fase 3 – Projeto Base	9	10	9
Fase 4 – Projeto de Execução	3	9	6
Fase 5 – Assistência Técnica à Execução da Obra	1	9	4
Em nenhuma	0	0	1
Nº de respostas	34	35	30

Podemos também concluir, segundo a tabela 8, que o sistema VIARModes revela-se uma ferramenta bastante versátil para a maioria das fases de projeto. Os participantes consideram com valores idênticos, a importância de cada modo de visualização nas diferentes fases de projeto. Ainda assim, o modo de visualização Superfícies Sombreadas ganha maior relevância no Programa Base e no Estudo Prévio, neste ultimo com 100% de respostas. Já o modo de visualização Modo Layers destaca-se nas fases de projeto seguintes, entre o Projeto Base e a Assistência Técnica à Execução da Obra. No caso do Modelo Realístico, este modo de visualização ganha pertinência, segundo os inquiridos entre o Estudo Prévio e o Projeto de Execução. Assim a possibilidade de utilização dos diferentes modos de visualização na mesma fase de projeto, pode ser um fator decisivo na utilização do sistema ao longo do desenvolvimento do projeto, adequando-se assim a representação aos objetivos pretendidos.

Tabela 9: Utilidade dos modos de visualização para diferentes tarefas do projeto de arquitetura.

Sistema VIARmodes / Tarefas do projeto de arquitetura	Superfícies Sombreadas	Modo de Layers	Modelo Realístico
Processo de conceção do arquiteto	10	6	6
Trabalho entre a equipa de arquitetura	8	10	8
Trabalho / Reunião entre as várias especialidades	3	11	5
Reuniões com clientes	6	2	11
Trabalho de obra	0	8	5
Em nenhuma das anteriores	0	0	1
Nº de respostas	27	37	36

Após a validação da utilização dos modos de visualização nas diferentes fases de projeto, é necessário cruzar esses dados com algumas das tarefas essenciais para o desenvolvimento do projeto de arquitetura. Assim a tabela 9, identifica a pertinência da utilização de cada modo de visualização nas tarefas apresentadas. Por um lado a representação de Superfícies Sombreadas expõe-se como uma ferramenta para o processo de conceção entre o arquiteto e a sua equipa de trabalho. Por outro lado o Modo de Layers destaca-se na colaboração, comunicação e partilha do projeto entre os diversos intervenientes do mesmo, e ainda no trabalho de assistência técnica à execução da obra. Por fim, o Modelo realístico evidencia-se para a apresentação e comunicação das opções arquitetónicas, rem reuniões entre a equipa de arquitetura ou como os clientes/donos de obra, avaliando-se e adequando ao próprio projeto materiais e melhores soluções construtivas.

Como apreciação final, os inquiridos (68%) consideram o sistema inovador, fácil de utilizar e bastante útil para uma exploração dinâmica do projeto de arquitetura ao longo da sua conceção. Algumas das observações e sugestões, também reveladas neste capítulo, constituíram uma grande mais-valia para o desenvolvimento de trabalho futuro.

6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONTRIBUIÇÕES

O desenvolvimento do trabalho teórico apresentado, com incidência no estudo de avaliação de usabilidade e satisfação relativamente ao tema apresentado, mostra que a utilização do sistema VIARModes pode em grande medida contribuir para o desenvolvimento de projetos de arquitetura ao longo das diferentes fases de conceção. A integração desta tecnologia na metodologia de trabalho em arquitetura confere um maior entendimento e controlo do projeto, visto que a representação do mesmo no AVI é progressivamente assustado, perante determinada fase ou tarefa.

Apesar dos AVI ainda serem vistos como ferramentas de apresentação num estágio final do projeto, este sistema mostra a possibilidade de esta ser uma ferramenta de trabalho para analise, avaliação e conceção do projeto, ainda em fases precoces do seu desenvolvimento, auxiliando assim a tomada de opções arquitetónicas.

Relativamente às ferramentas e funcionalidades integrantes do sistema VIARModes, e de acordo com os testes apresentados no capítulo anterior, os participantes consideram que a apresentação, experimentação e confronto direto e interativo com os objetos arquitetónicos à escala real, e o diálogo entre os diversos intervenientes do projeto de arquitetura, garantem um contributo significativo no entendimento geral e parcial do trabalho desenvolvido e das opções arquitetónicas tomadas. Os arquitetos valorizam ainda a interação através de comandos de voz, principalmente no modo de visualização de *layers*, destacando-o pela vantagem de se poder desmontar o projeto em partes e especificar o cruzamento de determinadas camadas, conseguindo-se decisões mais concentradas e opções arquitetónicas mais eficazes na conceção do projeto e durante a própria construção.

Assim, o trabalho apresentado pretende fomentar uma reflexão sobre a representação em arquitetura. É notório que as constantes mudanças e avanços de tecnologias construtivas obrigam a métodos de representação mais eficazes e expeditos no desenvolvimento dos projetos em arquitetura comparativamente às metodologias mais tradicionais. Deste modo, acredita-se que o sistema VIARModes, desenvolvido no âmbito deste trabalho, pode responder de forma eficaz a alguns objetivos necessários ao trabalho dos profissionais da disciplina da arquitetura.

TRABALHO FUTURO

Apesar dos resultados amplamente positivos, foram sugeridas algumas melhorias, relativamente aos modos de visualização e respetivas funcionalidades. Assim, como trabalho futuro prevê-se em primeiro plano, a conclusão da integração do modo de visualização Volumes Opacos, proporcionando ao utilizador uma representação mais abstrata dos primeiros esboços volumétricos. Da mesma forma, tenciona-se integrar outros formatos de importação para o sistema desenvolvido, nomeadamente (*.fbx)* e *(.ifc)*, permitindo assim, por um lado uma maior relação entre os *software* de modelação 3D e o lançamento do modelo no AVI e, por outro, obter meta-dados sobre as geometrias que compõe o modelo, como no caso nos projetos BIM.

Relativamente às funcionalidades, pretende-se aperfeiçoar o controlo de iluminação, sombreamento e texturização, melhorando a usabilidade e satisfação na utilização desta tecnologia. Pretende-se ainda explorar a colocação, em determinado ponto e situação do cenário apresentado, de elementos gráficos complementares, como plantas/cortes/alçados, realçando e facilitando a leitura de determinadas características do projeto. Foi ainda sugerido pelos participantes do estudo apresentado a implementação de edição direta do ambiente virtual, não sendo, para já, prioridade.

Sobre os comandos de voz e funcionalidades associadas ao modo de *layers,* pretende-se desenvolver um interface de fácil utilização para o utilizador, podendo este através da introdução dos dados numa tabela: (i) controlar o número de *layers* associadas ao projeto; (ii) definir os nomes de cada *layer* ou *sub-layer* e respetivo código a indicar nas geometrias; (iii) associar, dentro de uma paleta de cores RGB, as cores de realce para cada layer; (iv) e por fim, poder redigir os comandos de voz, reconhecidos pelo sistema, seja para a alternância entre os modos de visualização, como para as respetivas *layers* que compõe o projeto de arquitetura.

A expectativa é que no futuro tenhamos uma tecnologia mais polivalente, conseguindo-se assim resultados ainda mais satisfatórios.

DISSEMINAÇÃO

Com o desenvolvimento deste trabalho, pretendia-se discutir e divulgar o sistema VIARModes com especialistas, não só arquitetos, com também investigadores das áreas especializadas em realidade virtual e particularmente em AVI. Desde modo, foram realizadas inúmeras demonstrações do sistema ao longo do seu desenvolvimento discutidas as mais-valias e fraquezas do sistema.

Da mesma forma, foi elaborado um artigo científico com o título "*Visualization and interaction in Immersive Virtual Reality: VIARModes for architectural design process*", submetido no âmbito da - 10ª *International Conference on Computer Graphics Theory and Applications* (VISIGRAPP), a realizar em Berlim, Alemanha, entre 11 e 14 de Março de 2015. Devido às datas de aceitação/publicação dos artigos científicos para esta conferência, serem posteriores à apresentação deste trabalho teórico, apenas é apresentado os autores e resumo do artigo científico referido.

ARTIGO CIENTÍFICO

VIARMODES: VISUALIZATION AND INTERACTION IN IMMERSIVE VIRTUAL REALITY for architectural design process

Luís Coroado1, Tiago Pedro2 Jorge d'Alpuim2 Sara Eloy2 Miguel Sales Dias2,3
1 ISCTE-IUL, Lisbon, Portugal
2 ISCTE-IUL, ISTAR-IUL, Lisbon, Portugal
3 Microsoft Language Development Center, Lisbon, Portugal
{lmfco, tmspo, jorge_alpuim, sara.eloy}@iscte.pt, miguel.dias@microsoft.pt

Keywords: Design phases, Virtual Reality, Visualization, Interaction, Virtual Environments, VIARmodes system.

Abstract: The technological advances and the representation tools in architecture have influenced throughout the time the design process. Its complexity makes it necessary to integrate digital tools for representation, visualization and evaluation of design solutions. In order to support the stages of the architectural design process, this paper proposes the use of a novel Virtual Reality (VR) tool. With a set of different visualization modes and natural human-computer interaction, the system developed and described in this paper allows a designer to visualize and interact with the proposed architectural design in a Virtual Environment in a real scale, during a collaborative design brief with other project specialities, such as structural engineering, interior design or others, using natural means of communication such as speech. The tool aims at enabling a quick representation of the design at all the stages of its development, gradually adapting the representation to the information needed at each stage, aiming especially at improving the communication across different specialities and aid the project decision processes. We conducted a satisfaction and usability evaluation with 12 expert subjects. 84% of participants considered our technology as a valuable and helpful tool to integrate in the design methodology that can improving the communication between of the different specialities present throughout the multidisciplinary project phases.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS
LISTA DE ACRÓNIMOS
ÍNDICE DE IMAGENS
ÍNDICE DE TABELAS
ANEXOS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CENTRO CIÊNCIA VIVA DO LOUSA, 2014. A gruta virtual. [Online]
Available at: http://www.lousal.cienciaviva.pt/exposicoes/grutavirtual/
[Acedido em 19 Maio 2014].

ACHTEN, H., JESSURUN, J. & VRIES, B., 2004. A Low-Cost Versatile Virtual Reality Design and Research Setup Between Desktop and CAVE. Eindhoven, Holanda, Technische Universiteit Eindhoven, The Netherlands.

ALANG, N., 2010. Microsoft Kinect vs. Playstation Move: Which Will Prevail?. [Online]
Available at: http://www.techi.com/2010/06/microsoft-kinect-vs-playstation-move-which-will-prevail/
[Acedido em 17 Maio 2014].

ALVAREZ, F., 2014. 5 curiosos gadgets antiguos de realidad virtual. [Online]
Available at: http://gizmologia.com/2014/03/gadgets-antiguos-realidad-virtual
[Acedido em 26 Abril 2014].

ASSOCIATES, R. M. &., 2012. Rhinoceros. [Online]
Available at: http://www.rhino3d.com/new/display
[Acedido em 29 Janeiro 2014].

AUTODESK, 2013. 3ds MAX. [Online]
Available at: http://docs.autodesk.com/3DSMAX/15/ENU/3ds-Max-Help/index.html?url=files/GUID-630F16EE-07EC-4301-9EC2-C938F8BBB510.htm,topicNumber=d30e591355
[Acedido em 29 Janeiro 2014].

AUTODESK, 2014a. Autodesk Autocad. [Online]
Available at: http://www.autodesk.pt/products/autodesk-autocad/features/all/gallery-view
[Acedido em 29 Janeiro 2014].

AUTODESK, 2014b. Autodesk REVIT 2014. [Online]
Available at: http://help.autodesk.com/view/RVT/2014/PTB/
[Acedido em 29 Janeiro 2014].

AUTODESK, 2014c. Autodesk Fbx. [Online]
Available at: http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/item?siteID=123112&id=22694909
[Acedido em 29 Janeiro 2014].

BASTOS, P. & DIAS, M. S., 2008. Experiência de Realidade Virtual Inersiva no Ambiente CaveHollowspace do Lousal. Lisboa: Microsoft Language Development Center/ISCTE-IUL.

BIOCCA, F. & LEVY, M. R., 1995. Communication in the Age of Virtual Reality. New York: Routledge.

BISCAYA, S. V., 2012. Coordenation and Manegement of Information for Construction Design Projets- A Framework for Portugal, Salford, Reino Unido: University of Salford.

BRAGA, M., 2001. Realidade Virtual e Educação. Revista de Biologia e Ciências da Terra, Volume 1.

CAIXETA, L. M. & SILVA, N. F., 2009. O processo de aprendizagem e o atual uso das ferramentas digitais pelos arquitetos. São Paulo, Brasil, SIGRADI.

CARREIRO, M. B. & PINTO, P. L., 2013. The evolution of representation in architecture. Porto, Portugal: Proceedings of Future Traditions Conference.

CIABAI, C., 2009. The Joystick Gets New Shape for the Future. [Online]
Available at: http://www.unigamesity.com/the-joystick-gets-new-shape-for-the-future/#!prettyPhoto
[Acedido em 17 Maio 2014].

COLLEGE STATION, 2011. Texas A&M University Opens BIM CAVE. [Online]
Available at: http://www.tradelineinc.com/news/2011-10/texas-am-university-opens-bim-cave
[Acedido em 18 Maio 2014].

COSTA, L., 1995. Considerações sobre arte contemporânea-1940. Em: J. Costa, ed. Registro de uma vivência. São Paulo, Brasil: Empresa de Artes.

COSTA, V., PEREIRA, J. M. & DIAS, J. M., 2007. Tecnologias CAVE-HOLLOWSPACE para a Mina do Lousal. 15º ed. Lisboa, Portugal: Encontro Português de Computação Gráfica.

CRUZ-NEIRA, C., SANDIN, D. & DEFANTI, T., 1993. Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE. Chicago: University Of Illinois.

CUDIA, P. & BROGLIO, J., 2012. Creating Business and Research Opportunities through Improved Data Performance. [Online]
Available at: http://www.dri.edu/news/4219-made-in-ibm-labs-desert-research-institute-utilizing-ibm-big-data-analytics-to-assist-nevadas-growth-strategy
[Acedido em 20 Abril 2014].

CYBERGLOVES, 2014. CyberGloves Systems. [Online]
Available at: http://www.cyberglovesystems.com/products
[Acedido em 17 Maio 2014].

ELOY, S., DIAS, M. S. & ALPUIM, J., 2012. Encontros Escola de Tecnologias e Arquitetura_"Ciência, Tecnologia e Arte". Lisboa: ISCTE-IUL/ADETTI-IUL.

ELRICH, D., 2011. Active vs. passive 3D TV technology: What's the difference?. [Online]
Available at: http://www.digitaltrends.com/home-theater/active-vs-passive-3d-tv-technology-whats-the-difference/#!btZbRg
[Acedido em 17 Maio 2014].

EUSÉBIO, A., 2012. Breve História da Realidade Virtual - Imagens. [Online]
Available at: http://tudosobrerv.blogspot.pt/
[Acedido em 26 Abril 2014].

FAWCETT, P., 2003. Architecture: Design Notebook. 2ª ed. Oxford: Architectural Press.

FINLEY, K., 2013. iPhone's Great Granddaddy Celebrates 50th Birthday. [Online]
Available at: http://www.wired.com/2013/01/grandaddy-gui/?viewall=true,%20consultado%20em%20julho%20de%202014#slideid-560587
[Acedido em 9 Abril 2014].

FREITAS, M. R. & RUSCHEL, R. C., 2010. Aplicação de realidade virtual e aumentada em arquitetura, Brasil: Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

GOLDSCHMIDT, G. & PORTER, W., 1999. Design Representatio. Cambridge: Springer.

GUGGENHEIM BILBAO, 2014. Guggenheim Bilbao. [Online]
Available at: http://www.guggenheim-bilbao.es/en/the-building/outside-the-museum/
[Acedido em 25 Abril 2014].

HEIDRICH, F. & PEREIRA, A., 2004. O uso do ciberespaço na visualização da forma arquitetónica de espaços internos em fase de projeto. Porto Alegre, Brasil: SIGRADI.

HUMPHRIES, M., 2014. John Carmack is developing games for the OCULUS RIFT. [Online]
Available at: http://www.geek.com/games/john-carmack-is-developing-games-for-the-oculus-rift-1581611/
[Acedido em 23 Julho 2014].

Igor Fracalossi. "Igreja de Iesu / Rafael Moneo" 15 May 2013. ArchDaily Brasil. Acedido 25 Out 2014. http://www.archdaily.com.br/25030/igreja-de-iesu-rafael-moneo

IMAX CORPORATION, 2014. Experience 3D. [Online]
Available at: https://www.imax.com/about/experience/3d/
[Acedido em 10 Maio 2014].

INITION, 2014. 3D Print and Augmented Reality to showcase Drees & Sommer BIM. [Online]
Available at: http://www.inition.co.uk/case_study/drees-sommer-building-information-modelling/
[Acedido em 11 Maio 2014].

JAKOBS, M., 2014. Virtual Reality. [Online]
Available at: https://www.itc.rwth-aachen.de/cms/IT-Center/Forschung-Projekte/~eubl/Virtuelle-Realitaet/lidx/1/
[Acedido em 18 Julho 2014].

JALKANEN, J., 2000. Building A Spatially Immersive Display: HUTCAVE. Helsínquia: Tese de Licenciatura, Helsinki University of Technology.

JARIS, R. B., 2005. Walkthrought application of faculty of information and communication technology's building in the main campus and planner for the facilities inside the building. Kebangsaan, Malásia: Obtenção de Bacharlato em Ciencias de Computador, Kolej University Teknikal.

JESSURUN, J., s.d. First Experiment with Desk Cave. [Online]
Available at: http://www.ds.arch.tue.nl/joran/Default.menu?menu=cave
[Acedido em 22 Maio 2014].

KANG, J., GANAPATHI, A. & NSEIR, H., 2012. Computer aided immersive virtual environment for BIM. 14ª ed. Moscovo, Rússia: International Conference on Computing in Civil Building Engeneering.

KIM, M. J. et al., 2013. Virtual Reality for the built environment: a critical review of recent advances. [Online]
Available at: http://www.itcon.org/2013/14
[Acedido em 21 Dezembro 2013].

KOWALTOWSKI, D. C. et al., 2006. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. Porto Alegre, Brasil, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

KOWALTOWSKI, D. C., CELANI, M. G., MOREIRA, D. & PINA, S., 2006. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetónico. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

KUHLEN, T. & BISCHOF, C., 2010. Virtual Reality Center Aachen - Progress Report. 4ª ed. Aachen, Alemanha: Virtual Reality Center Aachen.
LENTZ, U. & LYKKE-OLSEN, A., 2004. Quality Control in Visualization Processes. 22º ed. Copenhaga, Dinamarca: eCAADe Conference Proceedings.

MATEUS, J. V., 2011. Do Virtual ao Real- Aulas Abertas. [Online]
Available at: https://iconline.ipleiria.pt/handle/10400.8/402
[Acedido em 20 Dezembro 2013].

MAZURYK, T. & GERVAUTZ, M., 1996. Virtual Reality: History, Applications, Technology and Future. Viena, Áustria : Institute of Computer Graphics and Algorithms, Vienna University of Technology.

MERRITT, F. & RICKETTS, J., 2000. Building Design and Construction Handbook. 6ª ed. Nova Iorque, EUA: McGraw-Hill.

MONTEIRO, C. B., 2011. Realidade Virtual na paralisia cerebral. São Paulo, Brasil: Editora Plêiade.

Monteiro, J. M. (2013). Arquitetura Religiosa Contemporânea em Portugal - Três Igrejas do Início do Séc. XXI. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra.

MOURAL, A., ELOY, S., DIAS, M. S. & PEDRO, T., 2013. How space experimentation can inform design immersive virtual reality as a design tool. Valparaíso, Chile, Sigradi2013.

MOURAL, A. M., 2013. A realidade virtual imersiva no processo de projeto: a modelação do espaço tridimensional e a criação do ambiente imersivo. Lisboa: Dissertação de Mestrado, ISCTE-IUL - Instituto Universitário de Lisboa.

NARDELLI, E. S., 2007. Arquitetura e projeto na era digital. ArquiteturaRevista, Volume III, pp. 28-36.

NETTO, A. V., MACHADO, L. & OLIVEIRA, M. C., 2002. Realidade Virtual - Definições, Dispositivos e Aplicações, São Carlos, Brasil: Universidade de São Paulo - USP.

OHNO, N. & KAGEYAMA, A., 2007. Introduction to Virtual Reality Visualization by the CAVE system. Japan: Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology.

Ordem dos Arquitetos, 2007. Trabalhar com um Arquiteto. [Online]
Available at: http://www.oasrn.org/upload/trabalharcarquitecto/trabalhar/pdf/Trabalhar_c_arquitecto2012_F.pdf
[Acedido em 14 Janeiro 2014].

PAIO, A. & SILVA, B., 2013. Processos Digitais: Computorização e computação. [Online]
Available at: http://www.revarqa.com/content/1/1231/processos-digitais/
[Acedido em 28 Dezembro 2013].

Portaria n.º 701-H/2008, 2008. Instruções para a elaboração de projectos de obras. Diário da República, 1.ª série — N.º 145 — 29 de Julho de 2008: MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS,-TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES.

Richter, K. (1998). Espaços de igrejas e imagens de Igreja - O significado do espaço litúrgico para uma comunidade viva. Coimbra: Gráfica de Coimbra 2.

ROLLFING, P., 2011. CoSci unveils new BIM CAVE immersive visualization facility. [Online]
Available at: http://one.arch.tamu.edu/news/2011/10/6/cosci-unveils-new-bim-cave-immersive-visualization-facility/
[Acedido em 19 Maio 2014].

SANGARI, A., MIRKIA, H. & ASSADI, A. H., 2012. Perception of Motion and Architectural Form: Computational Relationship between Optical Flow and Perspective. USA: University of Wisconsin.

SCHNABEL, M. & KVAN, T., 2003. Spatial Understanding in Immersive Virtual Environments. s.l.:International Journal of Architectural Computing.
SCHUBERT, G. et al., 2012. 3d virtuality sketching:interactive 3d sketching based on real models in a virtual scene. München: ACADIA.

SILVA, H. S., & SANTOS, A. (2011). Arquitectos Portugueses - Álvaro Siza Vieira. Vila do Conde, Portugal: Quidnovi.

SIMULATION, A., 2014. VIRTUAL REALITY SOLUTIONS. [Online]
Available at: http://www.antycipsimulation.com/solutions/virtual-reality-solutions
[Acedido em 17 Maio 2014].

SOARES, L. et al., 2010. Designing a Highly Immersive Interactive Environment: the virtual mine. Lisboa, Portugal, Aptara.

TABAK, V. & VRIES, B., 2003. Interactive Urban Design using integrated planning requirements control. Eindhoven, Holanda, Eindhoven University of Technology, The Netherlands.

TAKATORI, M., 2010. Etapas e Fases do Projeto de Arquitetura. [Online]
Available at: http://minorutakatori.com.br/univap/
[Acedido em 8 Janeiro 2014].

THOMPSON, R., 2013. Ford streamlines design process with latest 3D technologies. [Online]
Available at: http://www.cardesignnews.com/site/home/display/store4/item279584/
[Acedido em 11 Maio 2014].

Trigueiros, C. (2010). Lux Aeterna. Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo , 10.

TRINDADE, J., 2000. A Realidade Virtual no Ensino e na Aprendizagem. [Online]
Available at: http://nautilus.fis.uc.pt/softc/Read_c/RV/Ensino/artigo.htm
[Acedido em 4 Novembro 2013].

YANG, K. M., 2005. A BODILY USER INTERFACE FOR VR-CAVE. Nova Déli, Índia, CAADRIA, Architexturez Imprints.

ZEVI, B., 2002. Saber ver a Arquitetura. 5ª ed. São Paulo, Brasil: Martins Fontes.

LISTA DE ACRÓNIMOS

3D – a 3 Dimensões;
AV – Ambiente Virtual;
AVI – Ambiente Virtual Imersivo;
BIM CAVE - Building Information Modeling Computer-Aided Virtual Environment;
CAVE – CAVE Automatic Virtual Environment;
HD – Alta Definição;
HMD – Head-Mounted Display;
OSG - OpenSceneGraph
PFA – Projeto Final de Arquitetura;
RV – Realidade Virtual;
RVI – Realidade Virtual Imersiva;
VIARMODES – VIsualization for ARchitecture Modes;
ViSTA- Virtual Reality for Scientific Technical Applications.

ÍNDICE DE IMAGENS

Figura 1 - Ivan Sutherland a utilizar o Sketchpad, 1962. (CARREIRO & PINTO, 2013, p. 29)
Figura 2 - Pormenor da utilização do Sketchpad. (FINLEY, 2013)
Figura 3 - Museu Guggenheim, Frank Gehry. (NARDELLI, 2007, p. 31)
Figura 4 – Estação de Waterloo, fachada exterior Este. (Agosto 2014)
Figura 5 - Experimentação da máquina Sensorama, de Morton Heilig, 1965. (EUSÉBIO, 2012)
Figura 6 - Experimentação da tecnologia HMD, desenvolvida pela empresa PHILCO (ALVAREZ, 2014)
Figura 7 – Ilustração da visualização em cinema IMAX 3D, filme "GRAVITY". (IMAX CORPORATION, 2014)
Figura 8 – Tecnologia CAVE da Marca FORD, para a conceção e avaliação da construção dos veículos. (THOMPSON, 2013)
Figura 9 – Tecnologia de Realidade Aumentada com sistema BIM integrado, através do reconhecimento de uma maqueta. (INITION, 2014)
Figura 10 - Tecnologia CAVE do Desert Research Institute. Interação com o AV com o objetivo de analisar e avaliar o projeto ainda em fase de conceção, através de um modo de visualização realístico. (CUDIA & BROGLIO, 2012)
Figura 11 - a)Tecnologia CAVE - 4 planos de projeção; b) HMD -OCULUS RIFT digital IDE. (CARREIRO & PINTO, 2013, p. 30)
Figura 12 – Esquema simplificado do funcionamento das tecnologias de RVI.
Figura 13 – Utilização da tecnologia HMD num videojogo. A interação com o ambiente é, neste caso, um joystick para jogos de computador. A representação da imagem do dispositivo HMD no ecrã do computador serve para observadores exteriores, perceberem qual o envolvimento do utilizador no AV. Os HMD representados pertencem à marca OCULUS RIFT. (HUMPHRIES, 2014)
Figura 14 – Esquema dos componentes principais da tecnologia CAVE. Adaptado de (NETTO, et al., 2002, p. 10)
Figura 15 – Tecnologia CAVE da empresa ANTYCIP SIMULATION. Simulação de um ambiente para um jogo virtual. (SIMULATION, 2014)
Figura 16 – Óculos Polarizados 3D, marca SONY. (Elrich, 2011)
Figura 17 – Joystick de navegação, especialmente para simuladores de voo. (CIABAI, 2009)
Figura 18 – DataGloves, com reconhecimento de movimentos e sensibilidade tátil, marca CYBERGLOVES. (CYBERGLOVES, 2014)
Figura 19 – Kinect com consola Xbox 360. Podem ser integrados pequenos joystick para maior interação. (ALANG, 2010)
Figura 20 – Tecnologia BIM CAVE. Apresentação de um projeto de arquitetura. (ROLLFING, 2011)
Figura 21 – Tecnologia BIM CAVE. Apresentação do sistema de infraestruturas. (KANG, et al., 2012)
Figura 22 – Composição Física da estrutura DeskCAVE. (ACHTEN, et al., 2004, p. 144)
Figura 23 – Processo de conceção de um edifício na DeskCAVE, com teclado, rato e Mimio. (ACHTEN, et al., 2004, p. 145)
Figura 24 – Apresentação e avaliação de um AV na DeskCAVE. (JESSURUN, s.d.)
Figura 25 - Composição Física da estrutura aixCAVE. (JAKOBS, 2014)
Figura 26 – Navegação na aixCAVE através do Navisworks. (JAKOBS, 2014)
Figura 27 - Apresentação e avaliação de um modelo virtual,. (KUHLEN & BISCHOF, 2010, p. 159)
Figura 28 - Apresentação e avaliação de um modelo virtual. (KUHLEN & BISCHOF, 2010, p. 160)
Figura 29 – Instalações do Centro de Ciência Viva do Lousal. (CENTRO CIÊNCIA VIVA DO LOUSA, 2014)

Figura 30 – Experimentação da CAVE –Hollowspace, Visita virtual às minas do Lousal. (SOARES, et al., 2010, p. 2)
Figura 31 – Conjunto de projetores e respetivo espelho para projeção numa das faces verticais da Cave-Hollowspace. Crédito Fotográfico- Ana Moural, Agosto 2013
Figura 32 – Estrutura Física interior, mostrando o sistema de projeção com espelhos, no pavimento. Crédito Fotográfico- Ana Moural, Agosto 2013
Figura 33 – Tela de Projeção Pocket CAVE (Agosto 2014)
Figura 34 - Projector DepthQ HD3D (Agosto 2014)
Figura 35 - Óculos Polarizado 3D N-Vidia (Agosto 2014)
Figura 36 - Dispositivos de Entrada - Teclado e Rato e Joystick (Agosto 2014)
Figura 37 – Janela de interface do CAVEH Spawner, através do qual se faz o lançamento do modelo no AVI.
Figura 38 - Esquema da possibilidade de troca e partilha de informação entre os diversos intervenientes no processo de projeto, através da utilização de ferramentas de modelação e visualização 3D, BIM. Adaptado de (BISCAYA, 2012, p. 57)
Figura 39 - Representação do Modo de Visualização Volumes Opacos
Figura 40- Dispositivos de entrada utilizados para navegação - Joystick à esquerda, e teclado e rato ao centro e microfone à direita).
Figura 41 - Navegação no AV, utilizando a funcionalidade de Layers. (Setembro 2014)
Figura 42 - Navegação no AV, utilizando a funcionalidade de Layers. (Setembro 2014)
Figura 43 - Navegação no AV, utilizando o modo de visualização de Superfícies Sombreadas. (Setembro 2014)
Figura 44 - Navegação no AV, utilizando o modo de visualização Modelo Realístico. (Setembro 2014)
Figura 45 - Esquema do processo de trabalho desde a modelação 3D até ao AVI
Figura 46 - Integração da modelação feita para as infraestruturas em Revit MEP (Mecanica, Electricidade e Águas), a partir de link para o projeto de arquitetura modelado no mesmo Software em modo de Arquitetura.
Figura 47 - Escolha das unidades de projeto em metros no software Revit.
Figura 48 - Escolha das unidades de projeto em metros no software 3dStudio MAX
Figura 49 - Composição das diferentes layers do projeto em grupos. Utilização do software 3dStudio Max.
Figura 50 – Verificação das materialidades das geometrias constituintes da layer Pavimentos e Tetos.
Figura 51 - Utilização do “Link Revit” para importar o modelo no 3ds Max.
Figura 52 - Importação do modelo no Blender 2.60.
Figura 53 – Verificação e configuração dos nomes dos materiais e cor associada na layer de paredes.
Figura 54 - Colocação de Pontos de Luz no modelo 3D e configurações associadas.
Figura 55 - Configuração das entidades das Geometrias
Figura 56 - Erros comuns na visualização do AVI devido à má aplicação de texturas
Figura 57 – Exportação do Modelo para o Interface da CAVE.
Figura 58 – Interface de relação com o AVI
Figura 59 - Divisão do ambiente de trabalho. Captura de ecrã no Blender.
Figura 60 – Adicionar uma Path. Captura de ecrã no Blender.
Figura 61 – Desenhar o percurso da Path. Captura de ecrã no Blender.
Figura 62 - Adicionar Câmara . Captura de ecrã no Blender.
Figura 63 - Opções de seleção sobre a localização e rotação da câmara. Captura de ecrã no Blender.
Figura 64 - Colocação da Câmara agarrada ao percurso da Path. Captura de ecrã no Blender.
Figura 65 - Vista de câmara no quadrante superior direito. Captura de ecrã no Blender.
Figura 66 - Seleção das dimensões temporais da animação de câmara. Captura de ecrã no Blender.
Figura 67 – Configuração da quatidade de frames disponiveis para a animação de câmara. Captura de ecrã no Blender.
Figura 68 - Painel de trabalho Dope Sheet, no quadrante inferior esq. Captura de ecrã no Blender.
Figura 69 – Atribuição de Keyframes à câmara (2). Captura de ecrã no Blender.
Figura 70 - Menu do lado direito com as configurações para despoletar a animação do ambiente virtual. Captura de ecrã no Blender.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação dos software de modelação 3D
Tabela 2 - Comparação dos modos de visualização entre vários software de modelação 3D
Tabela 3 – Questão 10 do Questionário I – Processo de Projeto em Arquitetura. Anexo
Tabela 4 – Apresentação das Layers e dos nomes a indicar nos materiais das geometrias, aquando a modelação 3D.
Tabela 5 - Formatos de importação e exportação entre os diversos software utilizados
Tabela 6 – Análise do sistema VIARModes, relativamente à representação e comunicação do projeto de arquitetura.
Tabela 7: Recetividade e convicção relativamente á integração do sistema VIARModes na metodologia do processo de projeto em arquitetura.
Tabela 8: Utilidade dos modos de visualização nas diferentes fases do projeto de arquitetura
Tabela 9: Utilidade dos modos de visualização para diferentes tarefas do projeto de arquitetura

267

ANEXOS

ANEXO I

Calendarização

Tarefas	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	AgO	Set
1. Levantamento bibliográfico	X	X	X	X	X							
2. Definição de Objetivos e Metodologia			X									
3. Estado da Arte: a) Tecnologias Digitais de Visualização b) RVI c) Identificação das diferentes fases do projeto de arquitetura e dos elementos gráficos e ferramentas usados			X	X								
4. Experimentação da *CaveH Spawner* na ADETTI-IUL: a) *Hardware, Software* b) Transição entre *Software* c) Análise das limitações impostas pela RVI			X	X								
5. Caracterização, experimentação e consolidação dos diferentes modos de visualização em RVI: a) Volumes Opacos b) Superfícies semitransparentes (*Wire-frame*/Raio-X) c) Superfícies sombreadas d) Modelo realístico					X	X	X	X				
6. Interação com o AV: a) Alternar entre os diferentes modos de visualização em AV						X	X	X				
7. Modelo 3D para RVI: a) Preparação do modelo 3D para experimentação b) Elaboração de Inquéritos							X	X				
8. Testes e Inquéritos (RVI): a) Realização dos Testes e Inquéritos										X		X
9. Análise dos resultados e avaliação dos diferentes modos de visualização em diferentes fases do projeto.												X
10. Definição e desenvolvimento da proposta da vertente prática de PFA em RVI						X	X	X	X	X	X	X
11. Conclusões e trabalho futuro												X
12. Escrita da dissertação				X	X	X	X	X	X	X	X	X
13.Escrita do Paper GRAPP												X

ANEXO II

Questionário I
Processo de Projeto em Arquitetura

Seguidamente é apresentado o questionário relativo ao processo de projeto em arquitetura. A elaboração do mesmo pretendia fundamentar o desenvolvimento da ferramenta de aplicação para RVI, apresentada nesta investigação, através da perceção das ferramentas e elementos gráficos necessários à representação do projeto nas

a relação dos arquitetos, com experiencia em processo de projeto, com as tecnologias digitais de modelação e visualização 3D.

Para a realização do questionário foi usada uma plataforma *online* (Qualtrics), facilitando o processo de resposta aos inquiridos. O questionário foi aplicado a uma amostra aleatória e voluntária de profissionais arquitetos, com experiência em processo de projeto em arquitetura, entre o dia 12 e 28 de Fevereiro de 2014. Foram obtidas cerca de 85 respostas individuais, sendo filtradas apenas as que cumpriam o registo completo das questões obrigatórias e ainda os parâmetros de idade e experiencia em processo de projeto, perfazendo um total de 54 respostas, que são apresentadas em tabela, no final deste anexo.

QUESTIONÁRIO

Processo de Projeto em Arquitetura

Este Questionário é elaborado no âmbito de um Trabalho de Projeto do Mestrado Integrado em Arquitetura no ISCTE-IUL, 2013/2014. O objetivo é conhecer as ferramentas e representações utilizadas ao longo do processo de projeto, destinando-se portanto apenas a arquitetos que estejam familiarizados com a prática de projeto de arquitetura.

O questionário deve ser respondido de forma individual e anónima. O tempo de realização é de aproximadamente 5 min. Agradecemos desde já a sua colaboração.

Com a realização deste questionário pretende-se extrair quais as ferramentas e os elementos gráficos utilizados, bem como o grau de informação e detalhe, nas diversas fases do projeto de arquitetura. Pretende-se ainda perceber em que medida são utilizadas as tecnologias digitais, e qual a sua influência no desenvolvimento do projeto arquitetónico. Assim, apresenta-se uma breve descrição das fases de projeto, enquadrando o inquirido nas designações utilizadas ao longo do questionário.

O Projeto de Arquitetura desenvolve-se, regra geral, ao longo de 5 fases:
Fase 1 - Programa Base
Fase 2 - Estudo Prévio
Fase 3 - Projeto Base
Fase 4 - Projeto de Execução
Fase 5 - Assistência Técnica à Execução da Obra

Questões:

1. Idade

- ○ <20
- ○ 21-35
- ○ 36-50
- ○ 51-65
- ○ >65

2. Anos de experiência profissional

- ○ 0-10
- ○ 11-20
- ○ 21-30
- ○ >30

3. Relativamente à FASE 1 – Programa Base:
Resposta do arquiteto ao programa preliminar lançado pelo cliente. O cliente e o arquiteto discutem o objeto daquilo que vai ser projetado. Discutem-se ainda prazos e demais condicionalismos do projeto, bem como honorários.

3.1 Quais os elementos que usualmente elabora:

- ☐ Texto
- ☐ Orçamento(s)
- ☐ Desenhos esquiços
- ☐ Desenhos rigorosos
- ☐ Fotomontagens
- ☐ Modelos virtuais 3D
- ☐ Maqueta(s)
- ☐ Outro(s)

3.2 Qual o grau de detalhe/informação dado ao projeto:

- ☐ Volumes / Domínio da forma
- ☐ Áreas Brutas
- ☐ Áreas Úteis
- ☐ Sistemas construtivos e materiais
- ☐ Desenhos de Implantação
- ☐ Desenhos gerais de conjunto
- ☐ Desenhos parciais
- ☐ Desenhos de pormenor
- ☐ Outro(s)

4. Relativamente à FASE 2 – Estudo Prévio:
O arquiteto desenvolve o conceito preliminar do projeto. Inicia-se o desenvolvimento dos projetos de especialidades, sob a coordenação do arquiteto.

4.1 Quais os elementos que usualmente elabora:

- [ ] Texto
- [ ] Orçamento(s)
- [ ] Desenhos esquiços
- [ ] Desenhos rigorosos
- [ ] Fotomontagens
- [ ] Modelos virtuais 3D
- [ ] Maqueta(s)
- [ ] Outro(s)

4.2 Qual o grau de detalhe/informação dado ao projeto:

- [ ] Volumes / Domínio da forma
- [ ] Áreas Brutas
- [ ] Áreas Úteis
- [ ] Sistemas construtivos e materiais
- [ ] Desenhos de Implantação
- [ ] Desenhos gerais de conjunto
- [ ] Desenhos parciais
- [ ] Desenhos de pormenor
- [ ] Outro(s)

5. Relativamente à FASE 3 – Projeto base:
O arquiteto desenvolve o projeto, integrando os projetos de especialidades, conforme o estabelecido anteriormente, preparando o processo de aprovação pelas várias entidades envolvidas no licenciamento do mesmo.

5.1 Quais os elementos que usualmente elabora:

- [ ] Texto
- [ ] Orçamento(s)
- [ ] Desenhos esquiços
- [ ] Desenhos rigorosos
- [ ] Fotomontagens
- [ ] Modelos virtuais 3D
- [ ] Maqueta(s)
- [ ] Outro(s)

5.2 Qual o grau de detalhe/informação dado ao projeto:

- [ ] Volumes / Domínio da forma
- [ ] Áreas Brutas
- [ ] Áreas Úteis
- [ ] Sistemas construtivos e materiais
- [ ] Desenhos de Implantação
- [ ] Desenhos gerais de conjunto
- [ ] Desenhos parciais
- [ ] Desenhos de pormenor
- [ ] Outro(s)

6. Relativamente à FASE 4 – Projeto de Execução:
Nesta fase, objetiva-se apresentar o projeto para construção através da representação detalhada e rigorosa da volumetria e de todos os elementos do projeto. O caderno de encargos e o mapeamento de informação constam também desta fase.

6.1 Quais os elementos que usualmente elabora:

- [ ] Texto
- [ ] Orçamento(s)
- [ ] Desenhos esquiços
- [ ] Desenhos rigorosos
- [ ] Fotomontagens
- [ ] Modelos virtuais 3D
- [ ] Maqueta(s)
- [ ] Outro(s)

6.2 Qual o grau de detalhe/informação dado ao projeto:

- [ ] Volumes / Domínio da forma
- [ ] Áreas Brutas
- [ ] Áreas Úteis
- [ ] Sistemas construtivos e materiais
- [ ] Desenhos de Implantação
- [ ] Desenhos gerais de conjunto
- [ ] Desenhos parciais
- [ ] Desenhos de pormenor
- [ ] Outro(s)

7. Costuma realizar modelos virtuais 3D no processo de projeto?

- ( ) Sim
- ( ) Não

8. Considera que a utilização de modelos virtuais 3D pode ser útil no processo de projeto?
Escolha dentro da escala apresentada tendo em conta que 1 = Nada útil e 5 = Muito útil

1	2	3	4	5
( )	( )	( )	( )	( )

9. Selecione as 3 características dos modelos virtuais 3D que mais o atraem para a sua utilização:
Se os modelos virtuais 3D não o atraem passe à questão seguinte.

- ☐ Edição fácil com visualização imediata
- ☐ Simulação de geometria
- ☐ Simulação do ambiente interior
- ☐ Simulação de iluminação natural e artificial
- ☐ Perspetivas infinitas do objeto
- ☐ Permite evolução contínua do modelo
- ☐ Modelos realísticos
- ☐ Outra _____

10. No desenvolvimento do projeto, em que momento considera que se torna pertinente a utilização dos modelos virtuais 3D?
Escolha, para cada fase de projeto, as características do modelo 3D que considera mais importantes:

	Programa Base	Estudo Prévio	Projeto Base	Projeto de Execução	Assistência Técnica à Execução da Obra	Em nenhuma fase
Para avaliar características volumétricas do espaço	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Para avaliar opções construtivas	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Para ser usado como interlocutor entre as diversas especialidades do projeto	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Para apresentação do projeto	☐	☐	☐	☐	☐	☐

11. Das características aqui apresentadas, escolha em que fase(s) de projeto é que seriam úteis?
Seria útil que os modelos virtuais 3D:

	Programa Base	Estudo Prévio	Projeto Base	Projeto de Execução	Assistência Técnica à Execução da Obra	Não é útil
Dessem a quem os visiona a sensação de escala real	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Dessem a quem os visiona a sensação de imersão no espaço	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Permitissem ser visualizados em obra sobrepondo-se ao edifício em construção	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Muito obrigado pelo seu contributo!

RESULTADOS

Questionário I - PROCESSO DE PROJETO EM ARQUITETURA

1. Idade

Opções de resposta	Nº de respostas	%
	0	0%
21-35	19	35%
36-50	31	57%
51-65	4	7%
>65	0	0%
Total	54	100%

2. Anos de experiência profissional

Opções de resposta	Nº de respostas	%
1-10	19	35%
11-20	17	31%
21-30	15	28%
>30	3	6%
Total	54	100%

3. Relativamente à FASE 1 – Programa Base:

Resposta do arquiteto ao programa preliminar lançado pelo cliente. O cliente e o arquiteto discutem o objeto daquilo que vai ser projetado. Discutem-se ainda prazos e demais condicionalismos do projeto, bem como honorários.

3.1 Quais os elementos que usualmente elabora:

Opções de resposta	Nº de respostas	%
Texto	40	74%
Orçamento(s)	30	56%
Desenhos esquiços	43	80%
Desenhos rigorosos	18	33%
Fotomontagens	14	26%
Modelos virtuais 3D	14	26%
Maqueta(s)	15	28%
Outro(s)	3	6%

Outro(s)
- Desenhos em guardanapos
- Organigramas funcionais, estimativa, análise de condicionantes legais e outras
- Não discutimos honorários no Programa Base, já estão definidos a" Montante"

3.2 Qual o grau de detalhe/informação dado ao projeto:

Opções de resposta	Nº de respostas	%
Volumes / Domínio da forma	35	65%
Áreas Brutas	39	72%
Áreas Úteis	16	30%
Sistemas construtivos e materiais	11	20%
Desenhos de Implantação	32	59%
Desenhos gerais de conjunto	31	57%
Desenhos parciais	1	2%
Desenhos de pormenor	3	6%
Outro(s)	6	11%

Outro(s)
- 3D Exterior
- Organigramas funcionais

4. Relativamente à FASE 2 – Estudo Prévio:

O arquiteto desenvolve o conceito preliminar do projeto. Inicia-se o desenvolvimento dos projetos de especialidades, sob a coordenação do arquiteto.

4.1 Quais os elementos que usualmente elabora:

Opções de resposta	Nº de respostas	%
Texto	37	69%
Orçamento(s)	23	43%
Desenhos esquiços	40	74%
Desenhos rigorosos	46	85%
Fotomontagens	32	59%
Modelos virtuais 3D	32	59%
Maqueta(s)	38	70%
Outro(s)	4	7%

Outro(s)
- Apresentação
- Pormenores em Maquetas reais

4.2 Qual o grau de detalhe/informação dado ao projeto:

Opções de resposta	Nº de respostas	%
Volumes / Domínio da forma	43	80%
Áreas Brutas	44	81%
Áreas Úteis	42	78%
Sistemas construtivos e materiais	27	50%
Desenhos de Implantação	49	91%
Desenhos gerais de conjunto	47	87%
Desenhos parciais	19	35%
Desenhos de pormenor	9	17%
Outro(s)	2	4%

5. Relativamente à FASE 3 – Projeto base:

O arquiteto desenvolve o projeto, integrando os projetos de especialidades, conforme o estabelecido anteriormente, preparando o processo de aprovação pelas várias entidades envolvidas no licenciamento do mesmo.

5.1 Quais os elementos que usualmente elabora:

Opções de resposta	Nº de respostas	%
Texto	45	83%
Orçamento(s)	35	65%
Desenhos esquiços	25	46%
Desenhos rigorosos	51	94%
Fotomontagens	31	57%
Modelos virtuais 3D	37	69%
Maqueta(s)	29	54%
Outro(s)	1	2%

5.2 Qual o grau de detalhe/informação dado ao projeto:

Opções de resposta	Nº de respostas	%
Volumes / Domínio da forma	32	59%
Áreas Brutas	42	78%
Áreas Úteis	50	93%
Sistemas construtivos e materiais	41	76%
Desenhos de Implantação	48	89%
Desenhos gerais de conjunto	48	89%
Desenhos parciais	27	50%
Desenhos de pormenor	31	57%
Outro(s)	2	4%
Outro(s)		
- Cortes construtivos		

6. Relativamente à FASE 4 – Projeto de Execução:

Nesta fase, objetiva-se apresentar o projeto para construção através da representação detalhada e rigorosa da volumetria e de todos os elementos do projeto. O caderno de encargos e o mapeamento de informação constam também desta fase.

6.1 Quais os elementos que usualmente elabora:

Opções de resposta	Nº de respostas	%
Texto	44	81%
Orçamento(s)	44	81%
Desenhos esquiços	16	30%
Desenhos rigorosos	52	96%
Fotomontagens	21	39%
Modelos virtuais 3D	24	44%
Maqueta(s)	14	26%
Outro(s)	5	9%

Outro(s)
- Caderno de encargos
- Medições detalhadas
- Pormenores Construtivos em 3D e Maquetas de detalhe construtivo

6.2 Qual o grau de detalhe/informação dado ao projeto:

Opções de resposta	Nº de respostas	%
Volumes / Domínio da forma	24	44%
Áreas Brutas	37	69%
Áreas Úteis	43	80%
Sistemas construtivos e materiais	49	91%
Desenhos de Implantação	39	72%
Desenhos gerais de conjunto	34	63%
Desenhos parciais	42	78%
Desenhos de pormenor	50	93%
Outro(s)	6	11%

Outro(s)
- Mapas de acabamentos, mapas de vãos exteriores e interiores, mapas de armários, listas de ferragens (vãos interiores, exteriores e armários, mapa de acabamentos
- Mapas vãos, acabamentos e outros elementos construtivos necessários
- Mapas de vãos, armários, etc...
- Pormenores Construtivos em 3D e Maquetas de detalhe construtivo

7. Costuma realizar modelos virtuais 3D no processo de projeto?

Opções de resposta	Nº de respostas	%
Sim	42	78%
Não	12	22%
Total	54	100%

8. Considera que a utilização de modelos virtuais 3D pode ser útil no processo de projeto? Escolha dentro da escala apresentada tendo em conta que 1 = Nada útil e 5 = Muito útil

Opções de resposta	Nº de respostas	%
1	0	0%
2	5	9%
3	9	17%
4	16	30%
5	24	44%
Total	54	100%

9. Selecione as 3 características dos modelos virtuais 3D que mais o atraem para a sua utilização: Se os modelos virtuais 3D não o atraem passe à questão seguinte.

Opções de resposta	Nº de respostas	%
Edição fácil com visualização imediata	31	60%
Simulação de geometria	29	56%
Simulação do ambiente interior	24	46%
Simulação de iluminação natural e artificial	19	37%
Perspetivas infinitas do objeto	23	44%
Permite evolução contínua do modelo	26	50%
Modelos realísticos	13	25%
Outra	5	10%

Outra
- Estudo do sistema construtivo, em particular em projectos de reabilitação com intervenção estrutural
- Comunicação com o Dono de obra
- Compatibilidades arquitecura/especialidades
- Apresentação do projecto
- Permite a articulação de todos os modos de ver e pensar a arquitectura

10. No desenvolvimento do projeto, em que momento considera que se torna pertinente a utilização dos modelos virtuais 3D? Escolha, para cada fase de projeto, as características do modelo 3D que considera mais importantes:

	Programa Base	Estudo Prévio	Projeto Base	Projeto de Execução	Assistência Técnica à Execução da Obra	Em nenhuma fase	Nº de respostas
Para avaliar características volumétricas do espaço	22	43	26	9	6	1	107
Para avaliar opções construtivas	1	11	25	25	10	9	81
Para ser usado como interlocutor entre as diversas especialidade do projeto	4	24	31	26	13	7	105
Para apresentação do projeto	14	38	41	17	14	1	125

11. Das caracteristicas aqui apresentadas, escolha em que fase(s) de projeto é que seriam úteis? Seria útil que os modelos virtuais 3D:

	Programa Base	Estudo Prévio	Projeto Base	Projeto de Execução	Assistência Técnica à Execução da Obra	Não é útil	Nº de respostas
Dessem a quem os visiona a sensação de escala real	16	35	23	11	7	5	97
Dessem a quem os visiona a sensação de imersão no espaço	10	36	27	13	8	2	96
Permitissem ser visualizados em obra sobrepondo-se ao edifício em construção	2	3	4	19	29	11	68

ANEXO III

Protocolo de Aplicação

ISCTE IUL
Instituto Universitário de Lisboa

Departamento de Arquitetura e Urbanismo

Protocolo de Aplicação

Trabalho de Projeto Final do Mestrado Integrado em Arquitetura – Estudo sobre Realidade Virtual Imersiva

ISCTE-IUL / ADETTI-IUL, 2013/2014

Luís Coroado

Junho, 2014

1 Índice

2 Introdução ... 3
2.1 Objetivos ... 3
3 Metodologia ... 4
3.1 Local e Data ... 4
3.2 Amostra ... 4
3.3 Procedimento do Estudo ... 4
3.3.1 Etapa 1: Apresentação/Receção ... 4
3.3.1.1 Instruções aos Participantes ... 4
3.3.1.2 Consentimento livre e informado ... 5
3.3.1.3 Questionário Preliminar ... 5
3.3.1.4 Folha de registo para o teste ... 5
3.3.2 Etapa 2: Teste em Realidade Virtual Imersiva ... 6
3.3.2.1 Apresentação dos produtos/serviços ... 6
3.3.2.2 Hardware, Software e Cenário de realidade virtual imersiva ... 8
3.3.3 Etapa 3: Pós-Teste ... 8
4 Anexos ... 9

2 Introdução

Quando o projeto de arquitetura assume grandes dimensões e maior complexidade torna-se necessário encontrar métodos de representação eficazes e que possibilitem uma compreensão global do objeto arquitetónico. A realidade virtual imersiva, pela interação e sentido de presença que possibilita, confere um entendimento do objeto arquitetónico único no conjunto de meios de representação/visualização até agora disponíveis.

Com a realização deste estudo pretende-se explorar de que forma a Realidade Virtual Imersiva (RVI) pode fazer parte da metodologia usada ao longo do processo de projeto e em que circunstâncias esta tecnologia pode ser mais útil. Este estudo pretende avaliar as diferentes possibilidades de visualização desenvolvidas para ambientes virtuais imersivos.

Acredita-se que a RVI pode ser uma ferramenta que permite uma experimentação mais direta dos objetos arquitetónicos, e um interlocutor em processos colaborativos entre os diversos intervenientes do projeto de arquitetura, garantindo um contributo significativo no entendimento geral e parcial do projeto de arquitetura.

Espera-se que a utilização dos diferentes modos de visualização agora propostos para a RVI permitam avaliar e testar o objeto arquitetónico e as diversas propriedades inerentes a este ao longo da sua conceção, garantindo um maior entendimento do projeto e adequando-se progressivamente a representação do ambiente virtual às diferentes fases de conceção do projeto de arquitetura.

A tecnologia utilizada para este estudo é composta pelo hardware PocketCAVE, instalado na ADETTI-IUL, no ISCTE-IUL, em meados de 2012. O software que permite a navegação no ambiente virtual e ao qual foram acrescentados inputs com a realização da aplicação desenvolvida é denominado por CaveH Spawner.

2.1 Objetivos

Este estudo tem por objetivo avaliar a usabilidade e a satisfação relativa à aplicação desenvolvida, no âmbito da realidade virtual imersiva, em processo de projeto de arquitetura. Pretende-se saber, a partir da opinião de uma amostra de arquitetos, a pertinência da integração desta tecnologia na metodologia usada ao longo das diferentes fases do desenvolvimento do projeto de arquitetura. Como objetivo secundário, deve-se identificar ao longo dos testes melhorias a implementar, na tecnologia desenvolvida, para trabalho futuro.

3 Metodologia

3.1 Local e Data

Os testes para este estudo serão realizados nas instalações da ADETTI-IUL, no ISCTE-IUL, entre o período de 15 a 19 de Setembro.

3.2 Amostra

Os participantes que integram a amostra devem ser profissionais arquitetos com experiência em processo de projeto em Arquitetura. Este critério de seleção será avaliado no questionário preliminar. Devido à impossibilidade de se considerar uma amostra muito alargada visto ser necessário para o teste a deslocação ao ISCTE-IUL mas salvaguardando uma dimensão que tenha validade estatística, será utilizada uma amostra entre 10 e 15 participantes.

3.3 Procedimento do Estudo

O estudo a realizar é composto pelas seguintes etapas:

ETAPA1: Apresentação/Receção: com o objetivo de rececionar os participantes, apresentar os objetivos do teste, assinar o termo de consentimento e preencher o questionário preliminar.

ETAPA2: Teste em ambiente imersivo com o objetivo de apresentar a aplicação desenvolvida. Verificar a usabilidade das funcionalidades e a satisfação por parte dos participantes e registar observações feitas durante o teste.

ETAPA 3: Pós-Teste com o objetivo de recolher através de um questionário de satisfação e usabilidade, a opinião dos participantes acerca do trabalho apresentado.

Os instrumentos necessários para a realização de um teste de estudo são:

- Termo de consentimento livre e informado em duplicado, um para o participante, outro para o investigador (DOC. 01/04);
- Questionário preliminar para o participante (Online) (DOC. 02/04);
- Folha de registo do teste para o investigador (DOC. 03/04);
- Inquérito de satisfação e usabilidade para o participante (Online) (DOC. 04/04);

3.3.1 Etapa 1: Apresentação/Receção

3.3.1.1 Instruções aos Participantes

Os participantes são recebidos no ISCTE-IUL e encaminhados para a ADETTI-IUL. Aqui, são-lhes apresentados sucintamente os objetivos e os procedimentos que fazem parte do estudo. Após esta primeira abordagem, é entregue o "Termo de consentimento livre e informado". Apenas os participantes que assinarem este termo, passam para o primeiro questionário – Questionário Preliminar. O Guião a seguir nesta primeira etapa pode ser consultado em Anexo - Anexo 1 – Guião Etapa 1.

Resumo das atividades:

1. Receção (cumprimentos entre observador e participante)
2. Explicação sucinta do estudo
3. Assinatura do Termo de consentimento livre e informado
4. Preenchimento do Questionário (participante)
5. Preenchimento da folha de registo para o teste (observador)

3.3.1.2 Consentimento livre e informado

A todos os participantes será entregue um Termo de consentimento livre e informado (DOC.01/04) (ver Anexo 2) que deve ser lido e assinado em duas vias, sendo uma delas para o participante e outra para arquivo juntamente com os questionários efetuados, garantindo que aceitam voluntariamente participar no estudo. A confidencialidade dos dados será garantida, não sendo partilhados com entidades terceiras.

3.3.1.3 Questionário Preliminar

Após assinatura do Termo de consentimento, os participantes são encaminhados a um computador para realizarem o questionário preliminar.

O Questionário Preliminar é efetuado numa plataforma Online (Qualitrics.com), por forma a facilitar a análise dos dados obtidos pelo questionário, sendo que estes ficam automaticamente numa base de dados. O Questionário preliminar pode ser consultado em Anexo – Anexo 2 -DOC.02/04.

3.3.1.4 Folha de registo para o teste

A folha de registo para o teste (DOC.03/04) no ambiente virtual imersivo deve ser preenchida pelo observador enquanto o participante realiza o Questionário preliminar. Esta folha permitirá registar as tarefas realizadas pelo participante e a facilidade com que as perceciona, ao longo do teste. Serve ainda, para registar as possíveis observações verbais feitas do participante. Durante a observação poderão ser feitas fotografias sem identificar o participante e apenas para uso em material académico. Todas as informações recolhidas referem-se àquelas observadas diretamente no momento da interação. A folha de registo pode ser consultada em Anexo – Anexo 2 – DOC.03/04.

3.3.2 Etapa 2: Teste em Realidade Virtual Imersiva

3.3.2.1 Apresentação dos produtos/serviços

Após a finalização do Questionário preliminar, o participante é encaminhado para a Pocket Cave, por forma a serem-lhe apresentados os detalhes da experiência em ambiente virtual imersivo que vai realizar. O observador deve apresentar sucintamente a tecnologia que vai ser usada e a aplicação que se pretende avaliar. Deve esclarecer as funcionalidades da aplicação, descritas na Tabela 1, e a forma como o participante vai fazer o teste. Aqui, o observador deve ser imparcial de forma a evitar qualquer tendência relativamente à apresentação da aplicação de estudo.

Depois desta explicação é carregado o modelo no CAVEH Spawner, facultados os instrumentos de navegação ao participante (óculos 3d) e é explicada a forma de navegar no ambiente virtual imersivo e a interação com as funcionalidades da aplicação. Nesta fase é realizado um pequeno ensaio de utilização do ambiente virtual e das funcionalidades da aplicação.

Seguidamente, é proposto ao participante um ensaio de uma reunião de projeto, na qual o participante (na posição de arquiteto) e o observador (na posição de moderador- controla o ambiente virtual e aciona as funcionalidade a partir das sugestões do participante) discutem o projeto representado. O participante pode então sugerir/indicar livremente o percurso a seguir no ambiente virtual imersivo e explorar as funcionalidades anteriormente explicadas. Sem impor diretamente uma tarefa ao participante, o observador deve sugerir a utilização das funcionalidades da aplicação, por forma, ao participante avaliar as potencialidades e limitações da mesma, respondendo ao questionário final de forma mais informada. O teste deve ter um tempo máximo recomendado de 8 minutos e mínimo de 3 minutos de modo a ser possível explorar todos os modos de visualização e as funcionalidades disponíveis.

Nesta etapa, o observador deve esclarecer todos os detalhes necessários para a compreensão do participante relativamente às funcionalidades da aplicação de estudo.

O Guião a seguir nesta segunda etapa pode ser consultado em Anexo - Anexo 1 – Guião Etapa 2.

Tabela 1

Aplicação: Modos de Visualização em ambientes virtuais imersivos, no âmbito do processo de projeto em arquitetura	
Modos de Visualização	Principais características
Volumes Opacos	Este modo de visualização pretende apresentar apenas a volumetria do objeto arquitetónico projetado. A visualização é feita numa pequena escala de cinzentos com realce das arestas das diferentes superfícies opacas. A escala de cinzentos, bem como o realce das arestas é atribuído automaticamente pela aplicação, não sendo necessário qualquer trabalho de materialidade ou textura no objeto.
Modo de Layers	Neste modo de visualização o objeto arquitetónico é exposto em diferentes Layers (Struture [Red]; Walls[Yellow]; Pavements and Ceilings [Orange] Openings[Cyan]; Infraestructures [Green]; Equipments and Furniture [Grey]) com uma transparência de 10% podendo ativar (realçar) ou desligar (ocultar) estas Layers de forma individual, diferenciando-se das restantes que aparecem sempre semitransparentes. Assim, consegue dentro do ambiente virtual, selecionar Layers e perceber a sua integração no contexto geral do objeto arquitetónico. Para este modo de visualização e necessário que a modelação do objeto arquitetónico cumpra os grupos de Layers sugeridos, ou outros. A aplicação atribui automaticamente uma cor a cada Layer, mediante a sua ativação.
Superfícies Sombreadas	O modelo apresenta as superfícies com as cores, padrões e transparências, mediante a sua atribuição na materialidade do objeto arquitetónico, aquando a sua modelação. A aplicação integra automaticamente o sombreamento próprio das superfícies.
Modelo Realístico	Neste modo, podemos visualizar as superfícies com as texturas atribuídas aos diversos materiais que compõe o objeto arquitetónico.

Resumo das atividades:
1. Encaminhar o participante para a Pocket Cave 2. Explicar ao participante a aplicação desenvolvida (modos de visualização) para ambientes virtuais imersivos no âmbito do processo de projeto em arquitetura. 3. Carregar o cenário do ambiente virtual 4. Explicar ao participante quais os instrumentos a utilizar para a navegação no ambiente virtual (teclado, rato, e óculos 3d) 5. Explicar ao participante o funcionamento de navegação e de alternação entre os modos de visualização e suas funcionalidades. 6. Arrancar o teste de estudo no ambiente virtual 7. Preenchimento da folha de registo para o teste (observador)

3.3.2.2 Hardware, Software e Cenário de realidade virtual imersiva

A PocketCave é um hardware constituído por uma tela de projeção de projeção com 3.29x2.10m e um projetor DepthQ HDs3D-1. A utilização de uma placa gráfica Quadro 5000 nVidia no computador permite, com a utilização dos óculos polarizados 3d, uma visão estereoscópica do ambiente virtual. O software utilizado, CaveH Spawner, permite a navegação em ambientes virtuais imersivos. Este software tem sido desenvolvido para diversas áreas, e na área da arquitetura, com a aplicação desenvolvida neste estudo, possibilita diferentes modos de visualização, que devem servir a conceção do projeto de arquitetura. Para a realização dos testes, são necessários instrumentos de navegação (rato e teclado de computador) e a utilização de óculos 3d, para se conseguir uma visualização estereoscópica do ambiente virtual. Com este estudo não se pretende perceber qual a usabilidade ideal relativamente aos instrumentos de navegação. Assim a escolha destes instrumentos devem-se ao facto de estarem testados e permitirem uma navegação estável.

O cenário do ambiente virtual imersivo é composto por um edifício de habitação familiar denominado de Villa Savoye, projetada em França (1928) pelo arquiteto Le Corbusier. A modelação do objeto arquitetónico para o cenário em realidade virtual imersiva foi realizada cumprindo os requisitos para os diferentes modos de visualização.

3.3.3 Etapa 3: Pós-Teste

Após o participante completar a navegação no cenário apresentado, o observador deve convidar o participante a responder ao questionário relativo à experiencia que acabou de realizar. Este questionário pode ser consultado em anexo – Anexo 2 – DOC.03/04. A par do questionário, o participante terá presente no ecrã uma imagem ilustrativa de cada modo de visualização, com a respetiva legenda, por forma a reconhecer nas perguntas, sobre qual o modo de visualização está a ser questionado. O Questionário Final é também efetuado na plataforma Online (Qualitrics.com), por forma a facilitar a análise dos dados obtidos pelo questionário, sendo que estes ficam automaticamente numa base de dados.

4 Anexos

Anexo 1

Guião, Etapa 1:

Este guião deve ser lido pelo observador aos participantes na Etapa 1. Em alternativa, o observador pode memorizá-lo e ditá-lo aos participantes. O importante é que as mesmas informações sejam transmitidas a todos os participantes com consistência.

Antes de mais queremos agradecer a sua presença. A sua participação é muito importante e sem ela não conseguíamos realizar este estudo. Irá colaborar connosco na procura de soluções e metodologias para o processo de projeto em arquitetura, no âmbito dos ambientes virtuais imersivos.

O nosso objetivo é testar a usabilidade e a satisfação, relativamente às funcionalidades desenvolvidas numa aplicação para ambientes virtuais imersivos no âmbito da arquitetura. Assim conseguiremos avaliar a pertinência da integração desta tecnologia na metodologia usada ao longo das diferentes fases do desenvolvimento do projeto de arquitetura.

Este estudo está dividido em três etapas. Nesta primeira etapa, vamos entregar-lhe um termo de consentimento livre e informado, que deve ser lido atentamente e assinado, e que garante a sua participação voluntária e a proteção dos dados que nos facultar ao longo do estudo. Na segunda etapa, tem oportunidade de experimentar a aplicação em ambiente virtual imersivo e para finalizar, teremos um pequeno questionário acerca da experiência que realizou. Em qualquer momento do estudo, todas as dúvidas e observações podem ser esclarecidas. Em qualquer momento é livre para desistir do estudo, basta para isso, informar-me. Durante todo o estudo será acompanhado por mim, podendo ajudá-lo na realização de algumas tarefas. Vou agora solicitar-lhe que leia atentamente este Termo de consentimento livre e informado, onde encontrará detalhes sobre o objetivo destes testes e questões relacionadas com a proteção dos seus dados. Peço que após a leitura assine as duas vias deste documento.

[Entrega e assinatura do Termo de consentimento livre e informado]

Como leu neste Termo de consentimento, faremos agora um pequeno questionário e depois passamos para a Etapa 2. O questionário será feito num computador, numa plataforma online, garantindo sempre a proteção dos dados e o anonimato.

[Questionário Preliminar]

Guião, Etapa 2:

Antes de fornecer as tarefas relativas aos cenários em teste, o observador deve dar as seguintes instruções ao participante:

"Vamos agora iniciar a segunda etapa deste teste. Nela poderá navegar livremente no cenário apresentado e explorar as diferentes funcionalidades que lhe vão ser explicadas.

Como já foi informado, estamos interessados na sua opinião relativamente à usabilidade e satisfação no uso desta aplicação, na metodologia utilizada no processo de projeto em arquitetura.

[Carregar o cenário no CaveH Spawner]

No cenário que lhe será apresentado é a Villa Savoye, projeto de arquitetura do arquiteto Le Corbusier, onde poderá navegar livremente e explorar as funcionalidades desta ferramenta. Para isso apenas terá de seguir algumas indicações, relativamente à navegação no ambiente virtual imersivo.

[Instrumentos de navegação – explicar como navegar no modelo com o uso do teclado e rato. Colocação dos óculos polarizados 3d (verificar se estão ligados)]

[Já com o cenário carregado - Explicação dos modos de visualização segundo a Tabela 1 e os comandos atribuídos no teclado para selecionar as funcionalidades.]

Para que se sinta mais confortável, vamos primeiro fazer um treino no qual usaremos todas as funcionalidades disponíveis por forma a ambientar-se à navegação no ambiente virtual imersivo.

[Após a mostragem das funcionalidades começamos o teste]

Vamos agora começar o teste, peço-lhe que considere que está numa reunião de projeto com arquitetos engenheiros e especialidades e ainda dono de obra e pretende explorar o projeto em determinados aspetos que considera pertinentes. Eu farei de moderador, controlando o ambiente virtual e seguindo as suas instruções. Pode portante navegar livremente e explorar as funcionalidades anteriormente apresentadas.

Lembre-se que o que estamos a testar não é o cenário em que vai navegar mas sim as funcionalidades que pode utilizar com esta aplicação. Também é livre para desistir do teste a qualquer momento, basta para isto informar. Pedimos que durante esta etapa "pense alto" e verbalize todas as questões e observações que lhe veem à mente no momento de uso dos produtos.

[passados 8 minutos ou cumprida a utilização das funcionalidades, encerramos o cenário e passamos para a terceira e ultima etapa]

Anexo 2

Termo de consentimento livre e informado (DOC.01/04)

Título da pesquisa: Avaliação de usabilidade da realidade virtual imersiva para o processo de projeto em arquitetura.

Observador Responsável:_____

Foi convidado(a) a participar, como voluntário(a), numa pesquisa, no âmbito de um trabalho final do Mestrado Integrado em Arquitetura, a decorrer no ISCTE-IUL/ADETTI-IUL. A sua participação representa um importante contributo, não só para o trabalho em curso, mas também para o desenvolvimento do conhecimento na área da realidade virtual imersiva em arquitetura

É importante que leia a informação seguinte, antes de concordar em participar nesta pesquisa. Este texto descreve, de forma sucinta, a pesquisa, os seus objetivos gerais e o que se espera da sua participação, incluindo a identificação dos procedimentos experimentais e a confidencialidade dos dados. Caso aceite fazer parte deste estudo, deverá assinar as duas vias deste documento, sendo que, uma delas ficará na sua posse e outra com o investigador responsável.

Explicação do procedimento
Este estudo tem por objetivo avaliar a usabilidade de uma aplicação desenvolvida no âmbito da realidade virtual imersiva para processo de projeto em arquitetura.

A sessão experimental está dividida em 3 partes: (1) Explicação dos objetivos e questionário pré-interação; (2) Sessão de interação com a aplicação em realidade virtual imersiva e (3) Questionário pós-interação. O tempo total estimado para a sua participação é de, aproximadamente, 20 minutos. Durante a sessão de interação será pedido que utilize a aplicação e verbalize as suas impressões e pensamentos acerca desta experiência de utilização. Um investigador vai estar presente para tirar apontamentos sobre a interação com o ambiente virtual.

Confidencialidade dos dados
Todos os dados recolhidos serão confidenciais, incluindo as suas respostas ao questionário que serão anónimas. Para isso, os participantes serão identificados apenas com um número que serve para o investigador ter registo da sequência pela qual a experiência decorreu. Não serão feitos registos vídeo, mas podem ser feitas algumas fotografias para serem utilizadas em trabalhos académicos, sem no entanto identificar o participante.

Abandono da experiência sem qualquer penalização
A participação nesta pesquisa é voluntária, pelo que pode decidir interromper a sessão e abandonar o estudo a qualquer momento sem qualquer penalização.

Consentimento
Ao assinar este documento está a declarar que tomou conhecimento das metodologias envolvidas neste estudo e que nada tem a opor, pelo que está disponível para participar.

_____
Nome do Participante

_____ _____
Assinatura do Participante Data

_____
Assinatura do investigador

Questionário Preliminar (DOC.02/04)

[colocar o numero do participante antes de este começar o questionário]

1. Idade
   <20
   21-35
   36-50
   51-65
   >65

2. Género
   Masculino
   Feminino

3. Identifique a(s) sua(s) atividade(s) profissional(is)
   Docente de curso de arquitetura
   Dono de atelier
   Colaborador em atelier de arquitetura

4. Anos de experiencia profissional na prática da arquitetura?
   1-10
   11-20
   21-30
   >30

5. Como avalia a sua relação com as tecnologias digitais?
   Muito má
   Insuficiente
   Razoável
   Boa
   Muito Boa

6. Como avalia a sua relação com as tecnologias digitais de modelação e visualização 3D?
   Muito má
   Insuficiente
   Razoável
   Boa
   Muito Boa

7. Costuma realizar modelos 3D digitais ao longo do processo de projeto? (Se responder não, passe para a questão 10)
   Sim
   Não

8. Com que frequência utiliza modelos digitais 3D em processo de projeto?
   Raramente
   Pouco
   Moderadamente
   Muito
   Sempre

9. Como costuma fazer o trabalho de modelação digital 3D?
   Utiliza diferentes modelos digitais 3D ao longo do desenvolvimento do projeto de arquitetura
   Utiliza um único modelo digital 3D, apesar de poder ter variações, mas este vai adquirindo informações ao longo do desenvolvimento do projeto de arquitetura.
   Utiliza um único modelo digital 3D para uma fase específica no processo de projeto em arquitetura.

10. Já teve alguma experiência com ambientes virtuais imersivos?
    Sim
    Não

11. Neste momento sinto-me…assinalar as que se aplicam
    Motivado(a) para interagir com a tecnologia que me será apresentada
    Apreensivo(a)
    Outro (Por favor especifique)

Obrigado pela sua participação!

Folha de Registo para Teste (DOC.03/04)

Hora de Inicio:___:___H | Hora de término:___:___H	Número do Participante Nº:_____
Tarefas a realizar ao longo do teste	Resultados:
Navegar no ambiente virtual	☐ Cumpriu com facilidade ☐ Cumpriu ☐ Cumpriu com dificuldade ☐ Não cumpriu
Navegar livremente no exterior do modelo	☐ Cumpriu com facilidade ☐ Cumpriu ☐ Cumpriu com dificuldade ☐ Não cumpriu
Navegar livremente no interior do modelo	☐ Cumpriu com facilidade ☐ Cumpriu ☐ Cumpriu com dificuldade ☐ Não cumpriu
Explorar os diferentes níveis dentro do modelo - os 3 pisos que o compõe.	☐ Cumpriu com facilidade ☐ Cumpriu ☐ Cumpriu com dificuldade ☐ Não cumpriu
Alternar entre diferentes modos de visualização	☐ Cumpriu com facilidade ☐ Cumpriu ☐ Cumpriu com dificuldade ☐ Não cumpriu
Dentro do modo de visualização de Layers, utilizou as funcionalidades de ocultar e realçar diferentes layers.	☐ Cumpriu com facilidade ☐ Cumpriu ☐ Cumpriu com dificuldade ☐ Não cumpriu

Como estava o participante no final da navegação no ambiente virtual imersivo?

Sem reação | Satisfeito | Despontado | Confuso | Supreendido | Irritado

Observações feitas pelo participante:

Questionário Final (DOC.04/04)

[colocar o numero do participante antes de este começar o questionário]

Este Questionário tem por objetivo perceber, a partir da sua opinião, a pertinência da integração desta tecnologia ao longo das diferentes fases do desenvolvimento do projeto de arquitetura, bem como as potencialidades desta na representação do projeto em contexto de reuniões e apresentações

O Projeto de arquitetura desenvolve-se, regra geral, ao longo de 5 fases, cuja designação será utilizada ao longo deste questionário:

Fase 1 – Programa Base

Fase 2 – Estudo Prévio

Fase 3 – Projeto Base

Fase 4 – Projeto de Execução

Fase 5 - Assistência Técnica à Execução da Obra

A - Responda às seguintes questões numa escala de 1 a 5 em que 1 é discordo totalmente e 5 é concordo totalmente

A.1 – Acredito que esta aplicação pode fazer parte da metodologia usada ao longo do processo de projeto.

A.2 - A utilização da aplicação torna mais fácil a leitura do projeto ao longo do processo de conceção.

A.3 - A utilização desta aplicação garante um maior controlo do projeto de arquitetura ao longo da procura de soluções de projeto.

A.4- A utilização desta aplicação facilita a comunicação entre as várias entidades presentes durante as fases de projeto (arquitetos, engenheiros, especialidades).

A.5- Considero que a aplicação permite uma exploração dinâmica do projeto.

A.6 – Estou disposto a utilizar esta aplicação ao longo do desenvolvimento de um projeto de arquitetura.

A.7 - Considero a aplicação útil para usar no processo de projeto

A.8 - Deposito confiança na representação, do projeto, apresentada pela aplicação.

B – Ao longo das diversas fases de projeto, em quais considera pertinente a utilização dos modos de visualização?

Escolha, para cada modo de visualização, a(s) fase(s) de projeto que mais se adequa(m).

	Fase 1 – Programa Base	Fase 2 – Estudo Prévio	Fase 3 – Projeto Base	Fase 4 – Projeto de Execução	Fase 5 – Assistência Técnica à Execução da Obra	Em nenhuma
Superfícies Sombreadas						
Modo Layers						
Modelo Realístico						

C- No desenvolvimento do projeto de arquitetura, em que momentos considera pertinente a utilização dos modos de visualização?

Escolha o(s) modo(s) de visualização que considera útil(eis) para auxiliarem na resolução das tarefas apresentadas.

	Processo de conceção do arquiteto	Trabalho entre a equipa de arquitetura	Trabalho/Reunião entre as várias especialidades	Reuniões com clientes	Trabalho de obra	Em nenhuma das anteriores
Superfícies Sombreadas						
Modo Layers						
Modelo Realístico						

Muito Obrigado pela sua participação!

ANEXO IV

Resultados da Avaliação de usabilidade e satisfação do Sistema VIARModes.

QUESTIONÁRIO PRELIMINAR

1. Idade

Opções de resposta		Nº de respostas	%
< 20		0	0%
21 - 35		2	17%
36 - 50		9	75%
51 - 65		1	8%
> 65		0	0%
Total		12	100%

2. Género

Opções de resposta		Nº de respostas	%
Masculino		10	83%
Feminino		2	17%
Total		12	100%

3. Identifique a(s) sua(s) atividade(s) profissional(is)

Opções de resposta		Nº de respostas	%
Docente de curso de arquitetura		9	75%
Dono de atelier		9	75%
Colaborador em atelier de arquitetura		2	17%
Outras		1	8%

Outras
Dirigente Intermédio na Administração Local

4. Anos de experiência profissional na prática da arquitetura?

Opções de resposta		Nº de respostas	%
1 - 10		3	25%
11 - 20		3	25%
21 - 30		5	42%
> 30		1	8%
Total		12	100%

6. Como avalia a sua relação com as tecnologias digitais de modelação e visualização 3D?

Opções de resposta		Nº de respostas	%
Muito má		1	8%
Insuficiente		4	33%
Razoável		4	33%
Boa		2	17%
Muito boa		1	8%
Total		12	100%

7. Costuma realizar modelos 3D digitais ao longo do processo de projeto?

Opções de resposta		Nº de respostas	%
Sim		9	75%
Não		3	25%
Total		12	100%

8. Com que frequência utiliza modelos digitais 3D em processo de projeto?

Opções de resposta		Nº de respostas	%
Raramente		0	0%
Pouco		1	11%
Moderadamente		3	33%
Muito		3	33%
Sempre		2	22%
Total		9	100%

9. Como costuma fazer o trabalho de modelação digital 3D?

Opções de resposta		Nº de respostas	%
Utiliza diferentes modelos digitais 3D ao longo do desenvolvimento do projeto de arquitetura		4	44%
Utiliza um único modelo digital 3D, apesar de poder ter variações, mas este vai adquirindo informações ao longo do desenvolvimento do projeto de arquitetura		3	33%
Utiliza um único modelo digital 3D para uma fase específica no processo de projeto em arquitetura		2	22%
Total		9	100%

10. Já teve alguma experiência com Ambientes Virtuais Imersivos?

Opções de resposta		Nº de respostas	%
Sim		5	42%
Não		7	58%
Total		12	100%

QUESTIONÁRIO FINAL

Responda às seguintes questões numa escala de 1 a 5 em que 1 é discordo totalmente e 5 é concordo totalmente.

1. Acredito que esta aplicação pode fazer parte da metodologia usada ao longo do processo de projeto.

Opções de resposta		Nº de respostas	%
1		0	0%
2		1	8%
3		1	8%
4		5	42%
5		5	42%
Total		12	100%

2. A utilização da aplicação torna mais fácil a leitura do projeto ao longo do processo de conceção.

Opções de resposta		Nº de respostas	%
1		0	0%
2		1	8%
3		3	25%
4		2	17%
5		6	50%
Total		12	100%

3. A utilização desta aplicação garante um maior controlo do projeto de arquitetura ao longo da procura de soluções de projeto.

Opções de resposta		Nº de respostas	%
1		1	8%
2		1	8%
3		2	17%
4		3	25%
5		5	42%
Total		12	100%

4. A utilização desta aplicação facilita a comunicação entre as várias entidades presentes durante as fases de projeto (arquitetos, engenheiros, especialidades).

Opções de resposta		Nº de respostas	%
1		1	8%
2		0	0%
3		1	8%
4		5	42%
5		5	42%
Total		12	100%

5. Considero que a aplicação permite uma exploração dinâmica do projeto.

Opções de resposta		Nº de respostas	%
1		0	0%
2		1	8%
3		4	33%
4		3	25%
5		4	33%
Total		12	100%

6. Estou disposto a utilizar esta aplicação ao longo do desenvolvimento de um projeto de arquitetura.

Opções de resposta		Nº de respostas	%
1		0	0%
2		1	8%
3		2	17%
4		5	42%
5		4	33%
Total		12	100%

7. Considero a aplicação útil para usar no processo de projeto.

Opções de resposta		Nº de respostas	%
1		0	0%
2		1	8%
3		1	8%
4		3	26%
5		7	58%
Total		12	100%

8. Responda às seguintes questões numa escala de 1 a 5 em que 1 é discordo totalmente e 5 é concordo totalmente.
Deposito confiança na representação do projeto apresentada pela aplicação.

Opções de resposta		Nº de respostas	%
1		0	0%
2		2	17%
3		2	17%
4		4	33%
5		4	33%
Total		12	100%

9. Ao longo das diversas fases de projeto, em quais considera pertinente a utilização dos modos de visualização?
Escolha, para cada modo de visualização, a(s) fase(s) de projeto que mais se adequa(m).

Opções de resposta	Fase 1 - Programa Base	Fase 2 - Estudo Prévio	Fase 3 - Projeto Base	Fase 4 - Projeto de Execução	Fase 5 - Assistência Técnica à Execução da Obra	Em nenhuma	Respostas
Superfícies Sombreadas	9	12	9	3	1	0	34
Modo Layers	1	6	10	9	9	0	35
Modelo Realístico	4	6	9	6	4	1	30

10. No desenvolvimento do projeto de arquitetura, em que momentos considera pertinente a utilização dos modos de visualização?
Escolha o(s) modo(s) de visualização que considera útil(eis) para auxiliarem na resolução das tarefas apresentadas.

Opções de resposta	Processo de conceção do arquiteto	Trabalho entre a equipa de arquitetura	Trabalho / Reunião entre as várias especialidades	Reuniões com clientes	Trabalho de obra	Em nenhuma das anteriores	Respostas
Superfícies Sombreadas	10	8	3	6	0	0	27
Modo Layers	6	10	11	2	8	0	37
Modelo Realístico	6	8	5	11	5	1	36

ANEXO V

Configuração de animação de câmara e Trigger de ação

Este Guião foi realizado em colaboração com um Investigador da Adetti-IUL, Miguel Carreiro.

A. Configuração da área de trabalho

Para uma boa prática de trabalho, dividir ecrã em 4 partes – arrastar tela no canto superior direito:

- Inf. Esq. – front ortho – tecla 1;
- Sup. Esq. – top ortho – tecla 7;
- Inf. Dir. - right ortho – tecla 3;
- Sup. Dir – perspectiva.

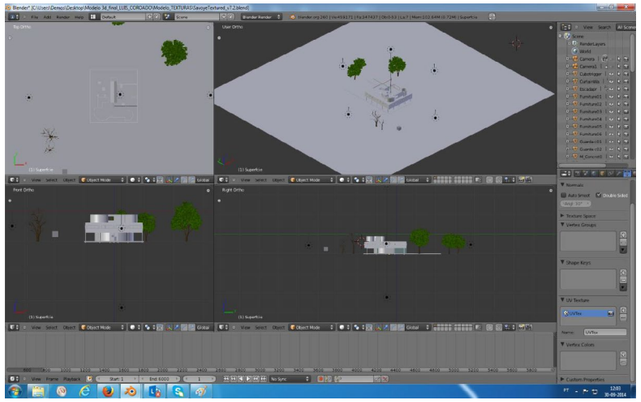


Figura 59 - Divisão do ambiente de trabalho. Captura de ecrã no Blender.

B. Processo para Animação de câmara

1. **Contruir a path:**
   1.1. Add→ Curve→Path;
   1.2. Mover / Agarrar a path com o comando '**G**';
   1.3. Entrar no dit mode – '**Tab**';
   1.4. Selecionar, com o botão direito do rato, um dos pontos da extremidade da linha;
   1.5. Extrudir / adicionar segmento à path – '**E**';
   1.6. Controlar a path através dos viewport;
   1.7. Sair do edit mode – '**Tab**'

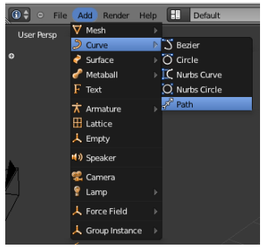


Figura 60 – Adicionar uma Path. Captura de ecrã no Blender.

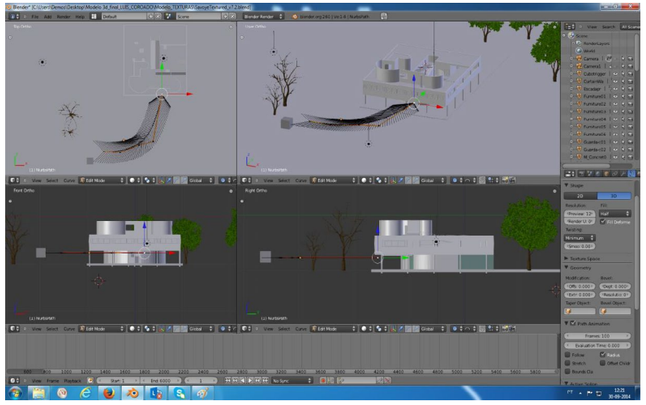


Figura 61 – Desenhar o percurso da Path. Captura de ecrã no Blender.

2. Adicionar câmara à path

2.1. Add→ Camera;

2.2. Mover a câmara para o inicio da path, em x, y e z – **'G'**;

2.3. Controlar rotação: triângulo na face frontal da câmara para cima) através das propriedades de transformação – **'N'**;

2.4. Selecionar path e câmara: selecionar a path (botão dir. do rato) ; selecionar a câmara (**'Shift'**+Botão dir. rato);

2.5. Set parent to 'Follow Path' – **'CTRL'** + **'P'**;

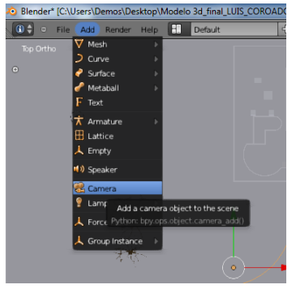


Figura 62 - Adicionar Câmara . Captura de ecrã no Blender.

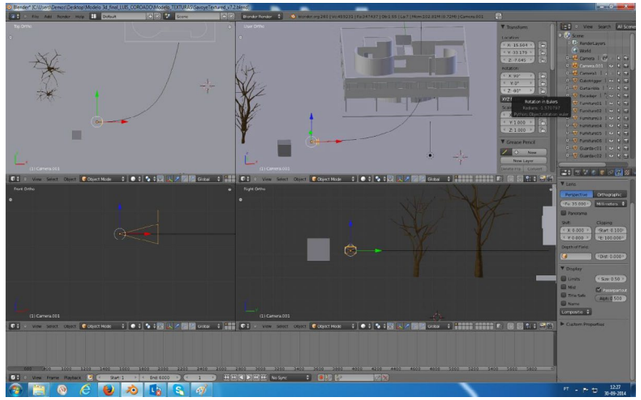


Figura 63 - Opções de seleção sobre a localização e rotação da câmara. Captura de ecrã no Blender.

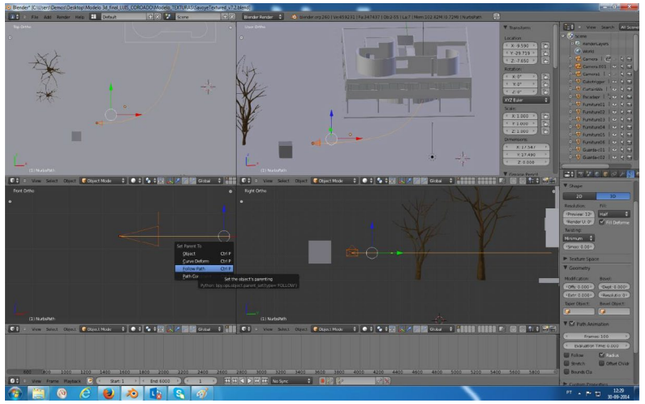


Figura 64 - Colocação da Câmara agarrada ao percurso da Path. Captura de ecrã no Blender.

3. Selecionar vista de uma câmara

3.1. Seleccionar a câmara;
3.2. Predefinir a vista da câmara – **CTRL** + '**0**';
3.3. Alternar a vista a perspectiva (viewport sup. dir.) – '**0**';
3.4. Acionar / Parar câmara – '**Alt**' + '**A**'

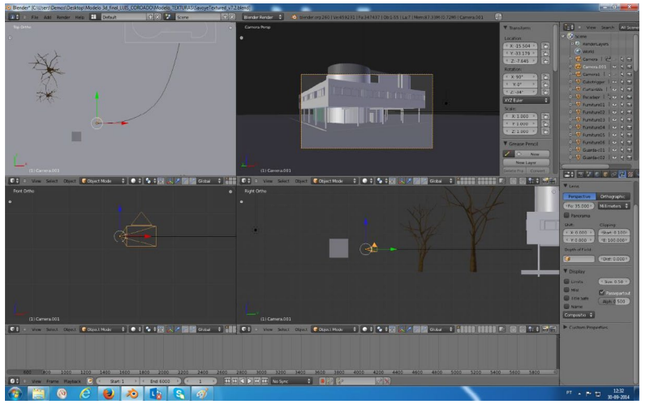


Figura 65 - Vista de câmara no quadrante superior direito. Captura de ecrã no Blender.

4. Adicionar Keyframes – indispensável para a actual exportação para o CAVEH Spawner.

a. Para controlar o número de Frames por Segundo (fps):

4.1. Selecionar a câmara ou a path e ir para o painel 'render' no menu do lado dir (icon máq. Fotográfica;
4.2. Determinar o tempo de percurso / velocidade totais em relação ao comprimento da path e ao número de FPS – cálculo regra de três simples;
4.3. Alterar os valores em Dimension → Frame Range → **End Frame** (quantidade de frames utilizados para o percurso da path) e **Frame Rate** (número máximo de fps). O Start frame = 1;
4.4. Selecionar path, set Object Data → Path Animation → **Frames** (numero total de frames disponíveis para a animação;

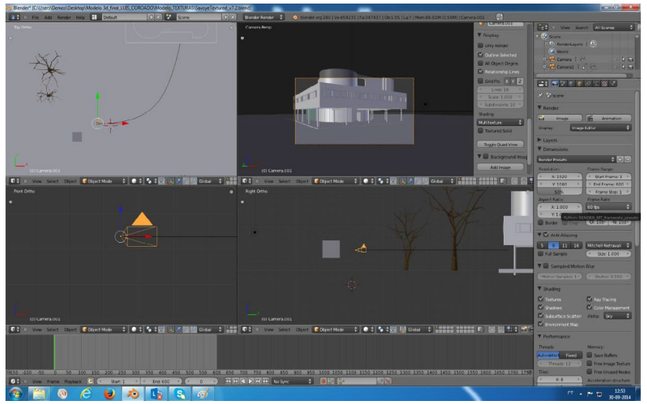


Figura 66 - Seleção das dimensões temporais da animação de câmara. Captura de ecrã no Blender.

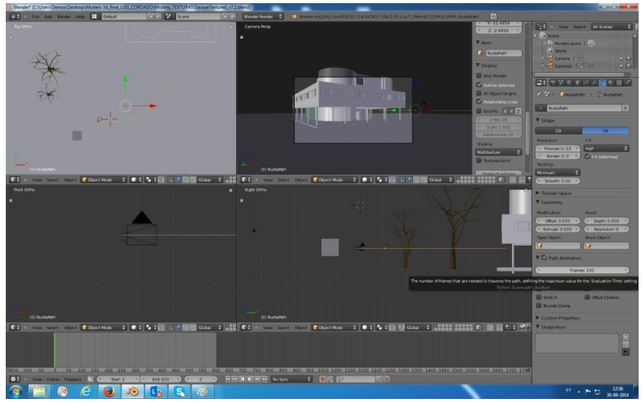


Figura 67 – Configuração da quatidade de frames disponiveis para a animação de câmara. Captura de ecrã no Blender.

<u>b. Criação de uma nova câmara (2) para exportação em CAVEH Spawner:</u>

4.5. Colocar nova câmara (2) sobre a antiga (já adicionada à path – câmara 1);
4.6. Controlar progresso da câmara 1 na Time Line ou através de '**Alt**' +'**A**';
4.7. Nos pontos críticos para o controlo de navegação, mover a câmara 2 para a posição da câmara 1 – '**G**'.
4.8. Com a câmara 2 ainda selecionada e com o ponteiro do rato sobre uma das viewports, gravar uma **Keyframe** de localização e rotação. Gravar estas posições: selecionar a tecla '**I**' (Insert Keyframe menu) seguido de '**O**' (LocRot);
4.9. Repetir 24, 25 e 26 até ao final do percurso;
4.10. Passar de uma keyframe para outra na Time Line ou com o cursor – teclas '**esq/dir**' de frame em frame e teclas '**cima/baixo**' de keyframe em keyframe;
4.11. Apagar keyframes com '**Alt**' + '**I**';

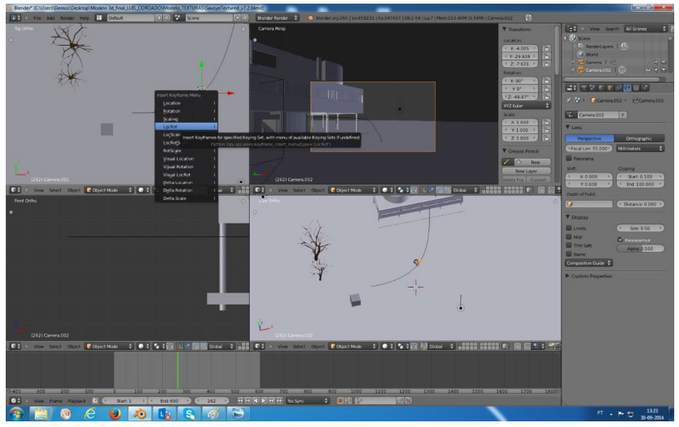


Figura 69 – Atribuição de Keyframes à câmara (2). Captura de ecrã no Blender.

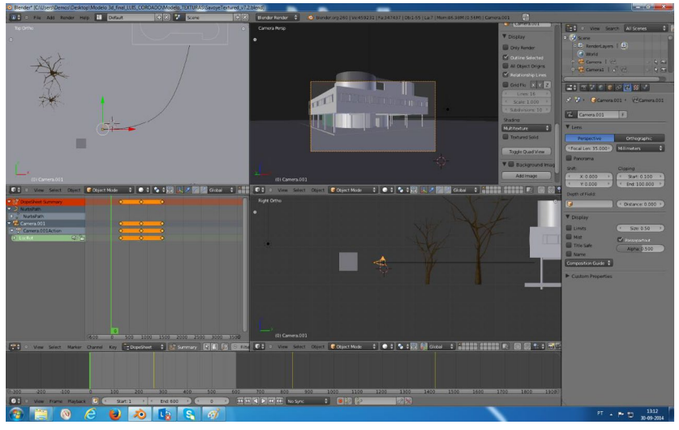


Figura 68 - Painel de trabalho Dope Sheet, no quadrante inferior esq. Captura de ecrã no Blender.

Caso seja necessário ajustar o tempo de percurso / velocidade da câmara após a atribuição de keyframes, na barra inferior de um viewport abrir o **Editor Type** (icon à esq.)/ **DopeSheet**, selecionar todos os keyframes – '**A**' – e ajustar em relação à Time Line – '**S**'. Para variar a precisão do ajuste, fazer zoom off '**Scroll**' na DopeSheet e na Time Line. Voltar à viewport **Editor Type/ 3D View**.

5. **Despoletar a animação de câmera no cenário de realidade virtual imersiva**
   5.1. Adicionar um sólido à cena – Add → Mesh → e.g. Cube;
   5.2. Atribuír-lhe a caracteristica de **Misc_Model** – Menu lado dir. → Object → CaveH Entities → Entities → Misc_Model;
   5.3. No menu Entities Proprieties, selecionar **Trigger Distance** e desseleccionar **Visible**;
   5.4. Ainda nesse menu, Set Action → action_camera_fly;
   5.5. Em **Actions: Select** → action_camera_fly;
   5.6. Carregar em '**Refresh CameraFly list**';
   5.7. Escolher entidade **CameraFly** a associar ao trigger e clicar em '**Set CameraFly object'.**

Nota: Sempre que se adicionar uma nova entidade **CameraFly**, é necessário clicar em '**Refresh CameraFly list'** para que esta apareça na dropdowlist.

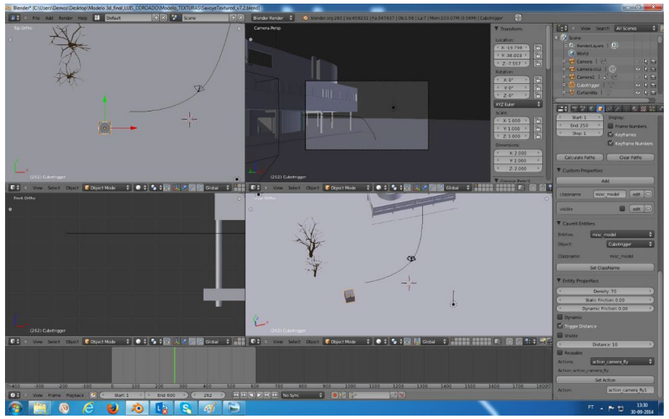


Figura 70 - Menu do lado direito com as configurações para despoletar a animação do ambiente virtual. Captura de ecrã no Blender.

ANEXO VI

Vertente Prática
Tema do Ano

ARQUITECTURA OU REVOLUÇÃO – *Learning from the Satallite.*

Os anos que se seguiram à Revolução dos Cravos (1974)[1],em Portugal, permitiram clarificar alguns princípios urbanísticos que vinham já sendo aplicados por necessidade de resolver o problema da carência de habitação nas cidades. Em alinhamento com o debate internacional, uma consciência sobre a importância de um planeamento regional esteve na origem, por exemplo, do Plano Director da Região de Lisboa, iniciado em 1961, justamente com o objectivo de disciplinar e corrigir equilibradamente os "efeitos urbanísticos da expansão desordenada dos subúrbios da Capital"[2]. Uma visão macro permitiu trazer para o planeamento urbano a importância das infra-estruturas, dos impactos ambientais e dos zonamentos de maior, ou menor, aptidão construtiva.

As novas bolsas de construção possibilitaram o desencadear de urbanizações de grande dimensão, assentando em novas lógicas comunitárias que se experimentavam também à época. O pensamento comunitário emerge como tema central no debate arquitectónico, designadamente, desde o manifesto de Doorn, em 1954. A oportunidade de pensar novas formas urbanas de organização social, pressupunha uma ligação daquele momento com a ancestralidade dos assentamentos humanos. Aldo Van Eyck sugeria justamente este princípio genealógico, ao sustentar no seu discurso de 1959, em Otterlo, que "o tempo transporta o antigo para o novo, não através da linha historicista, mas apelando à redescoberta dos princípios mais arcaicos da natureza humana". Estas formulações sedimentadas no seio do Team 10, surgem em linha com um debate, mais amplo, que envolveu à época vários sectores da sociedade e que assentavam na convicção de que um novo tempo abriria possibilidade para um novo modo de organizar as comunidades humanas. Neste processo ressaltam os estudos sobre o comportamento humano, os quais vieram a orientar novas possibilidades comunitárias, nomeadamente os de B. F. Skinner plasmados, por exemplo, em *Science and Human Behaviour* [3] (de 1965), ou *Walden II* (1948), este último recuperado por Ricardo Bofill (n.1939) no conjunto de San Justo Desvern (1970).

Para o novo homem que emergia dos escombros da destruição da Guerra reclamava-se um território igualmente novo que pudesse funcionar em rede, como uma espécie de satélite de um sistema planetário complexo e poli-nuclear. De certa forma, este pensamento recupera as experiências soviéticas descritas por Manfredo Tafuri (1935-1994) para a "Nova Mocovo" em *La Sfera e il Labirinto*[4], onde relata o protagonismo da disciplina de planeamento urbano como a outra face do processo vanguardista que se seguiu, na sequência da Revolução Bolchevique, à Guerra Civil Russa (1918-1921). O objectivo dos urbanistas soviéticos como Sakulin, Shestakov, ou Shchusev, passava por uma aplicação dos ideais defendidos pelos urbanistas do século XIX como Charles Fourier (1772-1837),Pierre-Joseph Proudhon (1809-1863), Camilo Sitte (1843-1903, Ebenezer Howard (1850-1928), ou Patrick Gueddes (1854-1932). São estes mesmos personagens que vêm igualmente orientar os pressupostos de Le Corbusier, quando em 1923 incorpora em *Vers une Archictecture*[5] (1923), o desfio: "Arquitectura ou Revolução", expressão que serve ao arquitecto suíço para colocar a tónica na necessidade de recuperação do "equilíbrio rompido" entre as condições de vida das classes activas e as próprias cidades - Só uma nova estrutura urbana podia corresponder às exigências de salubridade e inovação que o acelerado processo moderno trazia associado. Os novos territórios periféricos representavam oportunidades de implantar novas tipologias urbanas e arquitectónicas que, contrastando com os densificados e insalubres núcleos urbanos tradicionais, correspondiam aos anseios de todos

[1] Em Abril de 2014 serão completados 40 anos sobre a Revolução portuguesa de 1974. A partir dessa efeméride julga-se oportuno lançar um tema que possa envolver docentes e alunos nos eventos em preparação para o próximo ano civil;
[2] AZEVEDO, Mário "O Plano Director da Região de Lisboa", in AA.VV. *Binário- revista mensal de arquitectura, construção e equipamento* , 108, Lisboa, Setembro de 1967 (pag. 117);

[3] SKINNER, B. F. *Science and Human Behavior*, The Free Press, Nova Iorque, 1965;
[4] TAFURI, Mafredo - *The Sphere and the Labyrinth: Avant-Gardes and Architecture from Piranesi to the 70s*, MIT Press paperback edition, 1990, tradução do original *La Sfera e il Labirinto: Avanguardie e architetura da Piranesi agli anni 70*, de 1980;
[5] LE CORBUSIER Por Uma Arquitectura, editora Perspectiva, São Paulo,1998 tradução do *Vers un Architecture*, Collection L'Esprit Nouveau, 1923;

aqueles que depositavam na "casa" o alicerce primeiro da sua cidadania.

As urbanizações construídas no contexto das cidades satélite acabaram por funcionar como laboratórios de experimentação quer de novas tecnologias, quer de especulações sobre as relações entre as comunidades e o próprio espaço. O factor programático pôde também aproximar os arquitectos dos próprios promotores, tanto em investimentos oriundos do sector público como aqueles que resultaram do optimismo do sector privado. A revolução que Le Corbusier pretendia conter acabou por acontecer, não na expressão de uma revolta mas, na alteração dos modos de vida da maior parte dos agregados familiares, com a passagem da origem rural, para um universo urbano.

Actualmente no contexto português, aparentemente estão superadas as carências de habitação que se colocavam no limiar da década de 70, verificando-se uma homogeneização do território urbano que acabou por envolver as acções urbanas que no passado se encontravam isoladas, alterando as lógicas de relação entre centro e periferia pela absorção dos núcleos urbanos satélites num extenso manto urbano. Neste processo pragmático foi ficando menos intenso, no campo do urbanismo e da arquitectura, um discurso prospectivo sobre o futuro. O campo de acção e de debate passou a estabelecer-se mais num pressuposto regenerador, que num desígnio expansionista.

Le Corbusier terminou *Vers un Architecture* expressando que "podemos evitar a revolução", no contexto actual fica no ar a pergunta se neste processo de continuidade valerá a pena conter o ímpeto revolucionário.

Fig. 1 Hans Hollein, Aircraft Carrier City in Landscape, 1964.

Lisboa, Julho de 2013

Paulo Tormenta Pinto

ANEXO VII

Vertente Prática
Enunciado doWorkshop de Arranque

ISCTE – IUL - Departamento de Arquitectura e Urbanismo – Mestrado Integrado em Arquitectura

Projecto Final de Arquitectura 2013-14 / Exercício de Arranque e Aquecimento

Argumento: A Representação do Espaço no Tempo do *Space Shuttle* Columbia

O *space-shuttle* Columbia, fazendo parte de uma série de cinco vaivéns que a NASA produziu (Columbia, Challenger, Discovery, Atlantis e Endeavour), foi pioneira nas missões espaciais com naves reutilizáveis. Tendo efectuado missões a partir de 1981, viria a despenhar-se num acidente em 1 de Fevereiro de 2003. Nesse período, de cerca de duas décadas, assistiu-se a uma profunda alteração nas relações da humanidade com o território.

À medida que se foi ampliando a capacidade de observação do globo terrestre, através dos satélites colocados no espaço, também as relações globais se foram estreitando, aproximando todos os territórios terrestres. As comunicações entre os povos virtualizaram-se na complexidade das diversas redes que, numa dimensão planetária, acabaram por envolver o mundo. Este fenómeno provocou uma relativização das autenticidades culturais e uma metamorfose das relações humanas com o espaço.

A visualização da terra por satélite, ao mesmo tempo que potenciou fenómenos de globalização, veio tornar evidente as alterações eco-sistémicas, as quais, no contexto das grandes metrópoles, se verificam maioritariamente através da impermeabilização em grande escala do território, associada a um crescimento em massa da urbanização. Em paralelo com o impacto do frenesim da urbanização, começa a consolidar-se uma consciência sobre o desenvolvimento sustentável do planeta que no Rio de Janeiro, em 1992, com a Agenda 21, dá um passo decisivo que viria a sedimentar-se já no início do novo milénio, em 2002, na Cimeira da Terra de Joanesburgo.

Portugal, com pouca interveniência nas disputas espaciais, recebe por contágio, tal como a generalidade das nações, os efeitos avassaladores das alterações em curso neste "mundo novo", ao mesmo tempo que desfruta do optimismo de um, ainda, frágil processo democrático na sequência de 25 de Abril de 1974. Foi no mandato governativo do advogado e jornalista Francisco Pinto Balsemão (no quadro do VII Governo Constitucional, da 3ª República Portuguesa), que o Columbia descolou do Kennedy Space Center em Cape Carnaval, Flórida.

No contexto Português são as cidades litorais que mais se alteram neste período. À cabeça, as áreas metropolitanas de Lisboa e Porto alastraram-se conurbando-se com aglomerados ou cidades de média dimensão, formando um continuo urbano na franja atlântica. É este fenómeno de crescimento em "mancha de óleo" registado por Álvaro Domingues em *Cidade e Democracia, 30 anos de transformação urbana em Portugal*, que gera mudanças aceleradas na morfologia do território. O optimismo inicial associado às operações suburbanas é apanhado numa torrente avassaladora de crescimento, submetendo ao pragmatismo dos investimentos a qualidade dos projectos dos novos edifícios.

A importância do lugares, e a sua genealogia em muitos casos foi superada pela implementação das novas tipologias urbanas associadas a projectos de edifícios pouco qualificados.

É com este argumento que procura estruturar-se o exercício de arranque de PFA 2013-14, enquadrando-o com a temática geral da unidade curricular expressa na texto: *Arquitectura ou Revolução – Learning from the satalite.* Para alem de funcionar como experimentação prévia das temáticas em estudo, este exercício funcionará o como revisão sumária da formação adquirida nos 4 anos anteriores.

Metodologia e tarefas a desenvolver:

Os estudantes deverão constituir-se em grupos de 5 elementos, no seio de cada grupo deverá ser seleccionado um edifício de habitação colectiva cujas características apontem para uma obra pouco qualificada do ponto de vista arquitectónico, implantada nas áreas de expansão de Lisboa (no tempo do *Space Shuttle* Columbia).

O edifício seleccionado deverá ser devidamente enquadrado com a envolvente e com a época em que foi construído.

O exercício consiste em encontrar uma possibilidade de intervenção desse edifício, tendo por base um orçamento de 10.000,00 €.

Durante o processo de projecto cada grupo deverá ser capaz de realizar interpretações e leituras representativas do edifício (por ex. desenhos, fotos, maquetas de estudo), tendo como objectivo descortinar um nexo arquitectónico no edifício escolhido, o qual deve ser associado à intervenção a operar.

Como resposta ao exercício deverão ser produzidos 3 tipos de representação do projecto:

1. No contexto do grupo, deverá realizar-se uma apropriação do objecto escolhido e do discurso sobre ele produzido, realizando ligações a imagens (gráficas, literárias,

fotográficas, cinematográficas, etc) produzidas por outros autores. Neste contexto o grupo deverá ser capaz de explanar de forma clara as ligações estabelecidas com um universo cultural, que apesar de externo, pressupõe quer sínteses, quer estímulos evocativos das opções arquitectónicas a empreender;

2. Desenhos e/ou fotomontagens manuais em formato A2 capazes de representar as opções de leitura e projecto;
3. Deverá ainda ser realizada uma maqueta, cujo volume deverá ser aproximadamente 30 dm3 (0,30x0,30x0,30 m), realizada com o objectivo de fixar o entendimento discursivo em torno do edifício em estudo e das possibilidades de regeneração previstas – A escala do edifício fica inteiramente ao critério do grupo de trabalho;

Objectivos

Ob1. Estimular uma aproximação ao tema geral de PFA 2013-14;

Ob2. Estabelecer um reconhecimento discursivo entre docentes e discentes;

Ob3. Debater processos de intervenção arquitectónico e urbano com base em condicionalismos pré-delineados;

Ob4. Promover relações entre leituras macro e micro do território de intervenção, associando-as a processos de representação do espaço;

Elementos a entregar entregar:

Para alem dos elementos dos elementos anteriormente designados deverá ser realizado um processo de plantas cortes e alçados à escala 1:100 (ou outra julgada mais conveniente) e um *book* de formato [A4] onde deverá incluir-se uma síntese do processo projectual

O *book* A4 deverá conter:

a) O texto explicativo das opções tomadas do projecto - incluído explanação sobre os custos da intervenção;
b) Fotografias e desenhos relativos ao edifício escolhido;
c) Plantas, cortes e alçados, a escala conveniente da maqueta – tratados graficamente para se inserem no design do *book* A4;
d) Digitalizações e/ou fotografias dos elementos resultantes do processo de representação (imagem, desenhos e/ou fotomontagem e maqueta)
e) Deverá ainda ser reservada uma área do book A4 para a demonstração do processo de resposta ao exercício, em forma de *story board*. Para tal deverá utilizar-se o recurso fotográfico;

Apresentação

Digital tipo *Power-point*, com exibição dos elementos de representação e processo de plantas cortes e alçados em formato não superior a A1.

Calendário do Exercício

Início – dia 17 de Setembro / Entrega e presentação – aula do dia 3 de Outubro

Lisboa, 17 de Setembro de 2012

ANEXO VIII

Vertente Prática
Enunciado do Trabalho

ISCTE – IUL

Departamento de Arquitectura e Urbanismo – Mestrado Integrado em Arquitectura

Projecto Final de Arquitectura 2013-14 – Docentes: Paulo Tormenta Pinto e José Neves

ARQUITECTURA OU REVOLUÇÃO – *Learning from the Satellite*

Exercício Tema 1, Anual

A Arquitectura e a Cidade: *E se toda a zona central da Portela de Sacavém fosse destruída por uma catástrofe?*

A Urbanização da Portela (1965-1979), projecto do arquitecto Fernando Silva (1914-1983) e fruto de uma encomenda privada do empresário Manuel da Mota, foi construída numa das "portas" de acesso à capital, na Freguesia de Sacavém do Concelho de Loures, na proximidade do aeroporto que, na década de 40, fora construído segundo desenho de Keil do Amaral.

Apesar de alguns dos princípios do projecto da Urbanização da Portela não terem sido cumpridos na sua execução, verifica-se, na essência, a aplicação dos postulados da Carta de Atenas, resultante do CIAM de 1933. Na Portela, tal como nas cidades preconizadas pela Carta redigida por Le Corbusier a partir das discussões de muitos dos mestres do Movimento Moderno em cruzeiro pelo Mediterrâneo, os princípios urbanísticos são estratificados em torno de 4 funções: habitar, trabalhar, repousar e circular.

Nos terrenos das "Quintas da Vitória, Casquilho, Ferro, Carmo e Alegria (...), num total de 50 hectares, 4500 fogos e o respectivo equipamento urbano"[1], destinados à classe média/alta, os modelos tipológicos orientam a acção de Fernando Silva que define uma "tábua rasa" para sobre ela determinar um sistema pragmático que controla a totalidade da intervenção. Tal como na cidade idealizada pelo Movimento Moderno, a Urbanização da Portela concentra uma zona de trabalho e comércio, perfeitamente configurada por um conjunto edificado composto por uma base – um "disco" de piso único – e uma torre de escritórios[2] que se destaca volumetricamente do conjunto, assinalando o centro – geométrico e cívico – da Portela.

[1] FERREIRA , Bruno Macedo "Urbanização da Portela" em PINTO, Paulo Tormenta (coord.) *Passagens nº1 – Paisagens Distantes – A CRIL uma Avenida Pós-Moderna*, Caleidoscópio, 2013 (pág. 227-235)
[2] Torre que, apesar de tudo, integra uma percentagem importante de habitação.

À época da sua construção, a Portela de Sacavém funcionava inequivocamente como um núcleo urbano satélite, organizado em função de uma lógica de superação das insuficiências da cidade antiga para responder a certas aspirações da vida moderna. Na Portela, a pureza do ar, a envolvente verde, a generosidade das distâncias entre os edifícios, respeitando a chamada "lei dos 45º"[3], das dimensões das vias e das casas permitiriam uma vida desafogada e livre das contradições a que, supostamente, a sedimentação das cidades tinha levado os seus centros históricos.

Além disso, esta situação de "descolamento urbano", associada a idêntica "pureza" da linguagem dos vários edifícios isolados, paralelipipédicos e caracterizados por faixas horizontais, afastava em certa medida possíveis afinidades genealógicas em relação à arquitectura existente em Lisboa – mesmo à sua arquitectura moderna –, ou no próprio país. A Portela, implantada num terreno praticamente plano, no cruzamento entre a auto-estrada, o aeroporto, o caminho de ferro e o Porto de Lisboa, desfrutava de uma situação perfeita para se enquadrar num sistema muito mais global.

Hoje, passados quase 50 anos sobre o Ante-Plano de Urbanização da Portela, verifica-se uma grande transformação: os territórios envolventes foram entretanto preenchidos. Não só a densificação de Sacavém ou a consolidação de Olivais Norte, mas sobretudo a urbanização dos terrenos onde seria construído o Parque das Nações, transformaram por completo a envolvente da Portela, provocando uma alteração profunda no modo como este aglomerado, pensado para 18.500 habitantes, se relaciona consigo próprio e com as áreas urbanas que a circundam. O alastramento em "mancha de óleo" dos núcleos urbanos da área metropolitana de Lisboa, aglutinaram a Urbanização da Portela no manto urbano contínuo, alterando as suas dimensões originais de isolamento e descontinuidade .

Este fenómeno, próprio do metropolitanismo, tem implicado uma alteração crescente da centralidade prevista no Plano de Urbanização da Portela. Para além de uma certa obsolescência dos modelos tipológicos do centro cívico, verifica-se que parte dos núcleos de permanência do espaço público alastraram, encontrando-se agora em zonas contíguas, tais como os parques infantis para Nascente, ou a Igreja e o supermercado para Sul, assistindo-se ao mesmo tempo uma tendência de conurbação com Moscavide e, por conseguinte, com a antiga Expo-98.

A. OBJECTIVOS

[3] Referimo-nos ao Art. 59.º do Regulamento Geral das Edificações Urbanas: "A altura de qualquer edificação será fixada de forma que em todos os planos verticais perpendiculares à fachada nenhum dos seus elementos, com excepção de chaminés e acessórios decorativos, ultrapasse o limite definido pela linha recta a 45º, traçada em cada um desses planos a partir do alinhamento da edificação fronteira, definido pela intersecção do seu plano com o terreno exterior".

De modo a sedimentar as experiências realizadas ao longo do curso, o objectivo principal dos trabalhos a desenvolver durante o ano, trata de avaliar criticamente os modelos subjacentes à arquitectura da cidade no final do século XX, pondo em relevo a tomada de uma posição ética no trabalho da arquitectura.

B. PROGRAMA E MÉTODO

O trabalho que se propõe aos alunos de PFA assenta num cenário que decorre de uma ficção que acelera subitamente um processo, de certo modo, em curso:

E se toda a área central da Portela de Sacavém fosse destruída por uma catástrofe?

Considerando-se assim a destruição irremediável, através de um grande incêndio e consequente derrocada, de um dos alicerces fundamentais da Urbanização da Portela, apesar de nunca ter sido edificado conforme o projecto original – não só o centro comercial e a torre, mas também as piscinas, as escolas e a igreja, da autoria do arquitecto Luíz Cunha, entretanto construídas – propõe-se o lançamento de um debate no contexto do colectivo da turma e, mais concretamente, dos grupos de trabalho, sobre a arquitectura da cidade, a pretexto do modelo subjacente a esta estrutura urbana.

Em certa medida invocam-se, com as devidas distâncias, pressupostos aproximados ao debate que há 25 anos, em 1988, se puseram com o incêndio do Chiado que atingiu uma das áreas chave e de maior concentração comercial da Baixa Pombalina.

Os estudantes deverão manter os grupos de 5 elementos, que começarão por desenvolver uma proposta colectiva para o projecto do novo centro cívico da Portela, do qual um conjunto de edifícios será desenvolvido individualmente por cada um dos elementos.

Deste modo o trabalho deverá ser realizado com base em 3 fases desenvolvidas, ora em grupo, ora individualmente:

1ª Fase (em grupo): O Território

Cada grupo deverá proceder à recolha de informação relativamente a alguns dos aspectos da área de intervenção, sempre em relação com as áreas envolventes, nomeadamente:

- Caracterização biofísica: topografia, estrutura de espaços verdes, orografia e sistemas de drenagem natural; geologia - hidrologia; orientação e exposição solar.
- Caracterização da mobilidade, potencialidades e estrangulamentos: acessos, rede viária, percursos pedonais, etc.
- Caracterização da estrutura edificada, da distribuição de funções e dos espaços públicos: tipologias de espaços públicos; estruturas urbanas de proximidade;

Edificado; estado de conservação; espaços vazios; espaços públicos; equipamentos públicos e privados, etc.

- Evolução e enquadramento histórico: processo de formação do tecido edificado através da recolha de plantas de várias épocas, consulta de monografias e descrições, bem como a circunscrição de exemplos nacionais e internacionais relevantes.
- Planos Urbanísticos condicionantes,: PDM's; PP's.; Condicionantes Urbanísticas; Loteamentos; projectos mais relevantes para a área de intervenção.

Em paralelo com este trabalho de análise, os grupos deverão desenvolver uma proposta de intervenção com base nas áreas brutas edificadas correspondentes ao programa cujo suporte edificado existente *foi entretanto destruído*, respectivamente:

- Comércio: 7.638m² (não inclui espaços de serviço e arrumos)
- Escritórios:7.050m²
- Habitação: 7.050m²
- Escola Básica: 3.263m²
- Estacionamento coberto: 2.800m²
- Escola Secundária: 2.626m²
- Piscina: 2.195m²
- Igreja: 2.100m²

Este programa deverá ser entretanto questionado e, se necessário, ajustado, tal como o modelo de cidade existente na Portela.

Os elementos a entregar serão os seguintes:

- Memória descritiva, referindo-se a todos os elementos relativos à análise crítica realizada, bem com à proposta;
- Implantação Geral e Maquete, à escala 1:000
- Plantas, Cortes e Alçados, à escala 1:500
- Perspectivas
- Desenhos de trabalho

Estes elementos deverão ser organizados clara e criteriosamente num caderno A4, ao alto, que corresponda a uma síntese tanto do resultado final como do processo de trabalho.

2ª e 3ª fases (individual) – O Edifício

Cada elemento do grupo deverá desenvolver, individualmente, o projecto para um conjunto edificado determinado entre a proposta global.

Ao longo do desenvolvimento individual dos diferentes conjuntos, o debate no contexto do grupo de trabalho prosseguirá, tendo em vista uma articulação constante entre as várias partes do todo e a consolidação do modelo urbano proposto inicialmente pelo grupo de trabalho.

Os enunciados respectivos serão distribuídos oportunamente no início de cada uma das fases.

C. PRAZOS[4]

1ª Fase: 10/10/13 – 19/11/13

2ª Fase: 05/12/13 – 18/03/14

3ª Fase: 25/03/14 – 15/05/17

Lisboa, 10 de Outubro de 2013

[4] Os prazos poderão sofrer ligeiros ajustamentos, prevendo-se igualmente a existência de apreciações dos trabalhos em momentos intercalares às datas de entregas das várias fases. Tantos os eventuais ajustamentos como as apreciações intercalares serão marcadas no decurso do acompanhamento do trabalho.

ANEXO IX

Vertente Teórica
Enunciado do Trabalho

Arquitetura na Revolução Industrial 3.1

Docentes Alexandra Paio
Ricardo Resende
Sara Eloy
Soraya Genin
Vasco Rato (coordenador)

Objetivo

O principal objetivo do laboratório de tecnologias da arquitetura 2013-14, enquadrado na UC de PFA, é o de promover uma reflexão científica crítica que integre o projeto e a produção de arquitetura na discussão contemporânea relativa a modos "revolucionários" de conceber, avaliar e fabricar.

Neste contexto, pretende-se que o trabalho de investigação a desenvolver pelos alunos conduza à elaboração de ensaios teóricos que, em diversas áreas deste debate, permitam a compreensão dos aspetos essenciais associados à Terceira Revolução Industrial, integrem a arquitetura neste processo e sugiram percursos futuros.

Enquadramento

A expressão *Terceira Revolução Industrial* tem sido por vezes utilizada para nomear o que é mais frequentemente designado de *Revolução Digital*. A Revolução Digital teve início após a Segunda Guerra Mundial, com o desenvolvimento do transístor, dos semicondutores e de outras tecnologias associadas à microeletrónica, como o resultado do esforço, durante a Guerra, para obter técnicas de tornar as comunicações mais seguras (Boone e Peterson s.d.).

Mais recentemente, num livro publicado em 2011 da autoria de Jeremy Rifkin, o termo "*Third Industrial Revolution*" é parte integrante do título. Neste caso, Jeremy Rifkin designou de Terceira Revolução Industrial as consequências da futura combinação entre a tecnologia das redes digitais e a produção, armazenamento e distribuição de energias renováveis (Rifkin 2012, p. 2). Trata-se, essencialmente, da possibilidade de produção individualizada, em pequena escala, de energia que é

ISCTE IUL
Instituto Universitário de Lisboa
University Institute of Lisbon

posteriormente partilhada de uma forma rápida e flexível, através de redes digitais integradas. O caráter revolucionário associado a esta combinação reside, segundo o autor, no potencial novo paradigma económico que lhe está associado.

A conotação que no entanto está na base da ideia do LabTA 2013-14 é a que associa a Terceira Revolução Industrial às tecnologias digitais emergentes aplicadas aos processos de conceção, produção e fabrico industrial, associação que surge no artigo "*A Third Industrial Revolution*" publicado pela revista *The Economist* em 21 de Abril de 2012 (Anon 2012).

Foram descobertas, inventadas e desenvolvidas, nos últimos anos, tecnologias, de base digital e associadas a ferramentas computacionais, que permitem um nível de compreensão significativamente mais aprofundado sobre alguns dos instrumentos que a arquitetura utiliza, desde a sua idealização à sua utilização, passando naturalmente pela sua materialização.

Está em causa, antes de mais, a capacidade de gerar, manipular, visualizar e representar geometrias complexas, conferindo, ao ato de projetar, uma liberdade totalmente insuspeita há poucos anos. O processo de conceção adquire ainda novas potencialidades ao incorporar as funcionalidades relacionadas com as tecnologias de comunicação digital. Refira-se, por exemplo, a colaboração simultânea, em tempo real, de vários intervenientes.

Por outro lado, as plataformas utilizadas no projeto podem estabelecer uma relação direta, sem intermediação adicional, com as tecnologias de produção e fabricação digitais, cuja escala atingirá o nível industrial muito em breve. Significa isto que, para além de protótipos e materializações experimentais, rapidamente será realidade a produção de elementos construtivos à escala real, em ambiente fabril ou no estaleiro de construção.

O próprio ato de construir conhecerá profundas alterações na medida em que a robotização industrial, até aqui apenas utilizada em fábricas, tornar-se-á portátil e ajustável às configurações típicas de um estaleiro de construção.

No que diz respeito aos materiais, a escala da nanotecnologia torna realidade a sua manipulação na procura de possibilitar o cumprimento de novas funcionalidades. Considere-se, por exemplo, o desenvolvimento de materiais com memória de forma.

Estes desenvolvimentos recentes têm ainda promovido uma reflexão acerca do atual paradigma de projeto que baseia a produção de arquitetura. Trata-se de um processo iterativo, em que forma, material e desempenho se condicionam apenas de forma indireta. Os requisitos de comportamento, relacionados com o uso do espaço por parte das pessoas, são frequentemente incorporados em fases tardias do processo de conceção. As ferramentas digitais de projeto já hoje disponíveis, pelo simples facto de permitirem maior rapidez e controlo simultâneo sobre um grande conjunto de dados, permitem considerar conjuntamente uma idealização conceptual e um conjunto de requisitos de desempenho. Neste processo, designado habitualmente de *performance-based design*, forma, função e material condicionam-se mutuamente, permitindo uma profunda coerência projetual.

Tem sido também desenvolvido um novo paradigma para a avaliação de ideias, do projeto e do próprio espaço construído. A possibilidade de avaliação, em fases anteriores ou posteriores à construção, da qualidade dos espaços arquitetónicos através do recurso à sua simulação em ambientes virtuais (imersivos ou não) constitui uma vantagem que tem vindo a merecer interesse por parte da comunidade científica e cujos resultados têm vindo a ser aplicados em locais concretos, quer em obra nova quer em reabilitação. Desde a avaliação das qualidades configuracionais bidimensionais do espaço construído, no sentido de identificar a sua influência no comportamento da sociedade, até à avaliação do espaço tridimensional, as ferramentas digitais têm vindo a ser utilizadas no sentido de prever o comportamento das pessoas no espaço e com isto identificar problemas de conceção e ainda potencialidades do espaço. A simulação tridimensional num ambiente virtual imersivo permite-nos avaliar diversos parâmetros, entre eles a inteligibilidade do espaço, o que, numa realidade bidimensional ou tridimensional em pequena escala, não é possível.

A este contexto extremamente dinâmico, têm sido por vezes associados outros conceitos cujo desenvolvimento parece caber na resposta mais abrangente aos desafios lançados pela forma como a atividade humana utiliza recursos e gera resíduos. É o caso, por exemplo, dos conceitos de *resiliência* ou de *ecologia dos edifícios*.

Projetar, experimentar, avaliar, fabricar e construir, com novos materiais, num processo interdependente e coerente, procurando respostas aos desafios contemporâneos. O que são, de facto, estas novas ferramentas e conceitos? Como têm sido utilizados? Quais as suas implicações na produção de arquitetura, entendida no seu sentido mais lato, englobando projeto, construção e uso? Qual o papel do património existente? Quais os desafios futuros neste novo paradigma?

Estas são as questões em estudo no trabalho deste laboratório. O que se pretende finalmente clarificar, ainda que de forma inevitavelmente incompleta, é o papel que a arquitetura, apoiada no paradigma digital, pode desempenhar numa revolução que, no contexto ecológico e social em que vivemos, parece já inevitável.

Metodologia de trabalho

O LabTA propõe cinco áreas gerais de investigação, às quais estão associados diversos temas de trabalho. As cinco áreas são:

- Processos digitais: aplicação ao projeto de arquitetura;
- Processos digitais: geração, simulação e avaliação;
- Ideia ↔ Bit ↔ Átomo. Novas tecnologias no projeto arquitetónico e industrial;
- Conservação e reabilitação;
- Ecologia da arquitetura.

No início do funcionamento do laboratório, os alunos selecionarão a área em que pretendem realizar a sua investigação. O trabalho compreenderá, no primeiro semestre, períodos letivos regulares que serão partilhados pelos docentes, para exposição teórica das áreas e dos temas em estudo, e pelos alunos, para relatar e discutir, em grupo, o desenvolvimento do seu trabalho. Fora dos períodos letivos, os alunos desenvolverão em grupo, numa primeira fase, uma análise do estado da arte relativa a cada uma das áreas propostas. Após a discussão desta primeira etapa, será iniciado o trabalho individual, momento em que será selecionado o tema de investigação.

No segundo semestre, os períodos letivos serão o lugar principal de apresentação e discussão dos resultados que forem sendo obtidos por cada aluno no que diz respeito ao seu trabalho individual.

O planeamento letivo do primeiro semestre é o indicado no quadro 1.

O desenvolvimento da investigação a realizar pelos alunos será enquadrado nas seguintes fases e datas de entrega dos documentos escritos respetivos:

- Análise do estado da arte (em grupo): 13.nov.2013;
- Plano de investigação individual: 11.dez.2013;
- Trabalho em curso, na forma de artigo científico: 26.fev.2014;
- Ensaio teórico - versão provisória: 14.mai.2014;
- Ensaio teórico - versão final: 16.jul.2014;

Quadro 1 – planeamento letivo do primeiro semestre.

Aula	***Tema***
1	Introdução, apresentação detalhada dos objetivos, das áreas e dos temas de investigação
2	Investigação científica: planeamento e execução, métodos e formas
3	Processos digitais: computorização e computação
4	Simulação e avaliação do espaço físico através de ferramentas digitais
5	Ideia ↔ Bit ↔ Átomo. Novas tecnologias no projeto arquitetónico e industrial
6	Diagnóstico na conservação do património arquitetónico
7	Arquitetura, nanotecnologia e materiais na revolução industrial 3.1
8	Fabricação digital: Vitruvius FabLab-IUL
9	Apresentação da análise bibliográfica realizada por cada grupo
10	Acompanhamento ao trabalho
11	Acompanhamento ao trabalho
12	Apresentação do plano individual de investigação

Temas de investigação

Os temas de investigação propostos, por cada área geral, são os que se referem de seguida.

Processos digitais: aplicação ao projeto de arquitetura
[Alexandra Paio]

- Processos de RE- D[igital]ESIGN: repensar a estratégia de projeto com base em lógicas *bottom-up*;
- Processos contemporâneos em arquitetura: a importância da geometria na investigação e na prática de projeto;
- Dos processos digitais para a computação: desenvolvimento de um pensamento paramétrico e algorítmico integrado na lógica de projeto;
- Processos inclusivos: ferramentas CAD-CAE-CAM e processos de geração, fabricação, automação, simulação e interação.

Processos digitais: geração, simulação e avaliação
[Sara Eloy]

- A utilização de tecnologias de realidade virtual (imersiva ou não) e realidade aumentada no processo de projeto e na avaliação sensorial do espaço construído ou simulado;
- Análise e avaliação do espaço existente e proposto com recurso a teorias de análise como o *Space Syntax* e/ou dispositivos inteligentes para avaliação sensorial;
- Projeto com base em processos generativos computacionais - gramáticas de forma;
- Inovação em processos construtivos baseados no uso de tecnologias digitais.

Ideia ↔ Bit ↔ Átomo. Novas tecnologias no projeto arquitetónico e industrial
[Ricardo Resende]

- Promessas e limites da impressão 3d: materiais e tecnologias;
- Do real ao digital (e vice-versa): 3d *scanning* na análise do local;
- Novas filosofias de projeto. O desempenho integrado das construções nas mãos do Arquiteto.

ISCTE IUL
Instituto Universitário de Lisboa
University Institute of Lisbon

Conservação e reabilitação
[Soraya Genin]

- Análise da evolução histórica/construtiva do edificio ou território / aplicação ao projeto;
- Análise das anomalias construtivas / aplicação ao projeto.

Ecologia da arquitetura
[Vasco Rato]

- Ecologia da arquitetura: o espaço construído é um ser vivo?
- Resiliência e adaptação: o sistema arquitetónico;
- Nanotecnologia e arquitetura;
- Materiais na revolução industrial 3.1.

Referências

Anon, 2012. A Third Industrial Revolution. Special Report Manufacturing and Innovation. The Economist. Disponível em: http://dc.mit.edu/sites/dc.mit.edu/files/Econ%20Special%20Rpt%20Manufactur.pdf;

BOONE, J. V. and PETERSON, R. R. sem data. Sigsaly - The Start of the Digital Revolution. [Em linha]. National Security Agency. [Consult. 09.set.2013]. Disponível em: http://www.nsa.gov/about/cryptologic_heritage/center_crypt_history/publications/sigsaly_start_digital.shtml;

RIFKIN, J., 2012. Beyond Austerity. A Sustainable Third Industrial Revolution Economic Growth Plan For the European Union. (An Executive Summary of Jeremy Rifkin's Keynote Speech for the *Mission Growth Summit: Europe at the Lead of the New Industrial Revolution*, hosted by The European Commission, May 29th 2012). Disponível em: http://ec.europa.eu/enterprise/policies/innovation/files/mg-speech-rifkin_en.pdf.