

João Antunes

REALOJAMENTO
DO BAIRRO DO SEGUNDO TORRÃO
- Trafaria, Almada

VARP
NO PROCESSO DE REPRESENTAÇÃO E
PRODUÇÃO DE ARQUITECTURA
- Veículo Aéreo Remotamente Pilotado

ISCTE-IUL - Instituto Universitário de Lisboa
Novembro, 2019

Mestrado Integrado em Arquitectura

Projecto Final de Arquitectura - 2018/2019

João Gonçalo Dores Antunes

I. Vertente Prática

Grupo de trabalho:

Bruna Moreira, Filipe Prudêncio, Francisco Freitas,
Paulo Góis e João Antunes

Parte individual:

Realojamento do Bairro do Segundo Torrão

Tutor(a):

Prof. Doutor Pedro Luz Pinto
(professor auxiliar do ISCTE-IUL)

II. Vertente Teórica

Relevância do VARP no Processo de Representação e Produção de Arquitectura

Orientador(a):

Professor Doutora Sara Eloy
(professora auxiliar do ISCTE-IUL)

Coorientador(a):

Professor Doutor Pedro Luz Pinto
(professor auxiliar do ISCTE-IUL)

Novembro, 2019

ISCTE-IUL – Instituto Universitário de Lisboa

Nota

O presente documento tem como objeto a introdução ao trabalho desenvolvido na vertente teórica e prática de Projecto Final de Arquitectura (PFA), no Mestrado Integrado em Arquitectura (MIA), realizado pelo autor João Gonçalo Dores Antunes, no Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), no decorrente ano letivo 2018/2019.

Realojamento do Bairro do Segundo Torrão

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

João Gonçalo Dores Antunes

Tutor(a)

Professor Doutor Pedro Pinto
(professor auxiliar do ISCTE-IUL)

Novembro, 2019

ISCTE-IUL – Instituto Universitário de Lisboa

Índice

1. Introdução	3
2. Trabalho de grupo	5
2.1. <i>Trafaria: centro e periferia da Grande Lisboa</i>	5
2.2. <i>Território e Ordenamento</i>	6
2.3. <i>Estratégia de Intervenção</i>	12
2.4. <i>Desenhos técnicos</i>	14
3. Trabalho individual	20
3.1. <i>Programa proposto</i>	20
3.2. <i>Proposta</i>	20
– Memória descritiva	20
– Desenhos Técnicos	26
4. Referências	44
4.1. <i>Índice de figuras</i>	44

Introdução

Esta vertente prática de Projecto Final de Arquitectura trata um exercício de análise e interpretação sobre o território da Trafaria, em Almada.

Uma reflexão sobre as possibilidades de reestruturação existentes no local deste estudo procura algumas formas de transformação e consolidação deste território através da concessão de uma primeira estratégia de grupo que propõe uma ideia de revitalização urbana assente num conjunto de princípios específicos. As intenções desta estratégia tornam-se a base do trabalho individual realizado simultaneamente por cada um dos elementos deste grupo de trabalho. Após a identificação de um programa específico, cada elemento do grupo desenvolve uma proposta individual de projecto, inserindo-a nos princípios da estratégia de intervenção comum ao grupo de trabalho.

Nesta apresentação, a exposto inicialmente o trabalho de grupo contextualiza o âmbito do trabalho e o território onde este se insere. Após a componente de grupo, a proposta de projeto individual complementa a estratégia de intervenção, apresentando uma proposta concreta sobre um programa específico.

Trabalho de grupo

“Um novo eixo da Trafaria à Cova do Vapor”

2.1. Trafaria: centro e periferia da Grande Lisboa

O enunciado de Projeto Final de Arquitetura, do ano letivo referente, lança o título “Trafaria, tão longe e tão perto do Centro”.

Situada na margem sul do rio Tejo e a poente da ponte 25 de Abril, a zona de estudo incide na área ribeirinha desde Porto Brandão à Cova do Vapor, caracterizada por um forte contraste entre estruturas popular e industriais de grande porte. O lugar da Trafaria surge no momento em que a arriba fósil da Caparica vira-se para o rio e encontra o seu plano de água. É a rótula de transição entre o oceano e o rio, de frente para Lisboa.

Outrora um local balnear para a comunidade da outra margem e um local de veraneio devido à sua proximidade de Belém, era espectável ser a alternativa à linha de Cascais. No entanto, não ultrapassou o estigma de ser na outra margem, num local de topografia escarpada, “inacessível, de antigos areais improdutivos, junto a fortalezas onde ficaram degredados, doentes de quarentena ou contrabandistas”. Lugar de alojamentos precários e populares, a escala de um pequeno aglomerado e a romântica paisagem contrasta com a escala excessiva de infraestruturas portuárias, que ocuparam e modificaram não só grande parte da margem como subiram pela encosta acima.

Da informalidade entre a grande indústria, o porto e as pequenas zonas habitacionais, consolidadas ou não, da presença de uma cultura piscatória, de uma tradição de veraneio e de colónia balnear e até mesmo de um certo ativismo por parte da população, resulta um sentimento de melancolia.

A pressão urbanística, o plano diretor municipal e toda a atividade turística que está a gentrificar a capital antevê muito rapidamente transformações pela grande atratividade

paisagística do lugar. Não só existem zonas de PER por consolidar como a ausência de transformação fez com que algum do património se tenha mantido adormecido, e por isso expectante.

Nesse sentido, o exercício de projeto vem construir um conjunto de ações estruturantes, refletindo sobre uma ideia de transformação e construção atenta às condições económicas, sociais e do património arquitetónico do local.

2.2. Território e Ordenamento

A etimologia da palavra “Trafaria” refere-se à palavra “tarrafa”, que significa em rede de pesca com o vocábulo “arena” de areia. A evolução fonética, com o passar dos tempos, acabou por substituir “Trafarena” por Trafaria. A sua origem, portanto, esteve num pequeno aglomerado de pescadores que se estabeleceram neste território por razões de atividades económicas e ocuparam um primeiro núcleo.

Devido à topografia acentuada a Norte e a Poente do centro, pelos pinhais que desciam a falésia, e à atratividade dos areais que rumavam às praias da Costa, o movimento de expansão do aglomerado seguiu a mesma direção, para Nascente. Pelo que é notável uma segunda ocupação junto à antiga costa areal, que tinha ligação ao forte do Bugio. Possivelmente devido aos aterros feitos na margem Norte e às contínuas dragagens feitas a meados do século passado, o areal recuou e a ligação deixou de ser possível estabelecer-se, resultando na perda de milhares de hectares de praia e pinhal.



Fig. 1
Trafaria
Antiga frente ribeirinha

A industrialização do país, que também originou profundas alterações na ocupação e no ordenamento do território, veio porventura descaracterizar uma paisagem marcada pelos pinhais adjacentes às dunas que qualificavam toda a frente ribeirinha.

Em 1873 é implantada na região a fábrica de pólvora com três polos ligados e distribuídos a nascente da vila, sendo um deles na década de 70, em 1973, demolido para erguer a Escola Básica do 2º e 3º ciclo da Trafaria, em funções até hoje. Nos anos 60 foi construído o depósito da Nato e o pontão militar, atualmente desativado. E por fim, com o maior impacto a nível de paisagem, na década de 70 a vila, apesar de algum sinal de atividade piscatória, ganha, ou não, um novo pano de fundo marcado pela escala da grande indústria. Na frente onde um aglomerado de casas populares de pescadores se implantava, é construído o Terminal Cerealífero. Uma infraestrutura de grande porte composta por um dos maiores silos da Europa e com um portocaís para a distribuição e comercialização dos respetivos cereais.

É no perímetro desta área industrial que surgem, na mesma época, dois assentamentos informais de dimensões significativas sobre solo dunar, conhecidos por Torrão 1 e 2. Dois bairros marcados pelo não ordenamento, sem infraestruturas condignas e em condições insuficientes.

Atualmente, a discussão sobre o território da Trafaria tem fundamento na erosão e no avanço das águas na orla costeira. Devido ao crescimento do edifício informal e formal mesmo junto à frente ribeira e com o recuo das areias que protegiam a orla, a zona da Cova do Vapor e do Segundo Torrão é frequentemente alvo de destruição pela inclemência do mar.

No entanto, com a construção do movimento das marés oceânicas acumularam-se, no que é hoje a Praia do Segundo Torrão. Ao contrário da erosão que as praias da costa têm sofrido e da não reposição natural das areias, a Praia do Segundo Torrão tende a crescer protegida.



Fig. 2
Joshua Benoliel
Transporte da sardinha na Trafaria,
início do século XX.



Fig. 3
Trafaria
Crianças na praia, em 1909.



Fig. 4
Sistema dunar
O encontro entre a estrutura
dunar e as habitações.



Fig. 5
Terminal Cerealífero
O confronto de escadas.

2.3. Estratégia de Intervenção

A estratégia de intervenção tem como objetivo inverter a atual situação de uma ocupação precária, descaracterizada e desadequada face aos valores ambientais e naturais da frente ribeirinha entre a Cova do Vapor e a Trafaria. Procurou-se valorizar o sentido ecológico e de paisagem deste território, através de um processo de renaturalização do sistema dunar, recuperação e ligação da zona de pinhal existente e reabertura do troço final da vala de drenagem da mata de São João da Caparica, fechado entre as décadas de 60 e 70 pelo bairro do Segundo Torrão.

Nesse sentido, como mote de ordenamento do território, retoma-se um caminho que antigamente ligava os três polos da fábrica de pólvora, estruturador para o crescimento a poente do centro histórico da Trafaria.

Esse novo eixo surge então reestruturado. Para além de uma nova via rodoviária, alberga um meio de transporte público ferroviário resultante do prolongamento e melhoramento do atual Transpraia, que opera desde a Fonte da Telha. Isto permite que haja uma continuação de mobilidade desde o porto de embarque de passageiros no centro. A posição do eixo representa também o recuo da massa de edificado da orla costeira para o interior e a sua substituição por paisagem dunar, protegendo assim os novos assentamentos.

Junto à nova infraestrutura implanta-se o realojamento habitacional do Bairro do Segundo Torrão, ocupando uma nova pegada central orientada pela vala. É também proposto, como complemento ao bairro, um novo Centro Comunitário. Um espaço cívico aglomerador de programas de apoio ao bairro, tais como a assembleia de moradores, atelier para crianças, oficina comunitária e espaços de convívio.

Com o desenho de uma nova malha, a articulação com a existente é feita pelo reposicionamento da Escola Básica da Trafaria junto à avenida principal. A escola vem estabelecer a transição, quer urbana quer programática, pela abertura dos seus espaços à comunidade.

A demolição e recuo da mancha edificada existente para o novo eixo, permite a continuidade do pinhal e a reposição do sistema dunar. No entanto, como mote de valorização,

o primitivo assentamento de pescadores junto à linha de costa é requalificado, através de um desenho cuidado do espaço público, assim como da criação de percursos de lazer e de infraestruturas leves de acesso à praia. Esses percursos procuram também dar continuidade à linha pedonal que começa na marginal do centro.

Esta interpretação sugere três zonas programáticas. Com o objetivo de pontuar os limites do assentamento, a poente surge o redesenho do recreio da Escola primária da Trafaria com um novo campo de jogos em estreita relação com as atividades balneares, e a Oeste é proposta uma estância banhar através da recuperação e integração dos depósitos desativados e do pontão de abastecimento da Nato. Uma terceira intervenção assenta na proposta de construção habitacional, procurando colmatar alguns dos vazios existentes na morfologia.

2.4. Desenhos técnicos

Planta

– Síntese da análise



100 m



Planta

– Estratégia de implantação

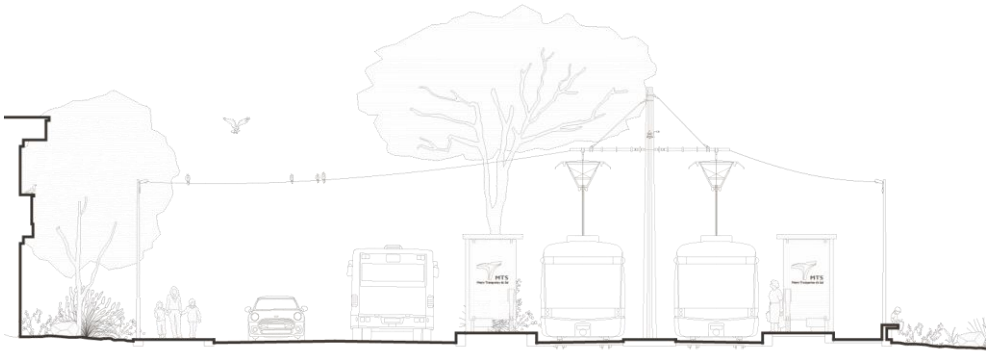


100 m



Perfil

– A nova via rodoviária e o novo meio de transporte público ferroviário



Trabalho individual

3.1 Programa proposto

Em articulação com a análise e a interpretação realizada em contexto de grupo, este trabalho individual incide na proposta de construção habitacional – uma das questões identificadas como um ponto de especial sensibilidade do território.

Considerando um conjunto de fatores como a precariedade das condições atuais deste bairro e o elevado risco associada à sua localização demasiado próxima à linha de costa, o trabalho propõe a criação de um novo conjunto habitacional que, numa perspectiva de substituição do atual bairro, atende simultaneamente algumas considerações da estratégia de grupo – voltadas para uma reestruturação da linha de costa ocupada hoje parcialmente por este aglomerado informal de casas.

Este “Realojamento do Bairro do Segundo Torrão” torna-se a principal condição sobre o programa, contruindo uma ideia de reenquadramento social destes habitantes através de uma nova condição de habitação regular.

3.2 Proposta

– Memória descritiva

A morfologia da proposta desenvolve-se sobre uma linguagem horizontal, procurando relacionar-se com a paisagem envolvente do local em estudo. O conjunto das unidades de habitação baixas com dois e três pisos estabelecem este equilíbrio entre o projecto e a envolvente marcada pelo rio, pelas dunas e pelas árvores.

A pré-existência da vala de drenagem da mata de São João da Caparica torna-se um elemento relevante no projecto, marcando a génese de desenvolvimento desta proposta.

Embora coberta parcialmente pelo Bairro do Segundo Torrão, numa posição mais recuada em relação ao rio, parte desta vala continua a céu aberto. Relembrando a existência da sua continuação até ao rio, este troço de vala potencia a criação de um ambiente singular a partir deste elemento urbano, alimentando o imaginário do projecto que entende este como um fator de caracterização e valorização do território.

Composto por seis unidades de habitação, o projecto desenvolve-se assumindo esta vala como um elemento central de mediação entre as volumetrias do projecto.

No topo de cada bloco habitacional, a proximidade à vala permite uma maior interação das habitações com o plano de água. Através de um grande vão, a relação deste ambiente exterior com o interior das habitações aumenta. Neste caso, a cozinha e a sala, que compõem o espaço transversal das habitações, confrontam-se com esta vista privilegiada.

Entre as unidades de habitação, a existência de uma rua perpendicular à vala permite ainda uma relação directa entre esta e o espaço público do bairro.

O pátio existente em cada uma das unidades de habitação procura um ambiente de privacidade no espaço que antecede as galerias de acesso às habitações. O atravessamento de uma pala de betão durante a entrada no pátio estabelece um filtro entre este e o ambiente da rua. No piso térreo, as bandas de habitação permitem em dois pontos o seu atravessamento transversal. Nestes núcleos o acesso à galeria do segundo piso é feito a partir de uma escada.

O sistema modular desenvolvido permite obter várias tipologias. Tendo como base as mesmas métricas e os mesmos módulos, as quatro tipologias presentes no projecto, do T1 ao T4, estabelecem-se sobre o mesmo código de relações espaciais no seu interior.

No primeiro piso estão presentes apenas as tipologias mais pequenas: T1 e T2. No segundo piso, o sistema tipológico em *duplex* permite a criação da tipologia maiores: T3 e T4 - originando um conjunto de volumetrias na cobertura.

No lugar correspondente ao compartimento de arrumos das habitações do piso térreo, uma escada permite a criação da tipologia duplex no piso 2. Com a mesma matriz de planta, este acesso possibilita a ampliação das tipologias.

Ao conter dois quartos e uma casa de banho, o terceiro piso amplia as tipologias base, permitindo a criação da tipologia T3 e o T4 nos lugares das tipologias T1 e T2, respetivamente.

Uma estrutura em "deck" permite uma utilização parcial da cobertura do edifício a partir de cada duplex. Utilizando a métrica do revestimento da fachada, o pavimento desta área estabelece uma continuidade entre o plano do alçado e o plano da cobertura.

O sistema de cortinas presente nos vãos do projecto permite um jogo nos alçados, exercendo nestes uma composição imprevisível através das diferentes dinâmicas de utilização deste sistema em cada uma das janelas das habitações.

Com as seis unidades de habitação, o projecto alcança um número de 108 habitações, disponibilizando 18 habitações em cada uma das unidades deste conjunto

Variedade tipológica de uma unidade de habitação:

T1 – 4 habitações; T2 – 6 habitações; T3 – 4 habitações; T4 – 4 habitações.

A métrica do projecto, perceptível através da geometria da sua base, constrói todas as relações tipológicas e princípios de composição do espaço interior das habitações.

O edifício é constituído por dois elementos principais: a estrutura de betão e as volumetrias de madeira. O contraste entre estas duas materialidades afirma a dicotomia entre estes dois sistemas construtivos presentes no projecto.

As fachadas cegas que se voltam para a rua comunicam de forma clara a madeira como uma das materialidades caracterizadoras do projecto, construindo a imagem da rua a partir destes planos.

No interior das habitações, o sistema construtivo constituído por painéis de madeira laminada cruzada (CLT - *cross laminated timber*) procuram uma justa relação entre uma caracterização do espaço interior das habitações e a sua eficiência construtiva.

A estrutura de betão das galerias de acesso às habitações procura um contraste com as superfícies de madeira. Ao construir o sistema de fundações de cada bloco habitacional, esta estrutura estabelece ainda a relação da construção com o terreno/vala.

No pátio, o pavimento em saibro procura ainda um diálogo entre a materialidade orgânica da vala e a realidade construída do projeto caracterizada pelo betão e a madeira.



Fig. 6
A valla e o Bairro
O conflito entre o assentamento de casas e a linha de água já coberta.



Fig. 7
A vala e o Bairro (2)
A proximidade das casas à frente ribeirinha e a interrupção da estrutura dunar.

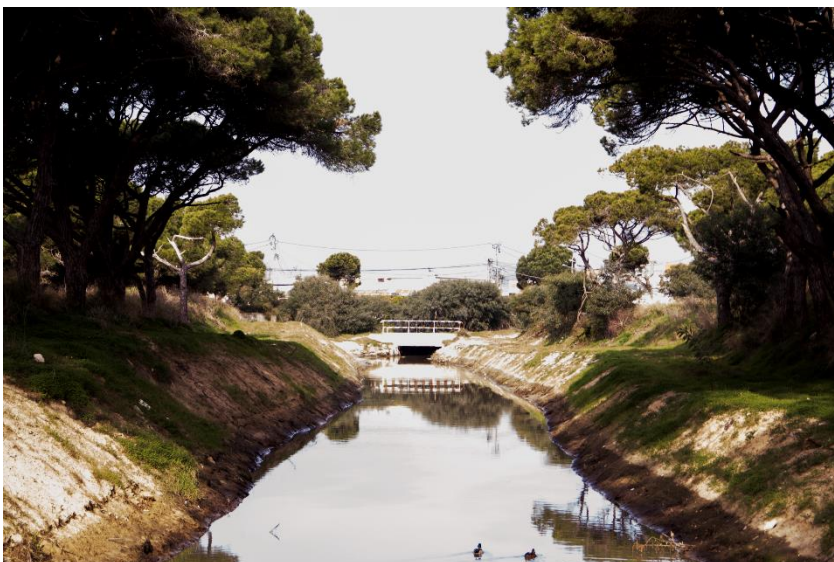


Fig. 8
A vala
O ambiente da vala – a sua água, terreno natural e as copas das árvores bastante presentes.

– **Desenhos Técnicos**

Planta e perspectiva

– Implantação do projecto



10 m



Alçados de conjunto

- Conjunto habitacional



IC



ID



IB

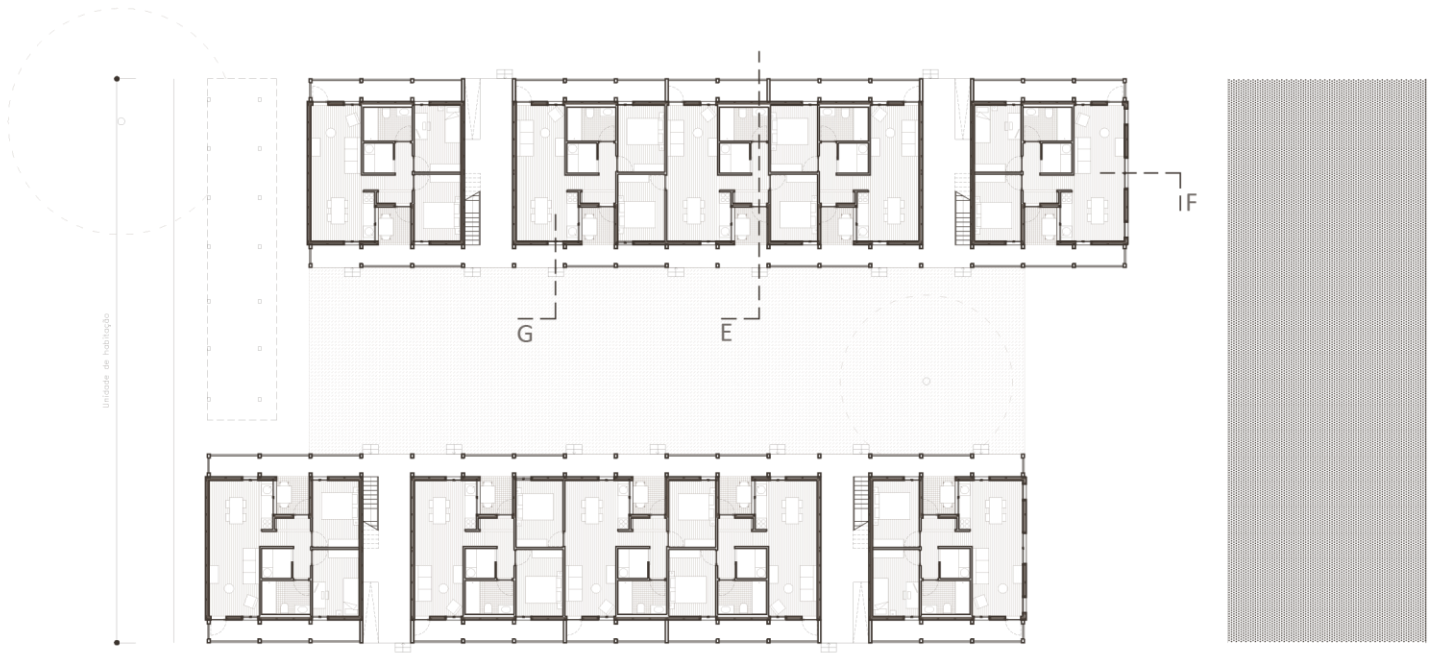


IA

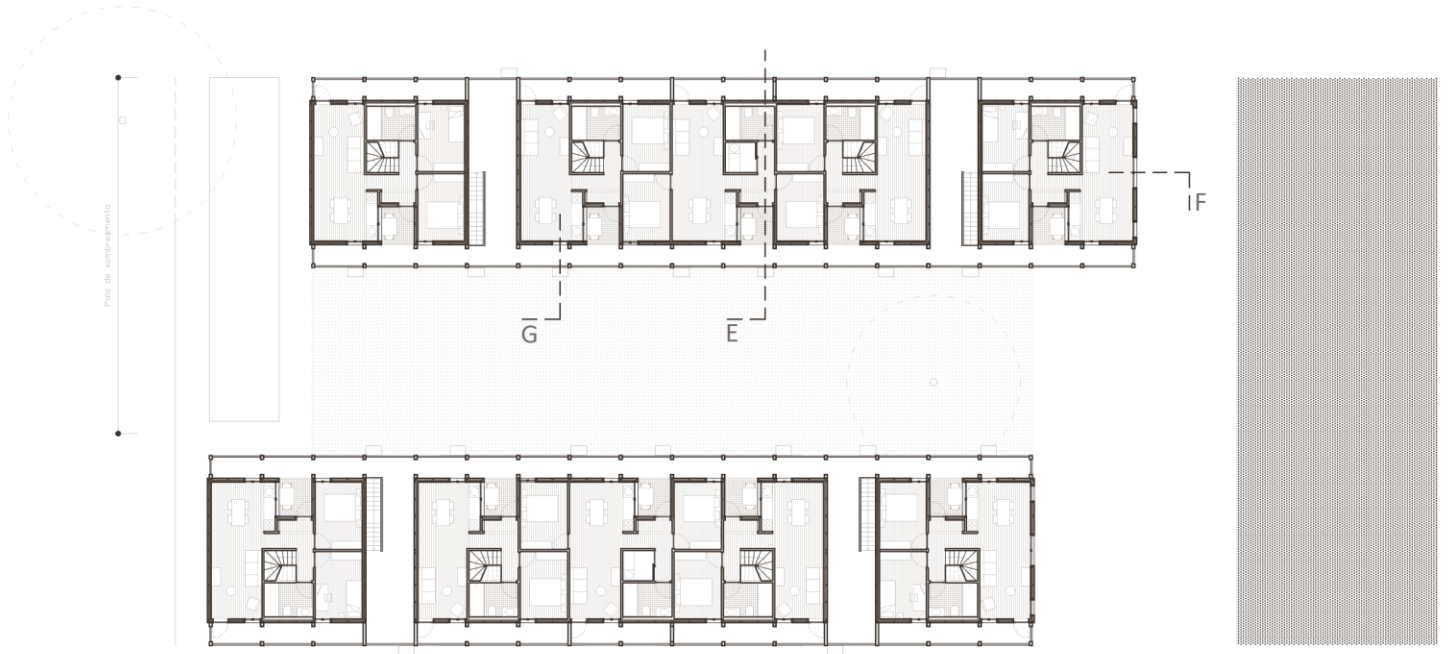
10 m

Plantas

– Unidade de habitação

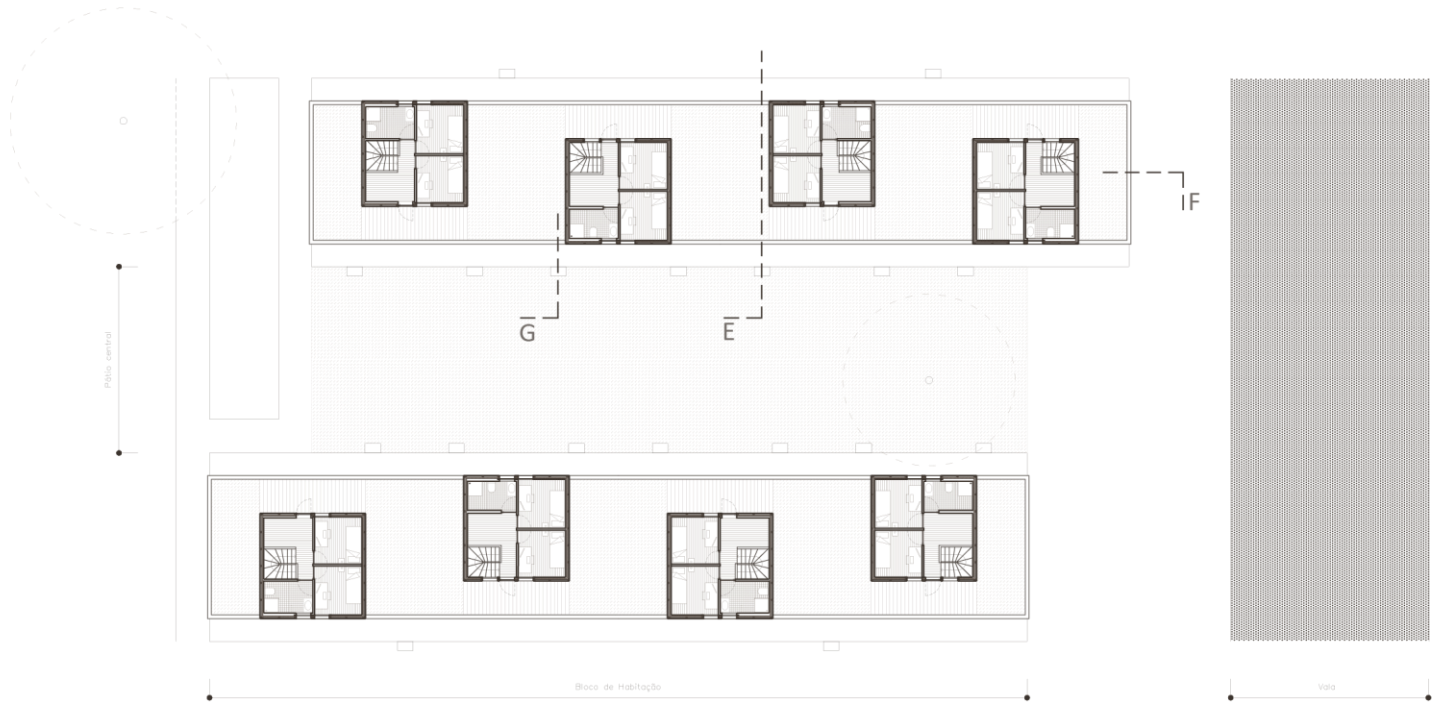


Piso térreo



Piso 2





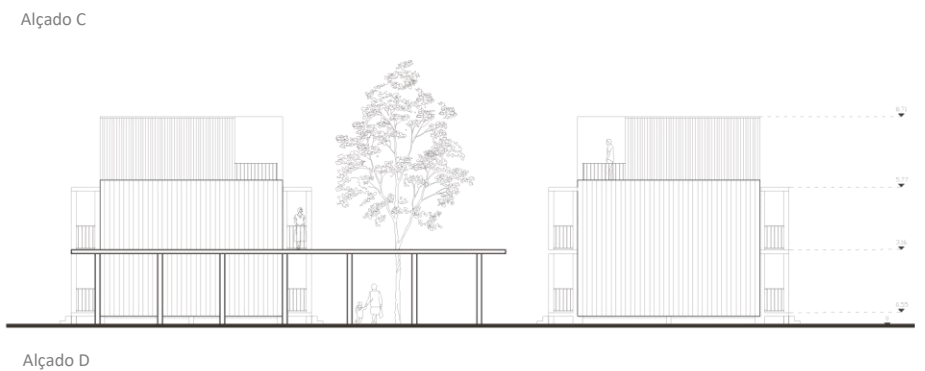
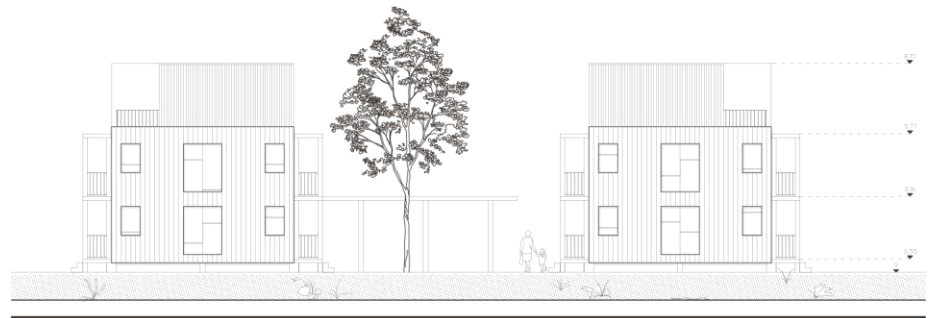
Piso 3

2 m



Alçados

– Unidade de habitação



1 m

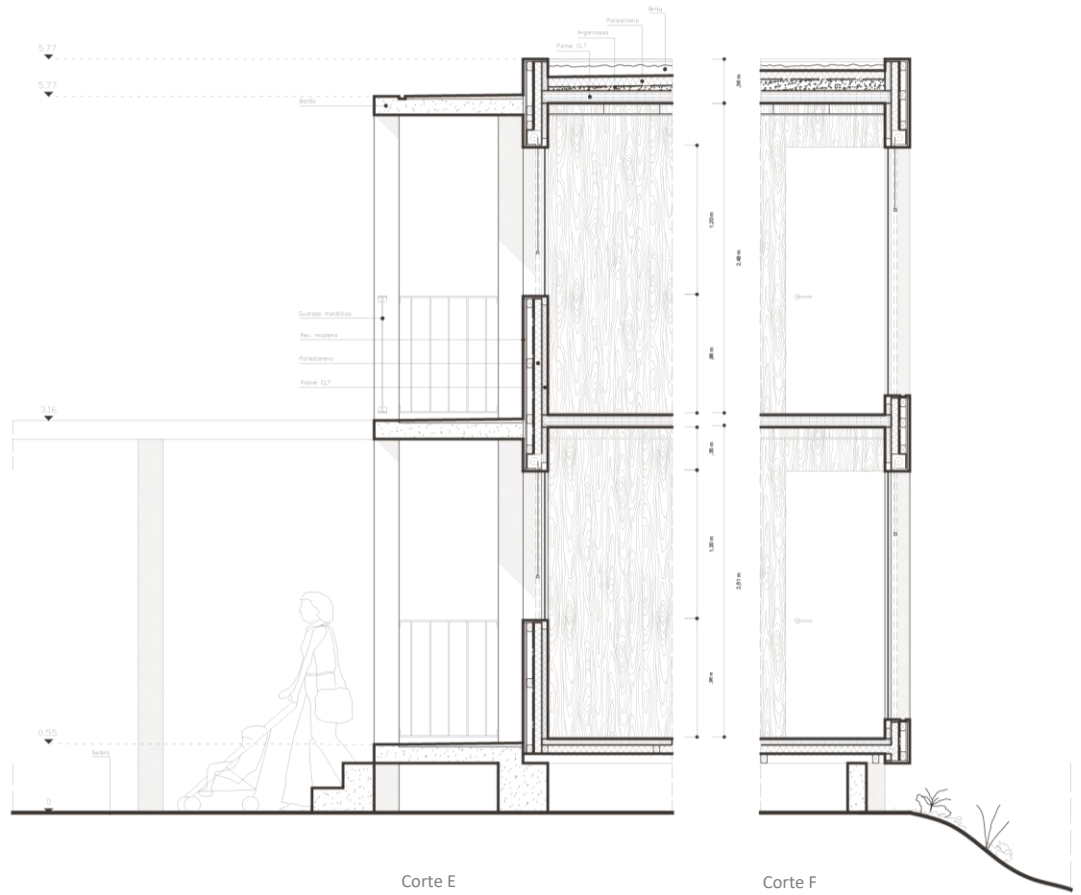
Cortes Construtivos

– E, F e G



Corte G

1 m



0,5 m

Axonometria e perspectiva da proposta

- Estrutura e sistema funcional

Volumetrias das tipologias
"duplex"

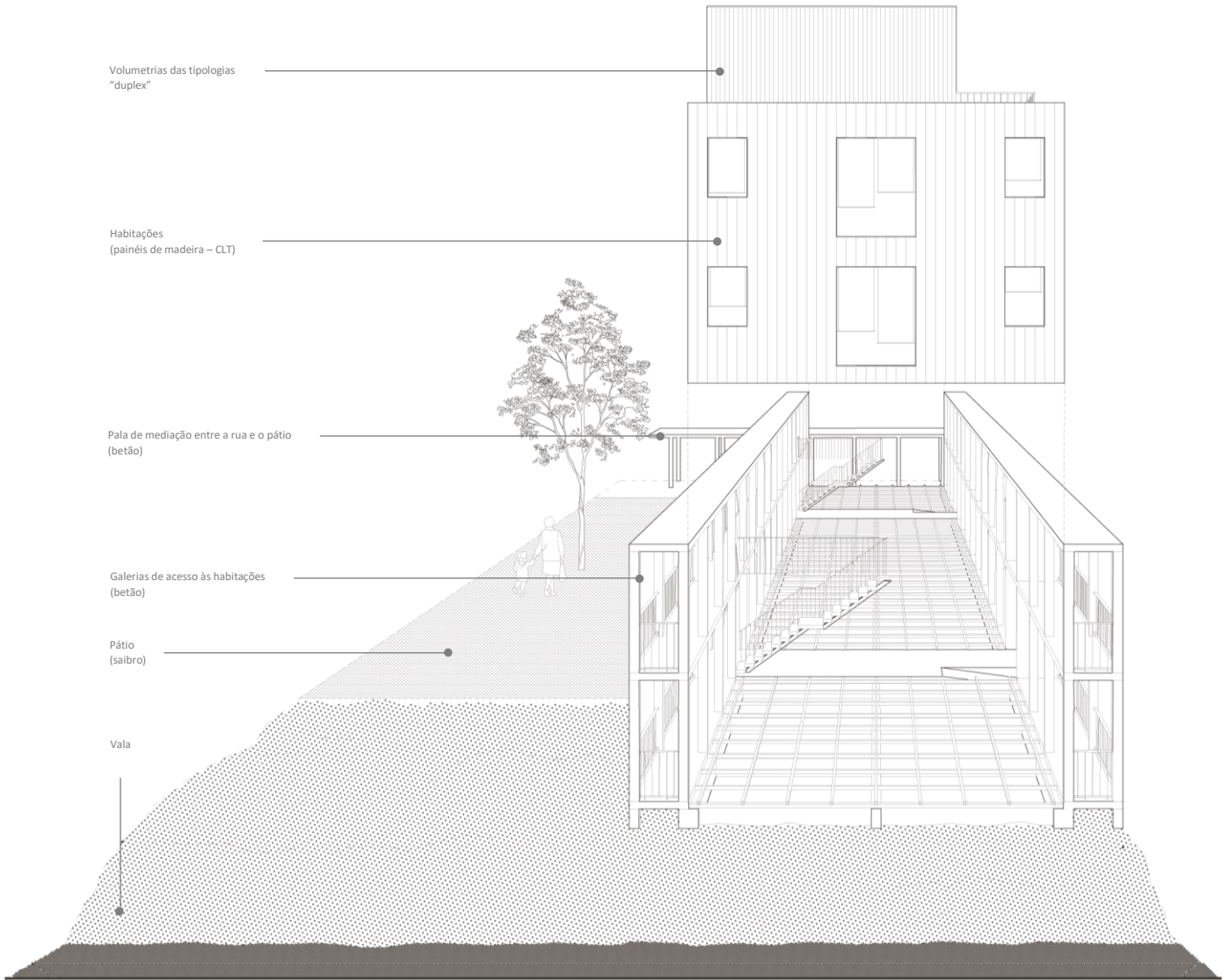
Habitaciones
(painéis de madeira – CLT)

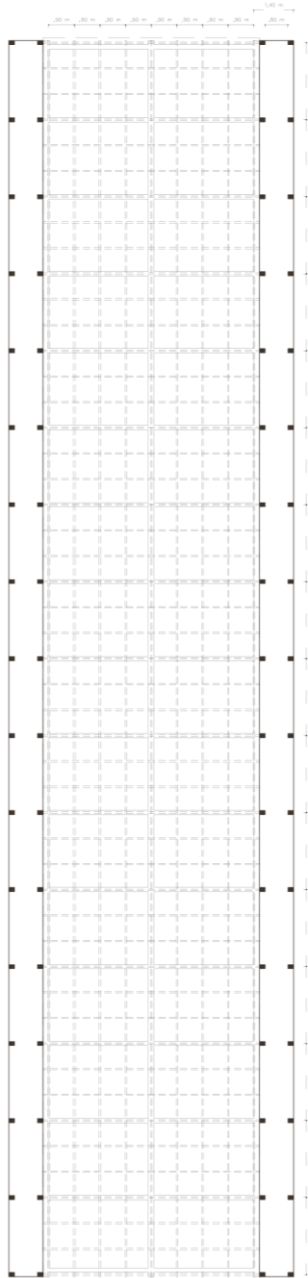
Pala de mediação entre a rua e o pátio
(betão)

Galerias de acesso às habitaciones
(betão)

Pátio
(saibro)

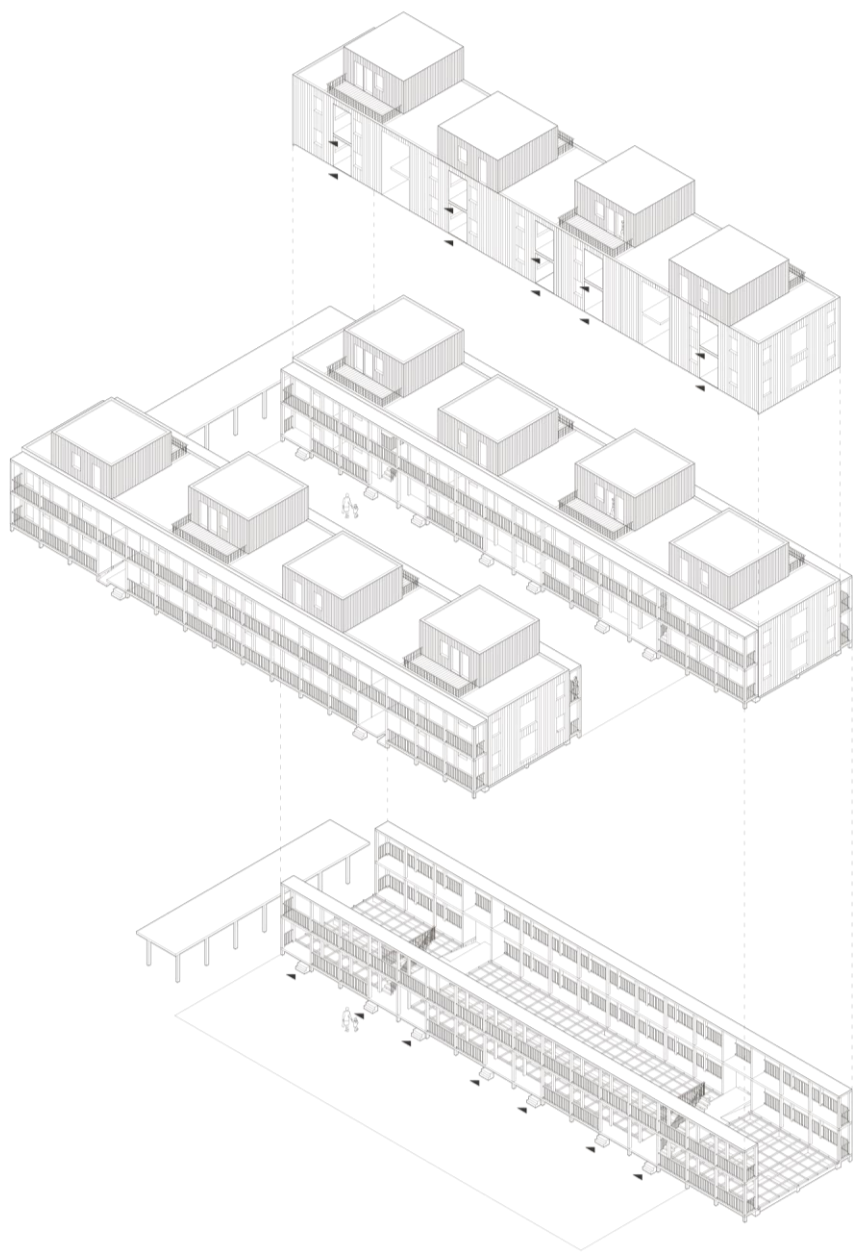
Vala





2 m

A horizontal scale bar consisting of a solid black line with a total length of 2 meters. The bar is divided into four equal segments by three vertical tick marks.



2 m

4 Referências

4.1 Índice de figuras

Fig. 1 – Trafaria Antiga frente ribeirinha

(<https://www.publico.pt/2015/05/15/local/noticia/almada-expoe-mais-de-um-seculo-de-idas-a-praia-1695638>)

Fig. 2 – Joshua Benoliel Transporte da sardinha na Trafaria, início do século XX.

(<https://almada-virtual-museum.blogspot.com/2014/07/>)

Fig. 3 – Trafaria Crianças na praia, em 1909.

(<http://antigosalunosalmada.blogspot.com/2010/11/criancas-protégidas-pelas-juntas-de.html>)

Fig. 4 – Sistema dunar O encontro entre a estrutura dunar e as habitações.

Imagem produzida pelo(s) autor(es).

Fig. 5 – Terminal Cerealífero O confronto de escalas.

Imagem produzida pelo(s) autor(es).

Fig. 6 – A vala e o Bairro O conflito entre o assentamento de casas e a linha de água já coberta.

Imagem produzida pelo(s) autor(es).

Fig. 7 – A vala e o Bairro (2) A proximidade das casas à frente ribeirinha e a interrupção da estrutura dunar.

Imagem produzida pelo(s) autor(es).

Fig. 8 – A vala, o ambiente da vala – a sua água, terreno natural e as copas das árvores bastante presentes.

Imagem produzida pelo(s) autor(es).

Relevância do VARP no Processo de Representação e Produção de Arquitectura

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

João Gonçalo Dores Antunes

Orientador(a):

Professora Doutora Sara Eloy
(professora auxiliar do ISCTE-IUL)

Coorientador(a):

Professor Doutor Pedro Pinto
(professor auxiliar do ISCTE-IUL)

Novembro, 2019

ISCTE-IUL – Instituto Universitário de Lisboa

Índice

Resumo	50
Abstract	52
Agradecimentos	53
1. Introdução	55
1.1. <i>Preâmbulo</i>	55
1.2. <i>Objetivos</i>	58
1.3. <i>Metodologia</i>	59
2. Contextualização histórica	61
2.1. <i>Vista aérea, Arquitectura e Cidade</i>	61
– O avião e o movimento moderno	68
– A cidade “objeto”	79
2.2. <i>A ampliação tecnológica</i>	87
– Biologia e invenção	87
– Objeto e corpo	91
3. O veículo aéreo remotamente pilotado (VARP)	97
3.1. <i>Os “objetos suspensos”</i>	97
3.2. <i>Aspetos técnicos</i>	101
– Terminologia	101
– Pilotagem	101
– Design	103
– Autonomia energética	104
– <i>Hardware e software</i>	106
– <i>“Fly Safe”</i>	112
– Custos	114

3.3. <i>Áreas de aplicação e potencialidades</i>	116
– Transporte	117
– Agricultura	120
– Arquitectura	122
– Construção robotizada	123
4. Métodos e processos de levantamento em Arquitectura	129
4.1. <i>Métodos terrestres</i>	130
– Ferramentas tradicionais	130
– Fotogrametria Digital Terrestre (FDT)	132
– Hardware	137
– Software	138
– Varrimento Laser 3D Terrestre (VL3DT)	140
– Hardware	141
– Software	142
4.2. <i>Métodos aéreos</i>	144
– Fotogrametria Digital Aérea (FDA)	144
– Hardware	145
– Software	146
4.3. <i>Ponderação entre métodos</i>	150
5. Especulação futura	153
5.1. <i>Evolução e sucessão</i>	153
5.2. <i>Ética e tecnologia</i>	159
6. Caso de estudo – Trafaria, Almada	165
6.1. <i>Objetivos</i>	165
6.2. <i>Metodologia</i>	166
6.3. <i>Resultados</i>	170
6.4. <i>Considerações finais</i>	176
7. Conclusão	178

8. Referências	183
<i>Secção 1</i>	<i>183</i>
<i>Secção 2 - vídeos</i>	<i>188</i>
<i>Índice de figuras</i>	<i>190</i>

Resumo

O surgimento do avião como elemento influente na visão dos arquitetos do movimento moderno do século XX transformou a forma de conhecer e interpretar a paisagem, refletindo-se numa metodologia distinta de planeamento e interação com o território. No século XXI, esta relevância da aeronave perpetua-se com a emergência do veículo aéreo remotamente pilotado (VARP) – vulgarmente designadas como “drones” – no espaço aéreo da Cidade. A democratização desta tecnologia transforma o espaço aéreo urbano, promovendo uma mudança de paradigma da realidade contemporânea e influenciando aspetos como a privacidade, a segurança, o planeamento urbano e os regulamentos de utilização do espaço aéreo.

No âmbito profissional de utilização do VARP, a relevância deste no processo de representação e produção de Arquitectura torna-se um dos seus pontos de maior influência, possibilitando novas formas operativas de ação do arquiteto e ampliando a sua autonomia, capacidade técnica e consciência sobre os cenários onde intervém

Com a premissa de enquadrar a relevância destes veículos no processo de representação e produção de arquitetura, este trabalho procura expor as principais valências dos drones na Arquitectura, através de uma investigação sobre as suas especificações e aplicações em diferentes áreas e da comparação desta tecnologia com outras tecnologias convencionais.

A realização de um caso de estudo de utilização de um VARP e de um *software* de fotogrametria digital aérea, tornou ainda possível uma restituição tridimensional da zona de estudo da vertente prática de Projecto Final de Arquitectura.

Palavras-chave:

Drones; Arquitectura; Tecnologia; Representação.

Abstract

The emergence of the airplane as an influential element in the view of the architects of the twentieth century's modern movement, has transformed the way of knowing and interpreting the landscape, reflecting in a distinct methodology of planning and interacting with the territory. In the 21st Century, this relevance of the aircraft is perpetuated with the emergence of the Remotely-Piloted Airship Vehicle (RPAV) - commonly designated as "drones" - in the airspace of the city. The democratization of this technology transforms the urban airspace, promoting a paradigm shift from contemporary reality and influencing aspects such as privacy, security, urban planning and regulations of airspace utilization.

On the professional scope, the relevance of the RPAV in the process of representing and producing Architecture becomes one of its most influential points. Enabling new operative forms of action by the architect and expanding his autonomy, technical capacity and awareness of the scenarios where he intervenes.

With the premise of framing the relevance of these vehicles in the process of representation and production of architecture, this work seeks to expose the main valences of drones in architecture, by investigating their specifications and applications in different areas and comparing this technology with other conventional technologies.

The realization of a study in the use of a RPAV and an aerial digital photogrammetry software made possible a three-dimensional restoration of the survey area on the practical aspect of Architecture Final Project.

Keywords:

Drones; Architecture; Technology; Representation.

Agradecimentos

Um indispensável e especial agradecimento:

Aos meus pais – a quem dedico este trabalho, pelo apoio e tornarem tudo mais fácil;

Ao Gonçalo Oliveira, pela amizade e o espírito de companheirismo;

Aos colegas de curso, a entreajuda e aprendizagem – em especial ao Hugo Casanova, à Leonor Andrade e ao Filipe Prudêncio, Francisco Freitas, Paulo Góis e Bruna Moreira;

Ao professor Pedro Pinto e professora Sara Eloy, pela dedicação e orientação.

Introdução

1.1 Preâmbulo

Tomando consciência do aparecimento de uma nova tecnologia, este trabalho teórico assume-se como uma reflexão sobre um paradigma contemporâneo.

Na tentativa de perceber a relevância da evolução tecnológica no âmbito disciplinar da arquitetura, a proposta de construção deste trabalho teórico surge da intenção de enquadrar uma realidade contemporânea em transformação a partir de uma revisitação histórica – contextualizando a evolução e adaptação do presente através do passado.

Traçando como tema deste ensaio a “Relevância do veículo aéreo remotamente pilotado no Processo de Representação e Produção de Arquitectura”, este trabalho teórico constrói-se a partir da simbiose entre a Arquitectura e uma Tecnologia específica em progresso. A construção de uma narrativa que retrata a importância do veículo aéreo remotamente pilotado (VARP) no âmbito disciplinar da Representação e Produção de Arquitectura, é o objetivo a que se submete este ensaio, assumindo, enquanto produto de uma observação e “ponto de vista” particular, a representação aérea como gênese deste estudo.

Este trabalho procura desenvolver uma ponderação, iniciando o seu enquadramento histórico no século XX. Numa busca pelo reencontro de uma evidência da “vista aérea” na história da arquitetura, procura-se conciliar com esta uma realidade tecnológica de progresso e “vanguarda”. O ensaio pressupõe o arquiteto enquanto mediador deste tipo de observação, assumindo com isto que, através de uma posição relativa, o papel deste, enquanto mediador, é profusamente influenciado pelas contingências naturais ou tecnológicas da sua realidade presente – é certo que o enquadramento visual de uma determinada posição espacial condiciona a conceção e representação de uma ideia ou realidade?

Tomando consciência da importância do arquiteto enquanto agente ativo no âmbito disciplinar da Arquitectura, a narrativa deste trabalho ambiciona uma compreensão da importância dos avanços tecnológicos, no caso específico da observação aérea em arquitetura,

procurando compreender simultaneamente quais as transformações a que, este modo de “visitar” a cidade, levou e continua a levar no campo de ação conceptual e construtivo da Arquitectura.

Neste sentido, no discurso deste trabalho, a importância da Tecnologia é também predominante – intuindo que, no processo de avanço e progresso do homem e da sociedade, os avanços e invenções tecnológicas estão contínua e simultaneamente ligadas a um retrato da evolução humana e social¹. Sendo este o elo de ligação entre a tecnologia e a prática disciplinar da Arquitectura, o enunciado para este trabalho teórico parte da ideia de entender o VARP enquanto “artefacto”, ou seja, objeto e instrumento de apoio. Em tese, neste ensaio, é predominante a ideia de uma determinada habilidade do corpo poder ser ampliada por um progresso tecnológico que, enquanto “extensão” do próprio corpo, se reflete enquanto capacidade tecnológica, mas também e simultaneamente enquanto capacidade humana.

“(…) Darwin, por exemplo, usou o desenvolvimento dos telescópios como metáfora para a evolução dos olhos (…)”²

“(…), uma das implicações do debate biológico foi a de que o ser humano é de alguma forma “incompleto”. (….) parte do objectivo da produção de bens materiais é dar ao homem a integridade de que carece. (….)”³

O trabalho teórico retrata em dois âmbitos diferentes as problemáticas em tese.

Numa primeira fase, através da “contextualização histórica”, o encontro com uma visão enraizada no conhecimento estabelecido procura compreender o surgimento e a evolução da vista aérea desde uma génese mais técnico-militar, até outra, relacionada com uma vertente artística ou técnico-artística. Utilizando a Arquitectura como caso paradigmático da importância deste tipo de observação (CORBUSIER, “*bird’s eye view*”), na primeira fase deste

¹ GIEDION, Siegfried – *Mechanization takes command*. New York: W.W. Norton, 1969.

² FORTY, Adrian – **Design industrial e prótese**. Em AFONSO, Rui; FURTADO, Gonçalo – **Arquitectura: Máquina e Corpo**. Porto: FAUP, 2006. P. 22

³ Idem, ibidem. P. 25

estudo, este enquadramento constrói-se equacionando a importância consolidada desta forma de “ver e conhecer”. Como complemento a esta análise, a comparação por oposição e semelhança da vista aérea com outros tipos de observação em arquitetura (STIRLING, “*worm’s eye view*”) tem o intuito de entender as particularidades de cada um destes métodos de observação, pensamento, representação e comunicação em Arquitectura.

Paralelamente à realidade arquitetónica, neste ensaio é ainda considerada uma reflexão sobre as reações artísticas que surgiram com o aparecimento da observação aérea enquanto instrumento de interpretação e comunicação da realidade no entre finais do séc. XIX e o séc. XX.

Na segunda fase do ensaio, incidindo no “veículo aéreo remotamente pilotado (VARP)” e nos seus “métodos e processos de levantamento em Arquitectura”, a investigação de uma vertente mais operativa, apresenta as áreas de aplicação VARP – sistematizando as potencialidades e fragilidades destes dispositivos na Representação e Produção de Arquitectura. “Quais as transformações que este tipo de veículo imprime no processo criativo de projecto?” – é uma de algumas questões possíveis e passíveis de resposta. Nesta fase do estudo estabelece-se ainda uma relação entre o VARP e as tecnologias associadas a este. Como exemplo de algumas relações, no âmbito da fotogrametria, é exposta a relação desta tecnologia com os mais recentes métodos de reconhecimento e levantamento de arquitetura. Abordando a possibilidade de esta tecnologia se poder complementar e potenciar através da sua interligação com outras tecnologias, é ainda investigada a compatibilidade que existe entre o VARP e outros âmbitos tecnológicos, como as realidades digitais e/ou virtuais.

Em suma, num processo criativo de interpretação e enquadramento da realidade contemporânea, este trabalho tende a retratar a problemática em estudo a partir de um panorama artístico e sensível – ligado a uma análise qualitativa –, mas também a partir de uma perspetiva técnica –

*(...) a tecnologia pode realmente influenciar a forma como os seres humanos pensam. Pode, ela própria, afectar a nossa consciência. (...) Novas condições criam novas formas de pensar (...)*⁴

1.2 Objetivos

A construção deste ensaio tem como objetivo a compreensão da relevância do veículo aéreo remotamente pilotado (VARP) no processo de representação e produção de arquitetura na realidade presente e futura.

Procurando enquadrar as relações que se estabelecem entre a realidade disciplinar da arquitetura e as tecnologias associadas ao VARP, este estudo ambiciona uma sistematização relativa às potencialidades desta tecnologia, procurando revelar de que forma este veículo transforma as práticas de projecto em arquitetura e a interação do arquiteto com a arquitetura e a cidade – ambiente onde atua.

Neste ensaio, o meio aéreo, enquanto catalisador de um ponto de vista singular, coloca como imperativa a compreensão do desempenho da vista aérea na Arquitectura, nomeadamente desde o Movimento Moderno, no séc. XX, até aos dias de hoje – séc. XXI. Assim, procurando colocar em evidência as transformações promovidas pelas invenções tecnológicas associadas ao voo e à observação aérea – como o balão de ar quente, o avião ou, mais recentemente, os veículos aéreos remotamente pilotados – este trabalho assume como objetivo a agregação de um conjunto de potencialidade e fragilidades referentes à utilização dos veículos aéreos pelo arquiteto na sua atividade intelectual e operativa.

No campo operativo de registo e análise, procura-se colocar em evidência as reais e potenciais transformações que esta tecnologia pode gerar naqueles que são hoje os atuais métodos e práticas de atuação em arquitetura. Assim, numa dicotomia entre as emergentes tecnologias associadas ao VARP e os métodos tradicionais de levantamento e monitorização de

⁴ LEACH, Neil – **Esqueçamos Heidegger**. Em FORTY, Adrian – **Objectos de desejo**. Paris: CosacNaify, 2007. P. 79

edifícios, o trabalho pretende apresentar a relação entre as novas oportunidades tecnológicas do VARP e os métodos de trabalho já instituídos nas práticas de arquitetura.

Numa fase final deste ensaio, a construção de uma reflexão a cerca do futuro e sucessão desta tecnologia pretende estabelecer uma consideração sobre “ética e tecnologia”. Nesta reflexão, pretende-se especular a capacidade e as formas de adaptação da Cidade e da Sociedade a esta mudança de paradigma do espaço aéreo onde a democratização do acesso e uso deste tipo de tecnologia pode potenciar inesperados constrangimentos e pressões em temas como “segurança” e “privacidade”.

Ainda a concretização de um exercício prático no fim deste trabalho teórico contempla a utilização do VARP, testando-o enquanto ferramenta auxiliar do arquiteto no registo e análise de um território.

1.3 Metodologia

No primeiro capítulo, a pretensão de estabelecer um paralelismo entre os conceitos teóricos e as concretizações práticas decorrentes da atividade do pensamento de projecto em Arquitectura, este trabalho procurou a associação de um discurso gráfico ao discurso escrito – apoiado na representação em arquitetura. Como reflexo disto, numa primeira fase tornou-se necessária a seleção de bibliografia relacionada com a representação em arquitetura e o posicionamento do arquiteto enquanto mediador de um ponto de vista particular.

Sobre a contextualização da vista aérea na arquitetura, o estudo procurou um conjunto de fontes que, maioritariamente relacionadas com o séc. XX – período de surgimento do Movimento Moderno –, ajudassem a revisitar o início de transformação deste paradigma onde a observação da cidade passou também a ser feita numa realidade aérea.

Como reflexo da aproximação do objeto de estudo a uma realidade tecnológica, na construção desta reflexão foram revisitados alguns autores e introduzidos conceitos que, retratando de alguma maneira as relações entre a tecnologia, a máquina e o homem, ajudassem a construir um discurso consolidado de enquadramento do veículo aéreo remotamente pilotado (VARP) numa perspetiva consecutiva de possível evolução do arquiteto.

Devido ao carácter contemporâneo da temática tratada – “relevância do VARP no Processo de Representação e Produção de Arquitetura” –, as referências do segundo capítulo tornaram-se maioritariamente mais recentes. Como alternativa, procuraram-se publicações em plataformas como repositórios online, entre outras, de forma a consolidar e fundamentar o discurso estabelecido. Sendo a segunda secção deste ensaio relacionada a uma vertente mais técnico-prática, a sua reflexão teve maior incidência no que respeita aos usos e aplicações desta tecnologia.

Complementando este trabalho teórico, obteve-se ainda alguma experiência de campo. A aquisição de um veículo aéreo remotamente pilotado proporcionou uma maior propriedade no tratamento das problemáticas em estudo. Associando esta fase do estudo à vertente prática de projecto final de arquitetura, foi realizado um mapeamento tridimensional do território de intervenção utilizando a tecnologia VARP. Servindo como base de apoio ao desenvolvimento da proposta de projecto, o resultado deste exercício prático permitiu simultaneamente corroborar alguns dos conteúdos e conceitos em evidência nas peças escritas desenvolvidas no decorrer deste estudo.

Neste trabalho tornou-se igualmente útil alguma experiência de campo obtida anteriormente em levantamento de arquitetura com recurso a fotogrametria digital terrestre (FDT) – antiga “Manutenção Militar”, situada na freguesia do Beato –, onde se pôde contactar com a manipulação de dados obtidos sobre a forma de “nuvem de pontos tridimensional” e a sua posterior conversão em desenho CAD bidimensional. Servindo como complemento ao estudo do veículo aéreo remotamente pilotado (VARP), esta experiência de levantamento através de fotogrametria terrestre ajudou a compreender com maior clareza as potencialidades e fragilidades do VARP – tecnologia em estudo.

Contextualização histórica

2.1 Vista aérea, Arquitectura e Cidade

No século XIX e XX, a par com um conjunto de novas ideologias, também avanços tecnológicos se evidenciaram como fundadores da realidade “moderna” tal como a revisitamos nos dias de hoje. A criação de novos instrumentos e o aparecimento de novos materiais construtivos, como o betão, o vidro ou o aço, tornaram-se evidências de uma realidade que, sendo produto de uma mudança perene, se revelou fértil em novas oportunidades quer a um nível técnico, quer num campo mais artístico.

Alguns fenómenos históricos, como o processo de revolução industrial – ocorrida entre 1760 e 1850 –, têm a capacidade de alterar por completo o quotidiano das cidades, desenhando em parte muito do futuro expectante da vida urbana e as reflexões que se estabelecem sobre esta. Embora podendo-se questionar um eventual progresso nestas dinâmicas de transformação, é menos discutível o facto de estes fenómenos introduzirem uma profunda alteração nas realidades em que sucedem. A ocorrência de uma resposta a estes fenómenos em âmbitos mais técnicos e/ou artísticos, por cadeia, acabam por representar um conjunto de determinantes reações multidisciplinares onde, a Arquitectura, enquanto disciplina e área técnico-artística, não se isenta de reagir.

Assente no conceito de invenção, o nascimento de novas tecnologias ou instrumentos auxiliares às atividades humanas acabaram muitas vezes por, em toda a história da humanidade, representar igualmente novas possibilidades técnicas e artísticas, facilitando de um ponto de vista prático e utilitário as necessidades e ambições humanas.

No caso do movimento moderno, para além das novas e determinantes tecnologias de construção, o avião - invenção anterior ao nascimento do movimento moderno - acabou também por construir os princípios ideológicos desta prática arquitetónica que ganhou voz na primeira metade do século XX. A visão dos arquitetos modernos acabou profundamente influenciada pela presença do avião enquanto veículo aéreo integrante da cidade moderna, porém, também

e essencialmente enquanto facilitador de um novo e revolucionário olhar sobre a cidade – a vista aérea.

Desde finais do século XV, a partir de estudos desenvolvidos por Leonardo Da Vinci, que a ambição pelo voo levou a que se estabelecessem alguns princípios teóricos sobre uma inovadora “máquina voadora”. Apesar disto, foi apenas no século XIX que personalidades como W. F. Quinby, George Cayley (1773-1857), William Samuel Henson (1812-1888) ou Otto Lilienthal (1848-1896) iniciaram experiências relativas à construção de um veículo que tornasse possível a proeza de voar ou “aeroplanar”.

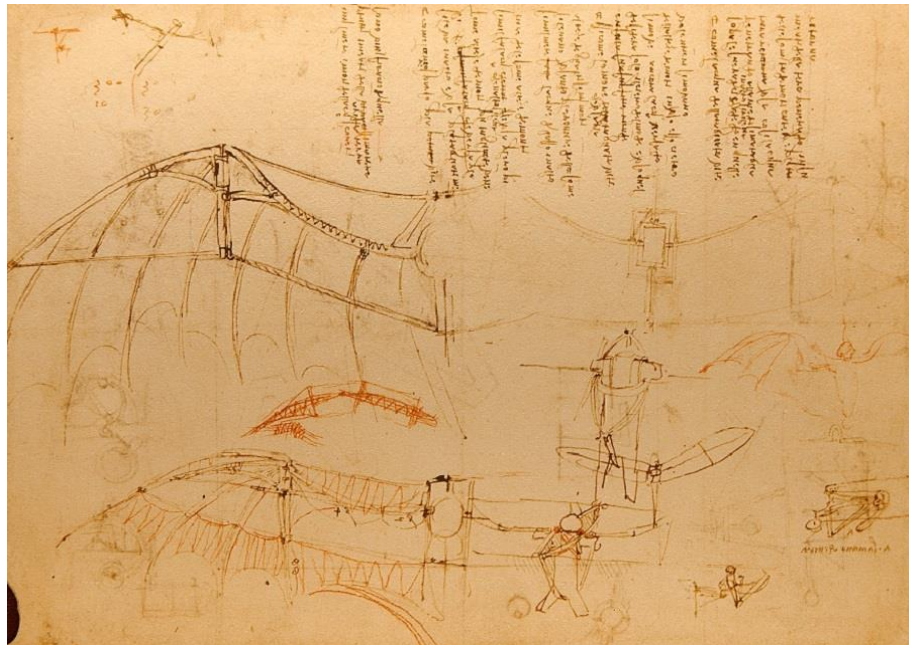


Fig. 1
Leonardo da Vinci
1488, "Flying Machine"

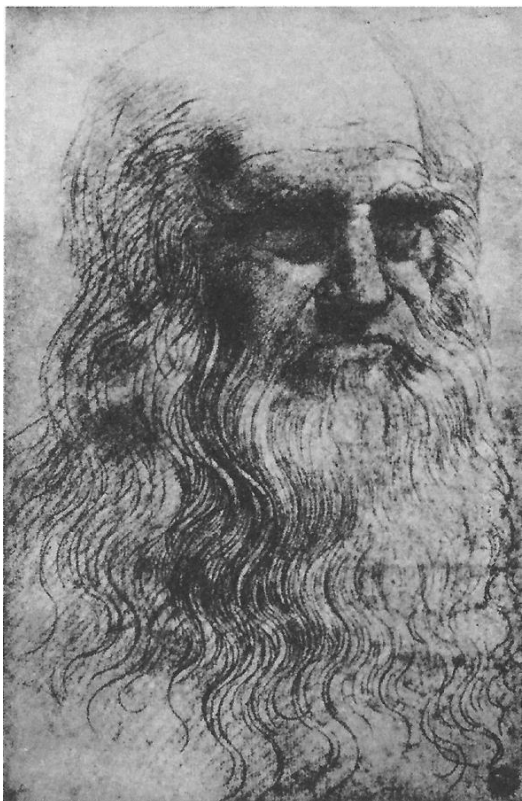
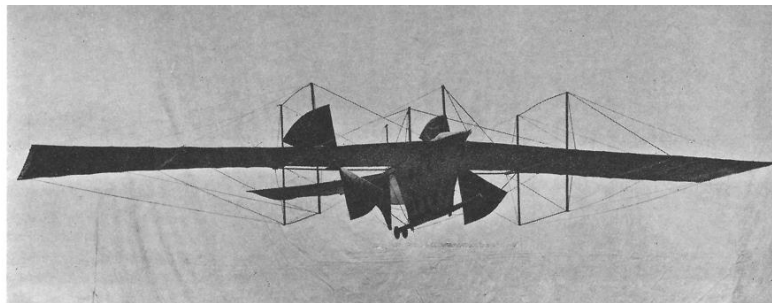


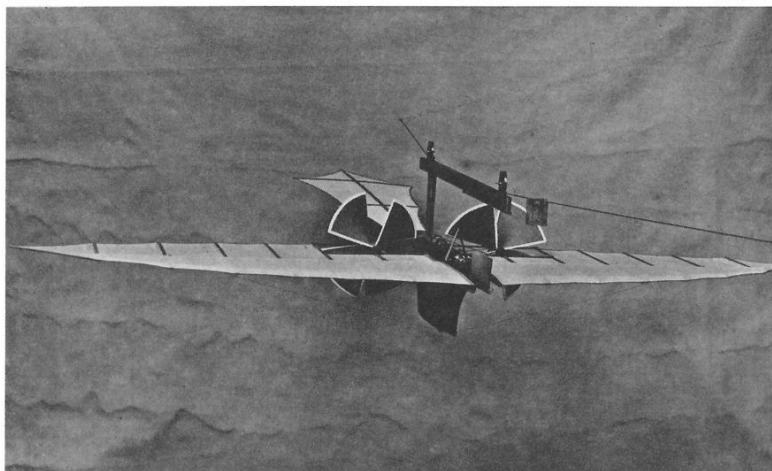
Fig. 2
Leonardo da Vinci
Autoretrato

Fig. 3, 4 e 5
Flying Machine Models
1842, 1848, 1896



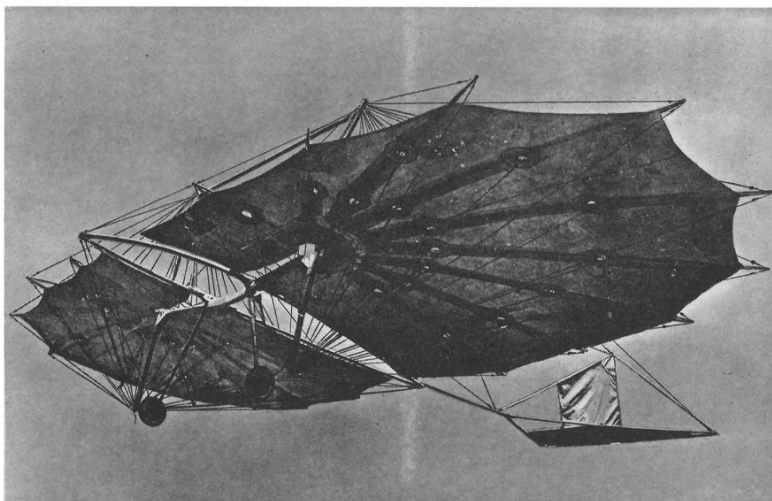
1842

69



1848

70



1896

71

Apesar destas experiências realizadas no final do século XIX relativas à criação de um veículo que tornasse possível a ambição humana de voar, já em 1783, pelas mãos dos irmãos Montgolfier, o balão de ar quente surgiu como parte da concretização deste sonho. Tornando-se pela primeira possível sobrevoar um determinado território, a invenção do balão de ar quente e o desenvolvimento da fotografia na segunda metade do século XIX foram os dois fatores determinantes que tornaram possível a meio da segunda metade do século XIX aquelas que viriam a ser as primeiras fotografias aéreas. Levadas a cabo por Gaspard-Félix Tourmacion (1820-1910), de pseudónimo “Nadar”, as primeiras fotografias aéreas foram captadas na cidade de Paris, em 1868. Nesta altura recorrendo ao engenho técnico do balão de ar quente e à sua técnica fotográfica bastante avançada para a época, Nadar realizou os primeiros registos aéreos de uma cidade. Até esta altura, os registos sobre um ponto de vista superior resultavam sempre de posicionamentos elevados, simulando uma vista “aérea” a partir de construções altas como monumentos emblemáticos da cidade.

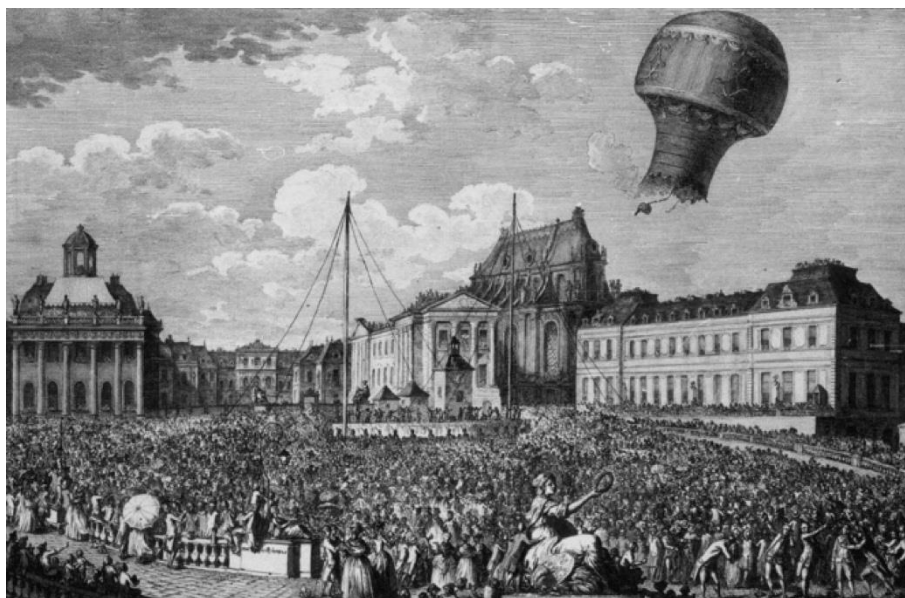


Fig. 6
Irmãos Montgolfier
1783, 1º balão de ar quente

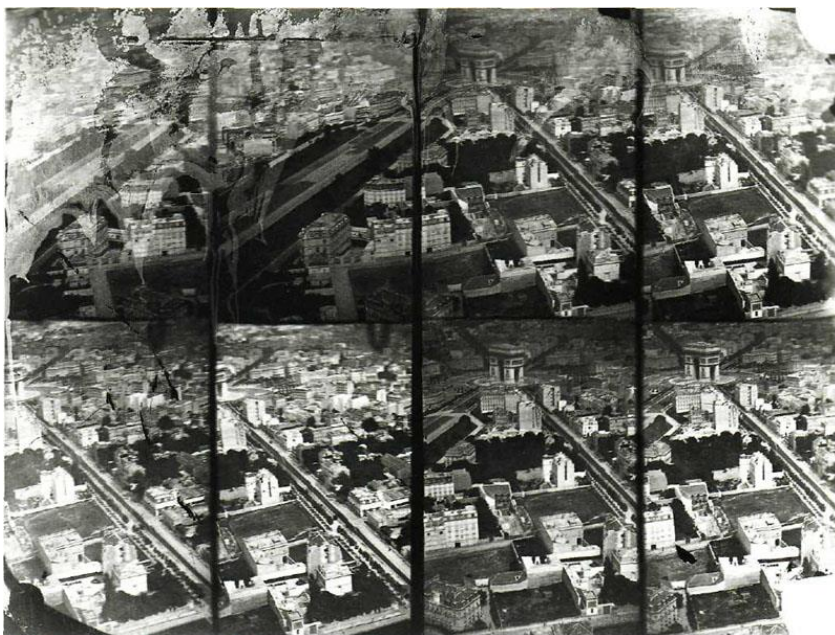


Fig. 7
Gaspard-Félix Tourmarchon
1868, fotografias aéreas de Paris



Fig. 8
Gaspard-Félix Tourmarchon
À esquerda – autorretrato
À direita – esposa de Félix Nadar

Em 1889, algumas pesquisas levadas a cabo por Otto Lillienthal relativas ao voo de aves culminaram na obra “*Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst*”⁵ que se tornou útil mais tarde para personalidades da aeronáutica como os irmãos Wright. No início do século XX, Santos Dumont (1873-1932), os irmãos Wilbur Wright (1867-1912) e Orville Wright (1871-1948) acabaram por revolucionar o progresso da tecnologia aeronáutica. Durante a primeira década deste século, Santos Dumont, em França, e os irmãos Wright, nos Estados Unidos da América, desenvolveram algumas estruturas aeronáuticas que lhes permitiram, à época, voos de sucesso. De entre estas estruturas, destacam-se a criação do “14 Bis”, desenvolvido por Santos Dumont, e do “Flyer 3”, da autoria de Wilbur Wright e Orville Wright.

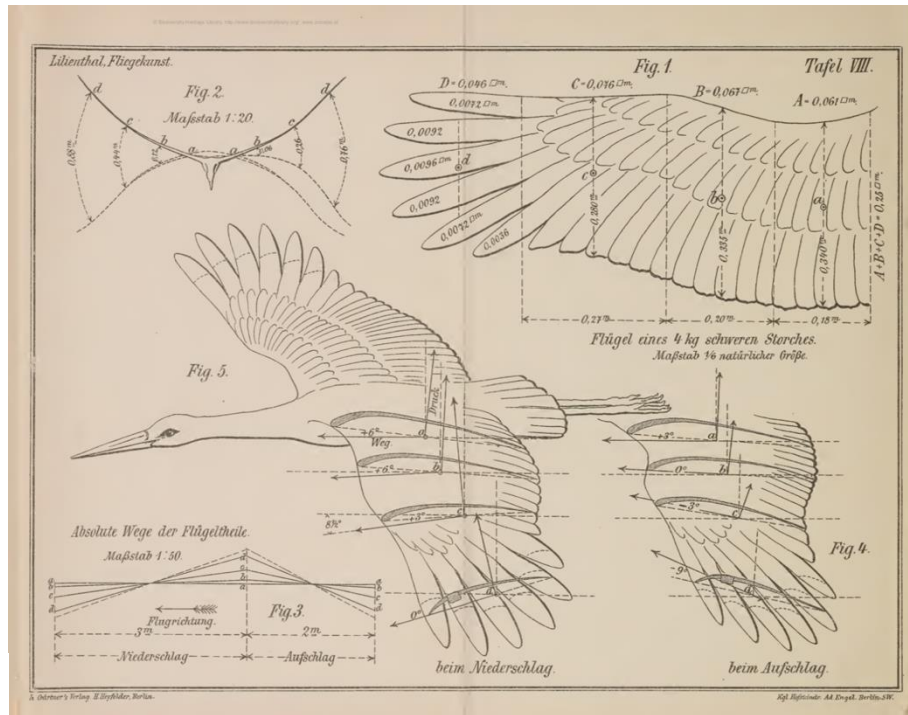


Fig. 9
 Otto Lillienthal
 1889, desenho de estudo

⁵ “o voo do pássaro como a base da aviação” (tradução do autor)

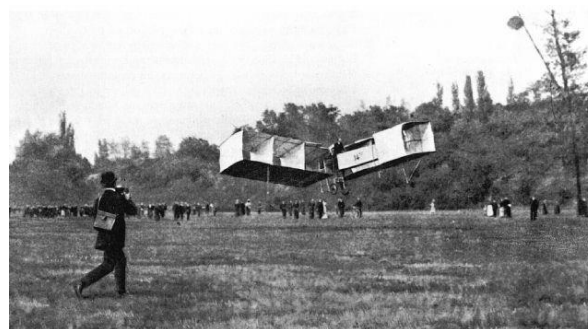


Fig. 10 e 11
Santos Dumont
"14 Bis"

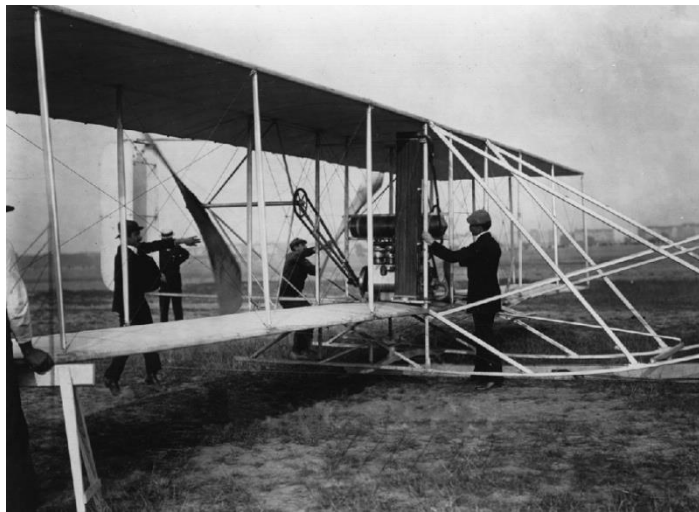


Fig. 12 e 13
Irmãos Wright
"Flyer III"

Todas as experiências realizadas no decorrer da primeira década do século XX acabariam por marcar aquilo que veio a ser o desenvolvimento da indústria aeronáutica no decorrer do século. O conceito e a presença do avião enquanto instrumento e ícone da hera “moderna” acabaria por se estabelecer e se por um lado esta invenção passou a ocupar a paisagem, por outro, conceptualmente, esta mesma acabou por moldar a forma como a própria paisagem passou a ser conhecida e pensada.

– **O avião e o movimento moderno**

*“Hablar de fotografía aérea urbana es, sobre todo, hablar de pioneros del vuelo, sábios de la fotografía, génios del espionaje, profesionales del bombardeo, entedidos en topografía... y um poco, de artistas. (...)”*⁶

Enquanto novo elemento da vida urbana das cidades, no século XX o avião serviu tanto a inspirações quanto a destruições. Entre 1914 e 1918, na 1ª Guerra Mundial, o avião revelou-se pela primeira vez um instrumento útil nas práticas de espionagem e nos bombardeamos de cidades em conflito. A “assinatura” deste novo engenho neste processo de conflito entre nações serviu-se de um progresso e superação tecnológica para uma finalidade técnico-militar. Durante períodos como este, o sentido do uso desta criação humana revelou-se útil num polo onde as ascensões criativas ou artísticas não ganharam lugar.

Novas presenças como o carro passaram também a construir a realidade urbana da cidade do século XX. A cidade, agora vista a partir da janela do carro e projetada a partir da janela do avião, tornou-se reflexo destes dois olhares.

⁶ ESPUCHE, Albert Garcia – *La Ciudad como «objecto trouvé»*. Em DETHIER, Jean; GUIHEUX, Alain – *Visiones Urbanas Europa 1870-1993: La ciudad del artista, La ciudad del arquitecto*. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona, Madrid, Electra, 1994. P. 109

“(…), Mies foi dos primeiros a pensar a torre de arquitectura moderna vista a partir do carro (…)”⁷



Fig. 14
Walter Hahn
1945, "Después del bombardeo (...)”

⁷ MONTANER, Joseph M. – **Sistemas de objectos: organismos e máquinas**. Em AFONSO, Rui; FURTADO, Gonçalo – **Arquitectura: Máquina e Corpo**. Porto: FAUP, 2006. p. 60



Fig. 15
Reggie Speller
1940, "(...) bombardeios de Londres"

Grande parte da realidade moderna acabou por se desenhar pela condição das novas e emergentes tecnologias. Se por um lado as invenções de veículos como o avião e o carro passaram a estabelecer novas interações nas realidades urbanas, outros progressos tecnológicos, como o aparecimento do betão e do aço, numa realidade construtiva, acabaram também por ditar muita da essência do Movimento Moderno no decorrer do século XX.

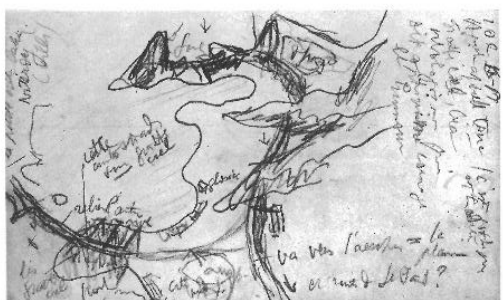
Na 1ª e 2ª Guerra Mundial, o uso extensivo do avião, potenciado pelas funções militares que assumiu, levou a que a fotografia aérea, enquanto instrumento de registo e análise, fosse alvo de um desenvolvimento exponencial. A extensa importância e eficácia da conjugação do avião com a fotografia acabou por se perpetuar na extensa produção tática de registos fotográficos aéreos que se deram durante este período, levando a que, em 1917, o exército australiano produzisse uma média de 4 000 fotografias aéreas por dia para inspeções militares.

Embora as capacidades técnicas deste veículo aéreo tenham servido num cenário como a 1ª e 2ª Guerra Mundial, cumulativamente, para o modernismo, o avião acabou por, ironicamente, fundar parte da matriz da construção das novas cidades pós-guerra.

Representando muita da essência dos princípios “modernos” como o conceito de “máquina”, o avião surge como um dos elementos fundadores do modernismo da primeira metade do século XX. Ganhando este protagonismo principalmente no discurso de Le Corbusier (1887-1965), esta invenção tecnológica acabou por fundar um novo olhar sobre a cidade. Para Corbusier, o avião assumia-se como uma das peças centrais do seu discurso, evocando princípios como o pragmatismo e o funcionalismo e representando para este “*the precise new anatomy of architecture*”⁸.

O papel do avião no movimento moderno acabaria por ser profundamente retratado com a primeira viagem de Corbusier à América do Sul que se deu em 1929. Nesta viagem de avião, Corbusier teve oportunidade de visitar cidades como Buenos Aires, São Paulo e o Rio de Janeiro. Acabariamos por poder hoje testemunhar este seu fascínio pelo avião através dos seus esboços relativos à paisagem, aos assentamentos humanos e aos elementos naturais de composição do território como o registo das características topográficas que ganhavam maior evidência a partir do olhar atento na janela de um avião. Esta metodologia utilizada por Corbusier de conhecer e interpretar o território tornou-se responsável pelos seus primeiros registos relativos ao plano urbanístico para a cidade do Rio de Janeiro. Corbusier acabaria por descrever este modo de observar o território através da expressão “*eye bird view*”, intuindo que esta “vista de pássaro” mostrava o que era “invisível” na observação feita a um nível térreo.

⁸ CORBUSIER, Le – *Aircrafts*. Marseille: Parenthèses, DL 2017. P. 22



Two sketches made during a flight in 1929, just when the conception of a vast programme of organic town-planning came like a revelation.

Fig. 16 e 17

Le Corbusier

1929, "Two sketches made during a flight (...)"

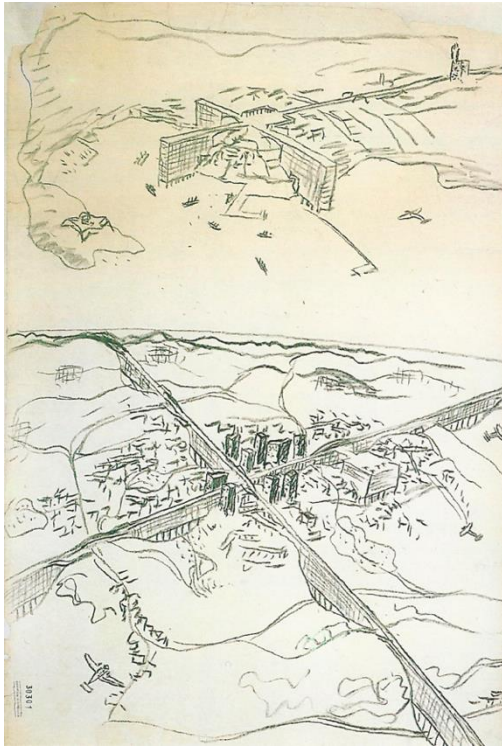


Fig. 19 (à esquerda)
Le Corbusier
 1929, Buenos Aires

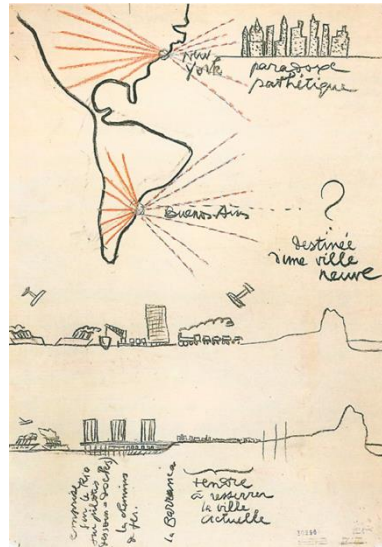


Fig. 18 (à direita)
Le Corbusier
 1936, Rio de Janeiro, perspectiva

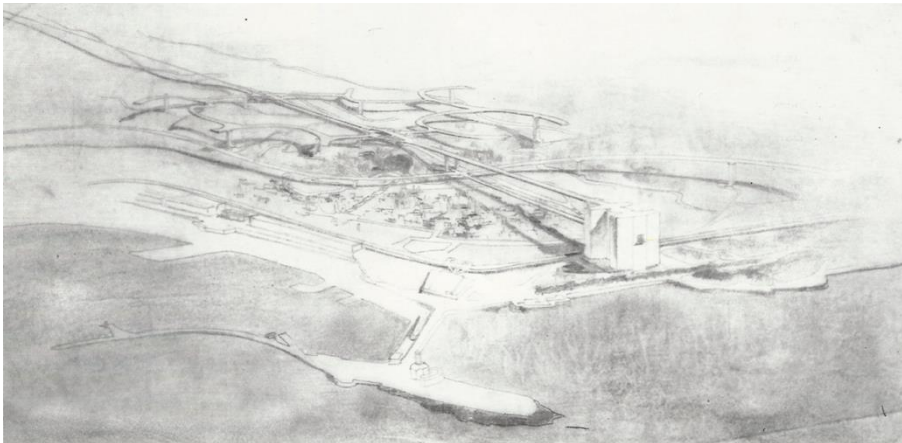


Fig. 20
Le Corbusier
 1933, Argel, "el plan Obus"

Corbusier materializou a influência do avião na sua metodologia de pensamento e projecto com as publicações “*Vers une architecture*”, publicada em 1923 – onde consta o capítulo “*Les Avions*”⁹ –, e “*Aircrafts*”, publicada em 1935 – onde Corbusier apresenta o avião como ferramenta e elemento conceptual essencial para a arquitetura e para os arquitetos do movimento moderno. Em “*Aircrafts*”, Corbusier pronuncia-se sobre o território referindo-se a este como um organismo. Inspirado em algumas abstrações como os rastos aéreos dos aviões, ou a apreensão da abstração da escala urbana a partir da janela do avião, o arquiteto afirma: “All things in life are ‘organisms’”¹⁰.

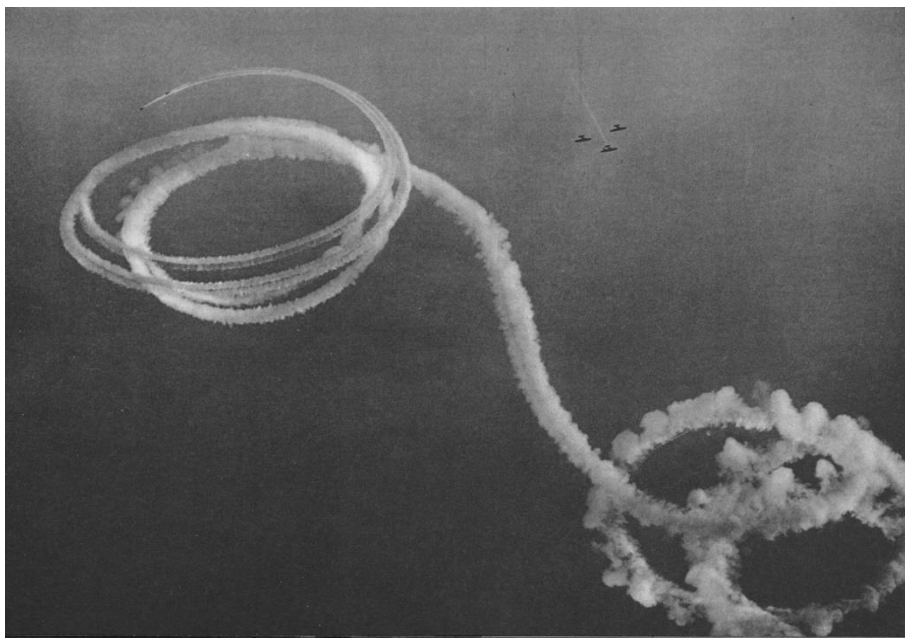


Fig. 21
"Italian Airplanes Tracing
Smoke Rings"

⁹ CORBUSIER, Le – *Vers une architecture*. 11ª edição. Paris: Crès, 1923. P. 81-100

¹⁰ CORBUSIER, Le – *Aircrafts*. Marseille: Parenthèses, DL 2017. P. 50-51



Fig. 22
“Vertical View of the
Lake of Ôo (French Pyrenees)”



Fig. 23
Le Corbusier
Esboço

Se o avião acelerou o ritmo de mobilidade e reconhecimento do território, acabou igualmente por aumentar a consciência dos arquitetos sobre a paisagem – tornando-a mais permeável ao planeamento urbano durante todo o séc. XX. A vista a partir do avião acabou por fundar e conhecer a condição de guerra e pós-guerra. Após a 2ª Guerra Mundial, a partir de um ponto de vista aéreo tornava-se claro o reconhecimento da paisagem destruída e o cenário de reconstrução das cidades e países por erguer.

Durante o século XX, enquanto recurso tecnológico, o avião acabou por não ter apenas uma função ativa na área militar e arquitetónica. Reconhecida a sua eficácia no que respeitava ao processo de reconhecimento do território, a partir de 1931 este engenho assumiu um protagonismo nas metodologias adotadas na etnografia do francês Marcel Griaule (1898-1956). Nas suas missões a colónias africanas, Griaule acabou por testar novos métodos e ferramentas de investigação etnográfica. Nesta metodologia a fotografia aérea revelou-se uma ferramenta essencial de pesquisa e registo.¹¹

*“This discipline deals with the great number of documents concerning with the adaptation of a population to its soil. Their constitution requires more than a good map: a cadastre containing not only usual information, but also clarifications on indigenous customs and techniques [...]. Only the aerial photography enables the ethnologists to rapidly records them and to improve their researches”*¹²

Neste período dos anos 30, através da fotografia aérea tornou-se possível pela primeira vez a produção de informação sobre os territórios e populações africanas. A fotografia aérea permitiu revelar alguns dos segredos desta cultura, disponibilizando uma maior consciência sobre a paisagem que se ancorou nas informações sobre geografia, fauna, assentamentos humanos e nas relações que estes estabeleciam com a natureza e o território.

¹¹ DAINESE, Elisa – *Le Corbusier, Marcel Griaule, and the Modern Movement: exploring the habitat from the airplane*. **EAEA-11 conference**, 2013. P. 414

¹² GRIAULE, Marcel – *L’emploi de la photographie aérienne et la recherche scientifique*. **L’Antropologie**, 47, 469-474. Cit. por DAINESE, Elisa – *Le Corbusier, Marcel Griaule, and the Modern Movement: exploring the habitat from the airplane*. **EAEA-11 conference** [Em linha], 2013. P. 414

Em 1936, juntamente com o escultor francês Chombart de Lauwe (1913-1998), Griaule realizou ainda uma outra viagem de exploração à região africana a norte dos Camarões, conduzida por um amigo de Lauwe – antigo piloto da 1ª Guerra Mundial. Os escritos e fotografias aéreas de Lauwe tornaram-se uma grande influência entre os arquitetos do movimento moderno. De entre estes, o arquiteto Aldo van Eyck, durante o seu período de leccionamento em Delft, nos anos 60, acabou por apresentar as fotografias de Griaule e Lauwe como uma referência para os seus estudantes, convidando-os a estudar a “antropologia” de Griaule e a “geografia social” de Lauwe.¹³

Enquanto salto epistemológico, o surgimento do “voo” na realidade do arquiteto tornou-se sinónimo da descoberta de uma nova realidade. A consciência do mundo e a interação entre este a prática de projecto alterou-se, transportando uma cultura de observação da paisagem para os novos entendimentos de interação com o território.

¹³ DAINESE, Elisa – *Le Corbusier, Marcel Griaule, and the Modern Movement: exploring the habitat from the airplane*. **EAEA-11 conference**, 2013. P. 415

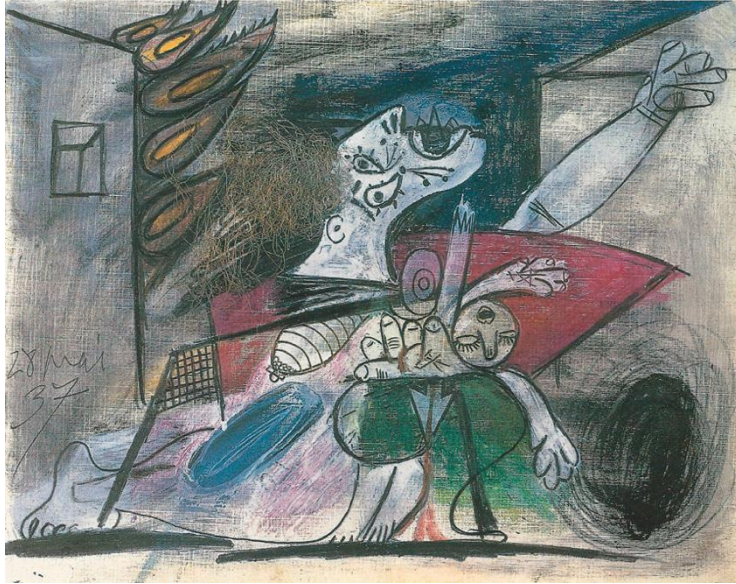


Fig. 24
Pablo Picasso
1937, estudo preparatório para Guernica



Fig. 25
"Demolition in the Boulevard Haussmann after the War"

– **A cidade “objeto”**

“(…), lo que finalmente interesa es la superposición de una nueva ciudad sobre la ciudad supuestamente conocida, el descubrimiento – plástico y conceptual – generan. (...)”¹⁴

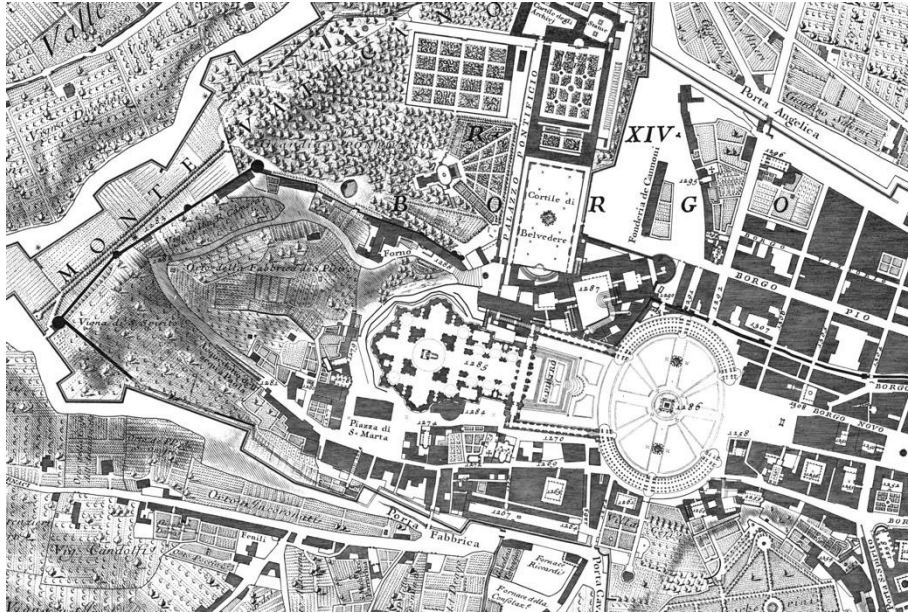
A presença do avião na realidade do século XX produziu a sua marca no espírito conceptual da arquitetura do Movimento Moderno, porém, também no panorama artístico fundado nas vanguardas deste século. A abertura do meio aéreo às realidades urbanas constituiu a descoberta de uma nova realidade. Por esta altura os artistas desenvolviam a plasticidade do voo e os arquitetos o novo olhar sobre a cidade.

A liberdade presenteada pelo voo, à qual se associavam conceitos próprios como o movimento, a velocidade ou a materialidade, acabou por construir um imaginário tão recente quanto próspero onde o avião marcou uma presença assídua.

A nova perceção que se passou a ter do território fundou um novo modo de ver e conhecer a cidade. Complementando os hábitos de observação, interpretação e comunicação do “arquiteto” e do “artística”, a vista aérea imprimiu uma mudança de consciência e a consolidação de um pensamento à escala da paisagem e da cidade. Embora no século XVII a escala da cidade fosse já potenciada por representações em planta emblemáticas como o mapa iconográfico de Roma produzido em 1748 por Giambattista Noli (1701-1756), a cidade enquanto “elemento abstrato” revelou-se mais evidente e clara no século XX – a sua perceção ampla permitiu que esta ganhasse uma maior presença na imaginação técnico-artística desta época, perpetuando-se até aos dias de hoje.

¹⁴ ESPUCHE, Albert G. – *La Ciudad como «objeto trouvé»*. Em DETHIER, Jean; GUIHEUX, Alain – *Visiones Urbanas Europa 1870-1993: La ciudad del artista, La ciudad del arquitecto*. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona, Madrid, Electra, 1994. P.

Fig. 26
Giambattista Noli
1748, Mapa iconográfico de Roma



Exposta pelas produções artísticas das vanguardas do século XX, a realidade passou também a ser retratada e questionada a partir de um contexto aéreo. As visões urbanas a partir de um ponto de vista superior passaram a servir as produções artísticas, refletindo a influência e emancipação do voo neste período da história.

*“Ya no quedan ciudades que pintar. Los «aeropintores» fueron los últimos en poder contemplarlas antes de que explotaran las bombas.”*¹⁵

¹⁵ D’ELIA, Anna – *La ciudad según los artistas 1919-1945*. Em DETHIER, Jean; GUIHEUX, Alain – *Visiones Urbanas Europa 1870-1993: La ciudad del artista, La ciudad del arquitecto*. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona, Madrid, Electra, 1994. P. 204



Fig. 27
Capitán Alfred Buckman
1926, "The Heart of The Empire"

As produções artísticas inspiradas no “voo” da cidade resultaram como memória das realidades destruídas pela guerra. A pintura, fotografia e outras formas de expressão tornaram-se documentos históricos de reavistamento de algumas realidades que desapareceram durante as duas guerras mundiais do século XX.



Fig. 28
Tullio Crali
1939, "En piqué sur la ville"



Fig. 29
Marcel Lods
1934, "Cité de la Muette (...)"

Fig. 30
Mino Rosso
1939, "Il Paese degli aviatori", bronze

Juntamente com os avanços tecnológicos na indústria aeronáutica e automóvel e o desempenho que estes tiveram na concretização da cidade “moderna”, também a luz artificial – com recurso ao gás e, posteriormente, à eletricidade – acabou por fazer parte deste ambiente de emancipação. A noite acabou por surgir como o novo carácter social das cidades, ganhando especial relevância em cidades como Paris – “la ville lumière”¹⁶ – onde a luz artificial fez nascer um lado desconhecido da cidade.

“(…) *El Paris Guide de 1876 clasifica las ciudades – e implícitamente su grado de modernidad – por su consumo de gas: Londres y Berlín a la cabeza, seguidas por París, Bruselas [...]. La electricidad llega, pues, como rival. (…)*”¹⁷

Influenciando a própria fotografia urbana e algumas vanguardas como o fauvismo ou o futurismo, a densidade e vibração da luz noturna acabou alterar o próprio entendimento e as representações da cidade.¹⁸ A realidade urbana passou a ser representada a partir do seu dinamismo e velocidade, onde o automóvel e o avião ganhavam destaque, mas também inspirando-se nos novos estímulos sensoriais ligados à presença e intensidade da luz no contexto urbano.

“(…) *La miniaturización de la ciudad crea un juego abstrato de la perspectiva arquitectónica. (…)*”¹⁹

¹⁶ DETHIER, Jean – *Por um museo imaginario*. Em DETHIER, Jean; GUIHEUX, Alain – *Visiones Urbanas Europa 1870-1993: La ciudad del artista, La ciudad del arquitecto*. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona, Madrid, Electra, 1994. P. 13

¹⁷ RONCAYOLO, Marcel – *Transfiguraciones nocturnas de la ciudad. El imperio de la luz artificial*. Em DETHIER, Jean; GUIHEUX, Alain – *Visiones Urbanas Europa 1870-1993: La ciudad del artista, La ciudad del arquitecto*. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona, Madrid, Electra, 1994. P. 48

¹⁸ Idem, ibidem. P. 50

¹⁹ LISA, Giovanni – *Visiones Aeropictóricas*. Em DETHIER, Jean; GUIHEUX, Alain – *Visiones Urbanas Europa 1870-1993: La ciudad del artista, La ciudad del arquitecto*. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona, Madrid, Electra, 1994. P. 207

As cidades tornaram-se o objeto de contemplação por excelência. A aproximação conceptual da escala da cidade a um objeto acabou por ser motivada pela nova posição de observação do arquiteto. A nova escala de observação do território ofereceu um maior poder de síntese sobre a sua leitura, imaginação e planeamento.

Tal como no filme “*Power of ten’s*”, lançado em 1977 com autoria de Ray Eames de Charles Eames, esta relativização da escala da cidade disponibilizou uma nova forma de esta se apresentar aos olhos atentos dos arquitetos e artistas do século XX. A posição do observador revelou-se como a condição fundamental da forma como a realidade se apresenta.

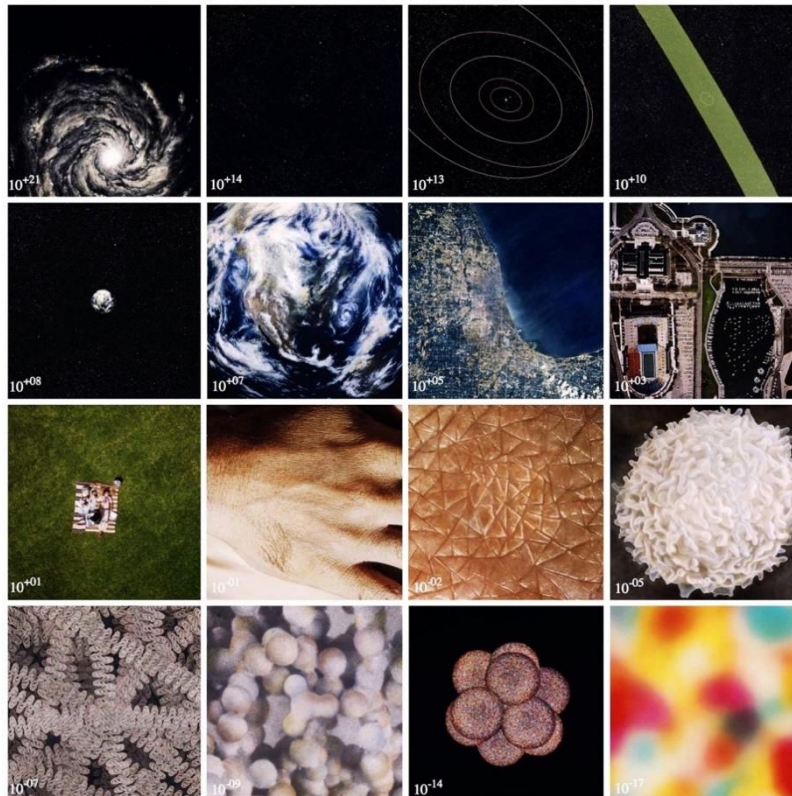


Fig. 31
Irmãos Eames
1977, "Power of ten's"

*“(…) O palimpsesto da cidade é a-escalar, isto é, a sua complexidade é revelada a qualquer escala, desde a escala urbana à microscópica. Esta massa convulsa de relações passageiras está em perpétuo movimento, sempre dinâmica, sempre a receber nova ênfase.”*²⁰

Enquanto antítese da vista aérea, “worm’s eye view” (“visão de minhoca”) expressa o método de representação a partir de um ponto de vista inferior. Se no caso da vista aérea a expressão empregue por Corbusier – “eye bird view” (visão de pássaro) – coloca o observador numa posição elevada em relação ao objeto observado, na “worm’s eye view”, tal como a expressão indica, o observador é colocado sobre um ponto de vista baixo - inferior ao nível térreo do objeto observado. Estes dois métodos refletem uma forma de comunicação a partir de pontos de observação opostos, porém, epistemologicamente, estes representam a mesma ideia de síntese de um determinado elemento (edifício ou cidade).

Tanto na cidade vista de cima, como no edifício visto de baixo, os elementos observados aproximam-se da escala de um objeto enquanto produto singular e autónomo. Em ambos os métodos as representações resultam numa exposição macroscópica, apoiada sobre uma leitura à distância.

O historiador francês Auguste Choisy (1841-1909) é uma das personalidades mais significantes na adoção do método “worm’s eye view”. Aplicando este tipo de vista em inúmeras representações de elementos arquitetónicos, Choisy produziu um conjunto de axonometrias onde é adotada a vista de baixo dos objetos representados. Arquitetos como James Stirling (1926-1992), Rafael Moneo e Mário Botta são exemplares na utilização deste tipo de representações, assumindo estas como parte do seu método de projetar e comunicar a arquitetura

²⁰ SPILLER, Neil – **Corpos, espaços e reflexividade**. Em AFONSO, Rui; FURTADO, Gonçalo – **Arquitetura: Máquina e Corpo**. Porto: FAUP, 2006. P. 89

2.2 A ampliação tecnológica

– **Biologia e invenção**

“(...) Com o tempo não só acabamos por aceitar a tecnologia como começamos até a identificar-nos com ela. Damos nomes aos nossos carros e falamos com os nossos computadores. Em última instância, começamos mesmo a construir a nossa identidade através da tecnologia – através dos nossos carros, computadores e aparelhos electrónicos. (...) A tecnologia pode emprestar-nos o nosso estilo de vida, pode emprestar-nos a nossa identidade.”

21

Enquanto produto resultante da capacidade intelectual do ser humano, a tecnologia parece estar inevitavelmente ligada à sua natural capacidade de invenção e evolução. De alguma forma, a condição biológica da qual cada um de nós herda características físicas ou cognitivas próprias e finitas acabam por estruturar a nossa identidade e o conjunto de interações que estabelecemos entre nós e com o nosso meio envolvente. Embora este raciocínio seja fácil de estabelecer, reflexões recorrentes sobre a condição humana justaposta à tecnologia geram a interrogação sobre a real pertinência e utilidade desta para o Homem.

Reconhecido como uma das figuras importantes nesta interrogação da real pertinência e utilidade da tecnologia, Martin Heidegger desempenhou um papel importante no que diz respeito à reflexão sobre a tecnologia e a essência humana. Uma das peças fundamentais desta reflexão foi a sua obra publicada em 1955, intitulada de “Serenidade”. Apresentando a relação que o Homem estabelece com a Natureza e com o mundo determinada pelo ato e capacidade de pensar, Heidegger instituiu a existência de dois tipos de pensamento – o “pensamento que medita” e o “pensamento que calcula”²². Assim, questionando a tecnologia a partir da influência que esta exerce sobre o ato de pensar, Heidegger desenvolveu uma reflexão sobre as consequências da presença cada vez mais notada da tecnologia na vida quotidiana.

²¹ LEACH, Neil – **Esqueçamos Heidegger**. Em AFONSO, Rui; FURTADO, Gonçalo – **Arquitetura: Máquina e Corpo**. Porto: FAUP, 2006. P. 72

²² HEIDEGGER, Martin – **Serenidade**. Lisboa: Instituto Piaget, 2000. P. 24

Apresentado como o pensamento que rege a tecnologia, o “pensamento que calcula” é descrito como um pensamento ligado à ciência e à técnica – operando sobre o cálculo e a previsão –, por oposição ao “pensamento que medita” – relativo à reflexão e ao espírito crítico. No seu discurso, por comparação ao “pensamento que medita”, é revelado o facto de o “pensamento que calcula” se ter tornado excessivo e dominante.²³

Na reflexão de Heidegger, revelados como, respetivamente, legítimos e necessários, o pensamento que calcula e o pensamento que medita tornam-se a base de grande parte do seu discurso. A sua crítica relativa ao facto de cada vez mais o “pensamento de meditação” ser secundarizado, é notada a importância do equilíbrio entre estes dois tipos de pensamento²⁴. Amplamente ligado a esta ideia de equilíbrio, o termo “serenidade” é usado pelo autor como palavra-chave na transmissão deste conceito, ressaltando a necessária independência que o Homem precisa de possuir relativamente ao mundo técnico “*dos equipamentos, aparelhos e máquinas*”²⁵. O critério e capacidade de dizer “sim” e “não” aos objetos tecnológicos é, para Heidegger, o segredo desta harmonia entre a tecnologia e o Homem.

No processo de questionamento crítico da tecnologia, as mudanças promovidas por esta revelam-se como um ponto central, tornando-se clara a influência que os objetos técnicos desempenham na adoção e adaptação à tecnologia. Neste processo, a dicotomia entre o “natural” e a “máquina” é o que dá aso ao início de um entendimento sobre a relação estabelecida entre o Homem e os objetos.

*“(…) a tecnologia pode realmente influenciar a forma como os seres humanos pensam. Pode, ela própria, afectar a nossa consciência. (...) Novas condições criam novas formas de pensar (...)”*²⁶

²³ HEIDEGGER, Martin – **Serenidade**. Lisboa: Instituto Piaget, 2000. P. 25-26

²⁴ Idem, ibidem. P. 13

²⁵ Idem, ibidem. P. 24

²⁶ LEACH, Neil – **Esqueçamos Heidegger**. Em AFONSO, Rui; FURTADO, Gonçalo – **Arquitectura: Máquina e Corpo**. Porto: FAUP, 2006. P. 79

Recorrendo ao exemplo do papel desempenhado pelo avião no século XX, a condição não natural/intrínseca ao Homem relativa à observação aérea tornou nítida a gestão complexa entre ambição e adaptação. A condição deste tipo de observação, possibilitada por um avanço tecnológico, permitiu a ampliação da perceção da realidade que, até à data, se poderia esperar. A forma como este fenómeno de transformação alterou a realidade acabou simultaneamente por transformar a própria consciência dos arquitetos através da possibilidade de uma apreensão sobre um ponto de vista estranho à natureza do Homem. Mies van der Rohe tinha medo de voar de avião, contudo, a sua visão singular relativa à perspetiva urbana era presságio da influência da aeronáutica nas suas metodologias de pensamento e projecto – um contrassenso entre a condição “natural” e a “máquina”.

Neste caso, a criação de um objeto técnico acabou por ampliar as possibilidades naturais e intrínsecas a cada um de nós. Promovendo um conjunto de novas possibilidades por via da técnica e relevando a tecnologia como origem de uma “condição humana” própria. Da mesma forma que o progresso tecnológico é motivado pela condição humana, a condição humana parece ser construída a partir das disponibilidades técnicas que esse progresso lhe faculta.

“(…) se fosse desenvolvido um artefacto superior a um determinado órgão, de este poder atrofiar ou desaparecer completamente. O biberão, no início um substituto do seio de ama-de-leite, acabou, com o tempo, por representar uma ameaça ao seio materno e chegou a parecer que poderia usurpar a importância biológica, senão simbólica, do seio. (...)”²⁷

A estreita relação entre biologia e invenção, no ato de ampliação das capacidades do Homem, desde sempre alimentou grande parte da sua ambição e a evolução enquanto espécie. O seu carácter individual e coletivo promovido pela sua condição natural e amplamente criativa, tornou a ténue a diferenciação entre “órgão” e “máquina” – evidência esta, útil na definição da problemática “biologia e invenção”.

²⁷ FORTY, Adrian – **Design industrial e prótese**. Em AFONSO, Rui; FURTADO, Gonçalo – **Arquitectura: Máquina e Corpo**. Porto: FAUP, 2006. P. 23-24

Em “*corpos ausentes*”, refletindo acerca desta relação entre os conceitos de “máquina” e “órgão”, Ignasi de Solá-Moralés (1942-2001) recorda Georges Teyssot:

“Georges Teyson, no magnífico texto introdutório²⁸ ao livro de Diller e Scofidio Flesh, recordou a origem semelhante das palavras “máquina” e “órgão”. Citando Georges Canguilhem, recorda que em grego a palavra organon designa, por um lado, os órgãos corporais, por outro, os artefactos mecânicos capazes de transladar esforços e energias em posições e formas bem determinadas. As máquinas de guerra no mundo antigo (catapultas, aríetes, máquinas hidráulicas, etc.) eram órgãos como o coração, o fígado ou os olhos de um corpo humano”.²⁹

As relações estabelecidas entre a criação humana e a condição humana parecem fundir-se através da capacidade de apropriação do homem às suas invenções. Dependendo da eficiência técnica e artística, a emancipação humana concretiza-se através da sua capacidade de se reinventar a partir da “invenção”, completando o seu estado natural de existência humana através do prolongamento da biologia por via da tecnologia.

Fundador e *autor* fundamental da biologia moderna, Charles Robert Darwin (1809-1882) retratou a importância dos artefactos a partir da “Teoria da Evolução das Espécies”. Recorrendo a uma das analogias de Darwin, Adrian Forty escreve:

“Na área das ciências biológicas, a distinção entre artefactos como extensões literais ou metafóricas dos membros surgiu nos debates sobre evolução. (...), muitos biólogos usaram analogias do mundo dos artefactos para elucidar as suas ideias sobre a evolução natural:

²⁸ Apud TEYSSOT, Georges – *The mutante Body of architecture*. Em DILLER, Elisabeth; SCOFIDIO, Flesh – *Architectural Probes*, Princeton Architectural Press, 1994.

²⁹ SOLÁ-MORALES, Ignasi – *Corpos ausentes*. Em AFONSO, Rui; FURTADO, Gonçalo – *Arquitectura: Máquina e Corpo*. Porto: FAUP, 2006. P. 40-41

*Darwing, por exemplo, usou o desenvolvimento dos telescópicos como metáfora para a evolução dos olhos. (...)*³⁰

– Objeto e corpo

Os objetos e o corpo são uns dos elementos estruturais da relação que se estabelece entre a tecnologia e o Homem. Alguns autores como Samuel Butler (1835-1902), Augustus Lane-Fox Pitt Rivers (1827-1900), Adrian Forty (1948) ou até mesmo Le Corbusier ajudam a compreender esta relação entre a criação de objetos e a história da evolução do Homem.

*“(…) Numa passagem claramente evocativa de Samuel Butler (...) Le Corbusier escreve: “Nascemos nus e com protecção insuficiente. Assim, as mãos em concha de Narciso levaram-nos a inventar a garrafa. (...)”*³¹

Perante a ideia de a tecnologia ser uma extensão do Homem e os objetos uma extensão do corpo, Adrian Forty constrói um discurso sobre os objetos, assumindo estes como uma invenção que tenta anular “deficiências corporais”. Tal como na publicação de Corbusier de 1925 sobre design³², assente numa retórica “funcional”, o valor dos objetos é atribuído à sua capacidade de corrigir uma disfunção ou limitação do ser humano, Adrian Forty dá como exemplo a Ergonomia – ciência que tornando mais próxima a conexão entre o corpo e os objetos, torna simultaneamente mais presente a ideia de um objeto ser uma extensão do corpo:

*“(…) muitos dos membros do homem estão dispersos e encontram-se separados (...) – alguns sempre à mão para uso eventual e outros, ocasionalmente, a quilómetros de distância. A máquina é apenas um membro suplementar.”*³³

³⁰ FORTY, Adrian – **Design industrial e prótese**. Em AFONSO, Rui; FURTADO, Gonçalo – **Arquitectura: Máquina e Corpo**. Porto: FAUP, 2006. P. 22

³¹ Idem, ibidem. P. 27

³² CORBUDIER, Le – *L’art décoratif d’aujourd’hui*. [s.l.]: [s.n.], 1925.

³³ FORTY, Adrian – **Design industrial e prótese**. Em AFONSO, Rui; FURTADO, Gonçalo – **Arquitectura: Máquina e Corpo**. Porto: FAUP, 2006. P. 27-28

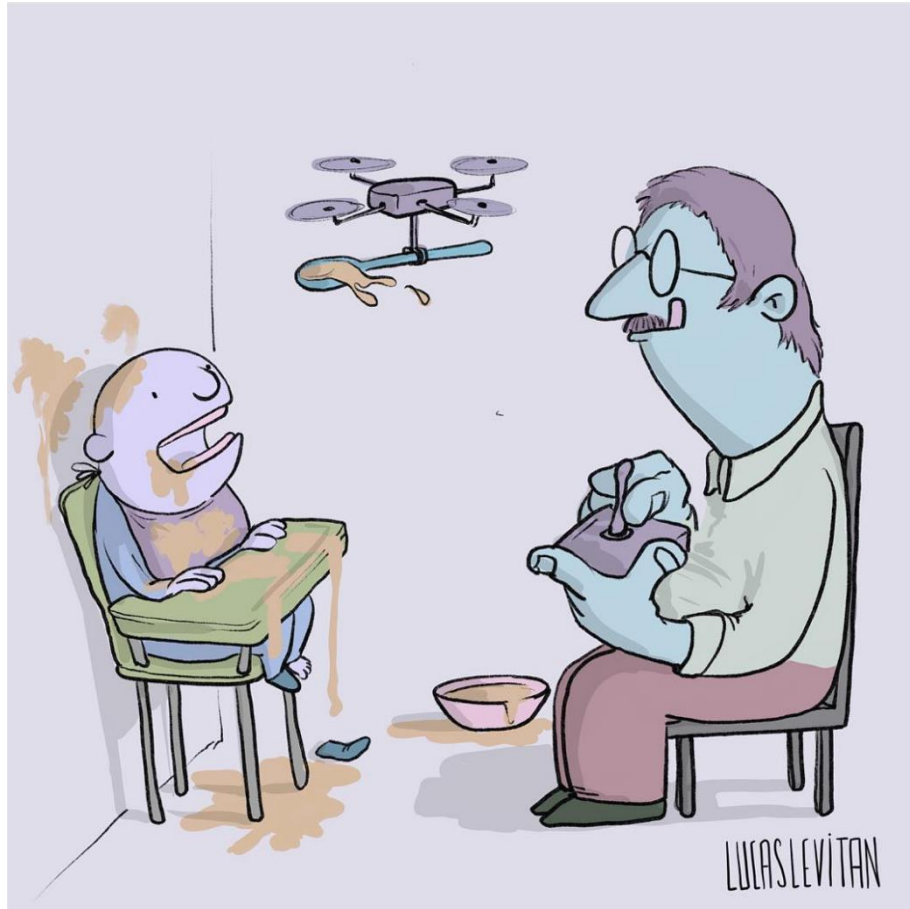


Fig. 32
@Luvaslevitan
2019, ilustração,
"Fun way of feeding"

Determinando a existência única de dois tipos de objecto – “objectos membros humanos” (*objects membres humains*) e “objectos-sentimento” – Corbusier desenvolve a ideia de que apenas os “objectos membros humanos” se assumem enquanto prótese corporal e que os “objectos-sentimento” – produtos das belas-artes – se relacionavam com a vertente artística, evadidos de intenções funcionais.

Esta separação entre função e sentimento relativa aos objetos não se mostra tão evidente para Adrian Forty. Assumindo que os objetivos podem facultar simultaneamente uma experiência e uma função, o autor admite a existência de uma ambivalência na criação e no uso dos objetos. A capacidade de os objetos produzirem sensações é um dos argumentos usados pelo autor para confirmar a ideia de um objeto não ser apenas um processo de extensão do corpo.³⁴

No tema “tecnologia função/emoção”, o avião assume-se como caso paradigmático onde a tecnologia caracterizou numa forma híbrida de transformação e influência. Enquanto máquina funcional o avião tornou-se uma extensão do corpo, facultando-o da capacidade de “voar” e permitindo-lhe uma mobilidade indissociável à tecnologia aeronáutica, porém, enquanto instrumento conceptual e disruptor, este também acabou por produzir um conjunto de reações e emoções que transpareceram na forma de “projeto urbano” ou “produção artística” – inspiradas na concretização e plasticidade do voo.

*“(...) os aviões, (...) uma combinação de «sonho e função».”*³⁵

Parante a ideia de as criações tecnológicas fazerem parte das experiências pessoais e sociais que se estabelecem, Adrian Forty retrata ainda a capacidade que os objetos tecnológicos têm de criar e transformar hábitos e códigos sociais:

³⁴ FORTY, Adrian – **Design industrial e prótese**. Em AFONSO, Rui; FURTADO, Gonçalo – **Arquitetura: Máquina e Corpo**. Porto: FAUP, 2006. P. 29-30

³⁵ LEACH, Neil – **Esqueçamos Heidegger**. Em AFONSO, Rui; FURTADO, Gonçalo – **Arquitetura: Máquina e Corpo**. Porto: FAUP, 2006. P. 78

*“(...) Os chapéus (...) eram usados não apenas para manter as cabeças quentes e secas (...), através da observância dos rituais de quando eram retirados, levantados ou apenas tocados, toda uma linguagem de interação social – forneciam, por assim dizer, um órgão de expressão adicional e tornavam os corpos dos homens e das mulheres mais complexos socialmente. (...)”*³⁶

A influência que a tecnologia imprime na realidade nota-se em muitas das ações do quotidiano, por muito que estas, estabelecidas e já naturais, se revelem sobre a forma de impulso na rotina do dia-à-dia.

A tecnologia parece vincular-se à condição humana e o contrário também. Influenciando-a enquanto consequência dos resultados que obtém, o progresso tecnológico parece, simultaneamente, partir do pressuposto da condição humana não se apresentar estática. Aumentando a integridade de que o homem carece, a tecnologia apresenta-se como a ambição humana na forma tentada ou alcançada. Por vezes, quando verdadeiramente estabelecida, a tecnologia torna-se um símbolo de extensão do Homem.

Tal como no exemplo observado anteriormente de Forty – relativo ao facto de a tecnologia integrar-se nos hábitos e códigos sociais –, esta pode igualmente tornar-se um objeto de juízo pessoal. A tecnologia pode imprimir no seu utilizador os valores que lhe estão associados. Características qualitativas, mesmo que recrutadas a partir de uma ferramenta tecnológica, podem ser associados às capacidades pessoais de quem lhe dá uso. Desta maneira, a tecnologia pode resultar como uma verdadeira “prótese” do corpo humano.

“(...) temos de compreender que o nosso envolvimento com a tecnologia implica um momento de “propriocepção”. A tecnologia pode vir a funcionar como uma espécie de

³⁶ FORTY, Adrian – **Design industrial e prótese**. Em AFONSO, Rui; FURTADO, Gonçalo – **Arquitectura: Máquina e Corpo**. Porto: FAUP, 2006. P. 31

*“prótese” do corpo humano que é apropriada de forma a tornar-se parte da mobilidade do corpo. (...) aliás, uma forma de extensão desse corpo. (...)”*³⁷

A evolução da tecnologia enquanto sinónimo da evolução do Homem é característica rizomática de aperfeiçoamento humano. A posição crítica da tecnologia enquanto “prótese” e “extensão” do corpo humano é caracterizadora das possibilidades e potencialidades que o futuro tecnológico pode disponibilizar.

A tecnologia do veículo aéreo remotamente pilotado (VARP) é exemplo desta iminência evolutiva do ser humano. Promovendo uma mudança na relação de proximidade entre os objetos e o Homem, o caso específico do VARP parece reforçar uma realidade onde o controlo da tecnologia e dos objetos se passa a fazer através de uma interação e manipulação mais remota – à distância. Os “aspetos técnicos” destes dispositivos – apresentadas mais à frente neste ensaio – pressupõem uma nova dinâmica na realidade urbana bem como nas relações e interações que o “corpo” estabelece com esta. Este veículo de “mobilidade remota” relativiza a distância entre o corpo e a sua envolvente – revelando e potenciando a “posição” que o ser humano pode assumir no espaço.

O “objeto” e o “corpo” parecem caminhar para um afastamento físico induzido, porém, numa aparente paradoxalidade, a capacidade de se complementarem parece ampliar-se através do carácter híbrido que esta tecnologia evidencia. Com o uso do VARP a relação virtual entre o “objeto” e o “corpo” instala uma realidade de novos contextos e interações onde as potencialidades tecnológicas, numa perspetiva de continuidade de transformação evolutiva, se perpetuam à condição do próprio corpo humano.

³⁷ LEACH, Neil – **Esqueçamos Heidegger**. Em AFONSO, Rui; FURTADO, Gonçalo – **Arquitetura: Máquina e Corpo**. Porto: FAUP, 2006. P. 78-79.

O veículo aéreo remotamente pilotado (VARP)

3.1 Os “objetos suspensos”

A presença cada vez mais pronunciada do veículo aéreo remotamente pilotado (VARP) no contexto aéreo urbano é um dos fenômenos mais comentados e debatidos dos últimos anos no que respeita às transformações das dinâmicas do espaço aéreo e da cidade. Fruto de um acelerado desenvolvimento tecnológico, a indústria de produção destas aeronaves é hoje motivada pelos seus potenciais usos e aplicações a um conjunto amplo e variado de áreas disciplinares como são exemplo a Arquitetura, a Fotografia ou a Agricultura.

A realidade urbana tende a construir-se sobre premissas universais ou princípios científicos tão naturais como o conceito de “gravidade” – desenvolvido pelo físico britânico Isaac Newton (1642 a 1727) e Albert Einstein (1879-1955) com a sua “teoria da relatividade” de início do século XX. Apresentando-se como condição essencial e construindo os nossos moldes de agir, reagir e interagir com o meio envolvente, condições tão naturais como esta tornam-se basilares na existência do homem, porém, também profundamente inspiradoras de algumas das suas ambições e aspirações mais revolucionárias.

Com a invenção de veículos aéreos como o balão de ar quente ou o avião, desde o século XX a gravidade tem sido desafiada e relativizada – perpetuando uma conduta de “provocação” sobre esta condição física universal. Perdurando até aos dias de hoje, a interação humana com o espaço aéreo tem participado de mudanças efetivas, gerando um impacto socioeconómico e político e construindo parte da sua realidade como produto resultante dessas mudanças.

Desde o início do séc. XXI, a popularidade e a cada vez maior presença do VARP no espaço aéreo tem-se caracterizado como exemplo paradigmático da alteração e adaptação àquelas que são as dinâmicas impostas pela interação entre o homem e o espaço aéreo. Ao contribuir para um cenário urbano de maior proximidade entre estes objetos voadores, o *habitat* e as pessoas, esta tecnologia tem evidenciado um conjunto de transformações profundas nas realidades urbanas que a suporta.

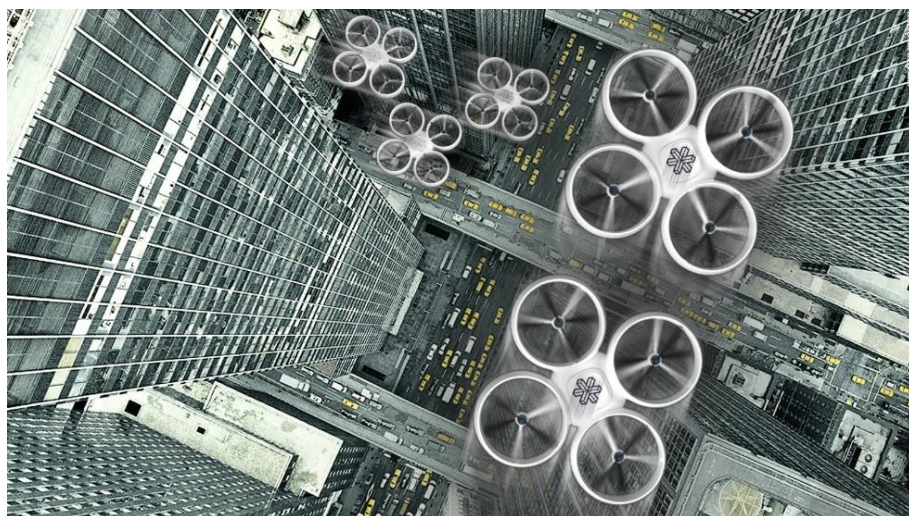


Fig. 33
Drones

“(…), over the pass few years, an increasing number of public and private research laboratories have been working on small, human-fiendly drones that one day may autonomously fly in confined spaces and in close proximity to people. (...)”³⁸

Um dos passos essenciais para esta realidade de apropriação social foi o início da comercialização destes veículos para um uso pessoal e lúdico. A empresa “3D Robotic Inc.” (3DR) desempenhou um papel determinante neste que se tornou um processo de apropriação emergente – aplicando pela primeira vez, em 2012, esta tecnologia a um equipamento destinado a uso civil.³⁹

Ao estabelecer-se com veemência neste que é o seu ambiente de atuação, o VARP tem revolucionado a ocupação e utilização do espaço aéreo – significando novos pressupostos com

³⁸ FLOREANO, Dario; WOOD, Robert J. – *Science, technology and the future of small autonomous drones*. *Nature* – Volume 521, 2015. P. 460

³⁹ SILVA, Nuno P. – **A construção robotizada em Arquitetura**. Lisboa: Departamento de Arquitectura e Urbanismo do Instituto Universitário de Lisboa, 2018. Dissertação de Mestrado. Apud ROUSE, Margaret – *drone (UAV)*. [s.l.]: Techtarget, 2009.

os quais a realidade aérea urbana terá de lidar. Hoje, este estabelece uma democratização da observação dos ambientes a várias escalas – antecipando um aumento da consciência das realidades urbanas construídas ou ainda por construir.

Presente cada vez mais nas dinâmicas de consumo tecnológico, esta tecnologia torna-se um bem também próximo do público menos especializado – onde a utilização desta tecnologia para fins lúdicos ganha força.

“Estes apetrechos, pequenos robots voadores (...) surgiram no universo militar, no qual tinham uma utilização reservada, custosa e controlada. Nos últimos anos houve uma banalização do seu uso e hoje até podemos comprar um drone numa loja de brinquedos.”⁴⁰

É a partir da vista aérea disponibilizada por estes “objetos suspensos” que a consciência da realidade urbana se altera – principalmente no campo de ação da arquitetura, onde esta observação aérea facilitada constrói um conjunto de novos juízos e premonições sobre a cidade.

“A vista aérea introduz na arquitectura uma nova fachada visível, a cobertura vai com certeza deixar de ser um mero elemento técnico para passar a ser uma nova fachada de desenho cuidado, senão um novo portal de ingresso às edificações, quando o drone se difundir como meio de transporte. A arquitectura terá de responder à funcionalidade destas máquinas.”⁴¹

No “*Elevation documentary: how drones will change cities*”⁴², este debate sobre o surgimento de uma nova “cidade visível” também é abordado, apresentando igualmente a cobertura como a nova e relevante face visível da cidade que precisa ser valorizada – rompendo com o conceito associado de espaço técnico onde as pessoas colocam o lixo ou outro tipo de

⁴⁰ MELÂNEO, Paula – **Ferramentas para a arquitectura na 4.ª revolução industrial**. J–A, nº 259 (2019).

⁴¹ Idem, ibidem.

⁴² *Elevation documentary: how drones will change cities*. Canal de Youtube: Dezeen, 2018. (17 min., 43 seg.).

coisas de menor importância. Acerca deste novo olhar, ainda neste documentário, o fotógrafo ED Reeve testemunha sobre a influência que o surgimento deste conjunto de novas perspectivas tem na observação da arquitetura, bem como no modo de a fotografar.

Esta mudança de paradigma, onde a presença cada vez mais emergente destes “objectos suspensos” conforma e confirma novas realidades e dinâmicas urbanas, provoca uma renovação de oportunidades e desafios inesperados com os quais a cidade e os seus organismos se deparam.

*“(…) Os corpos voadores, libertos de peso e de gravitação, surgem cada vez mais nas fotomontagens destes anos. (…) a relação entre o corpo e a sua envolvente física se liberta, pode “incorporar-se” em qualquer situação, em qualquer espaço. (…)”*⁴³

A familiarização da sociedade com o imaginário desta tecnologia parece ainda estar em processo, contudo, o despertar para esta nova realidade tecnológica parece galopar à medida que os seus novos e inesperados usos invadem o espaço aéreo de “objetos suspensos” manipulados à distância.

Caracterizando uma mudança de paradigma da paisagem contemporânea, o VARP requer uma adaptação que se tornará inevitável. Mesmo quando não tripulados, estes objetos tornam-se a presença implícita do Homem no meio aéreo – tornando natural que o seu indissociável fascínio pelo voo se revele sobre a forma de apropriação tecnológica e, simultaneamente, apropriação do próprio ambiente aéreo.

⁴³ SOLÁ-MORALES, Ignasi – **Corpos ausentes**. Em AFONSO, Rui; FURTADO, Gonçalo – **Arquitectura: Máquina e Corpo**. Porto: FAUP, 2006. P. 42

3.2 Aspetos técnicos

– Terminologia

Neste ensaio o entendimento conceptual sobre o que é um “veículo aéreo remotamente pilotado” (VARP) baliza-se na identificação, conforme expresso na terminologia adotada, de um conjunto de características específicas próprias de um veículo aéreo por forma a permitir ao seu utilizador a possibilidade de o pilotar através de um controlo remoto. Embora a adoção da terminologia “VARP” se revele útil para a construção deste ensaio, a referência a este tipo de veículos também sucede na forma de expressões sinónimas, podendo, com critério, entender-se como VARP outras designações como:

- Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT)
- *Remotely Piloted Aircraft (RPA)*
- *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*
- *Unnamed Aircraft System (UAS)*

Todas estas designações são regularmente utilizadas na referência a este tipo de aeronaves, contudo, é o termo “*drone*” que surge como aglutinador e unificador de todas estas. Sendo o mais popular, o termo “*drone*” torna-se o mais adotado na designação deste tipo de aeronaves – principalmente quando estas apresentam uma dimensão reduzida e uma semelhança a um helicóptero miniatura.⁴⁴

– Pilotagem

Ao serem comandados manualmente, este tipo de veículo apresenta hoje essencialmente dois métodos de pilotagem. Um destes métodos é o controlo remoto manual em tempo real – baseado na emissão de um sinal entre o veículo aéreo e um comando na posse do agente utilizador. O segundo método, sucedendo através de um controlo remoto programado de

⁴⁴ HERRICK, Shawn – *What’s the difference between a drone, UAV and UAS?*. [s.l.]: Botlink, 2017.

sistemas integrados mais complexos, torna-se menos comum, contudo, é normalmente utilizado para voos com trajetórias e coordenadas muito específicas. Em ambos os métodos, a utilização de sensores, radares e satélites pode ocorrer, contudo, é no método de pilotagem baseado numa programação de sistemas integrados que ocorre um maior recrutamento destes componentes.⁴⁵

Recentemente têm surgido algumas formas inovadoras de controlar estes veículos. A empresa “*SZ DJI Technology Co., Ltd.*” tem desenvolvido funções de voo que revelam a possibilidade de controlar estes veículos através de uma interação mais direta entre o equipamento e o operador. Em alguns dos modelos comercializados por esta empresa, torna-se possível controlar e dar ordens a estas aeronaves a partir do reconhecimento de gestos corporais realizados pelo utilizador. Esta função está presente em modelos de *drone* como o “*DJI Spark*” ou o “*DJI Mavic 2 Pro*” – designando esta função como “*gesture mode*”.⁴⁶

“(…). *On the one hand, face recognition and gesture-based interaction without wearable devices will become widely available for hobby and toy drones within the next five years; for example, by equipping small drones with human-motion-sensing (...)*”⁴⁷

A pilotagem de *drones* também pode recorrer à utilização de óculos FPV (“*First Person View*”). À semelhança de óculos de realidade virtual (“*Virtual Goggles*”), estes permitem ao operador de *drone* uma maior imersividade no voo, permitindo assistir à transmissão das imagens registadas por uma câmara acoplado ao *drone*. Também a empresa “*SZ DJI Technology Co., Ltd.*” lançou recentemente o “*DJI Digital FPV System*”, destinado a este tipo de experiência – “*flying like a bird*”.⁴⁸

⁴⁵ SILVA, Nuno P. – **A construção robotizada em Arquitectura**. Lisboa: Departamento de Arquitectura e Urbanismo do Instituto Universitário de Lisboa, 2018. Dissertação de Mestrado. P. 47-48

⁴⁶ ***DJI - Spark - Possibilities***. Canal de Youtube: DJI, 2017. (2 min., 57 seg.).

⁴⁷ FLOREANO, Dario; WOOD, Robert J. – *Science, technology and the future of small autonomous drones*. *Nature* – Volume 521, 2015. P. 465

⁴⁸ ***DJI - Introducing the DJI Digital FPV***. Canal de Youtube: DJI, 2017. (3 min., 2 seg.).

– **Design**

Podendo variar com base na finalidade para que foram construídos, o design e a escala deste tipo de equipamento é diversificada, contudo, a sua variedade de tamanhos pode ser categorizada como veículos de pequena, média e grande escala.⁴⁹

Apesar de não ser constante a relação entre a escala e o tipo de uso, é notória a grande separação entre o uso lúdico – onde o uso de veículos de pequena escala é mais regular – e o uso profissional e/ou militar – onde maioritariamente são utilizados os veículos de maior escala. Na utilização militar, o modelo “MQ-9 Reaper” é exemplo de um VARP de grande escala – apresentando as dimensões: 11 metros de comprimento, 20 metros de envergadura e 3,81 metros de altura.⁵⁰ Desde a escala de uma mão à escala convencional de uma aeronave, o VARP tende a assumir o tamanho conveniente à realidade onde atua.



Fig. 34
MQ-9 Reaper
Drone militar de asa fixa

⁴⁹ KARP, Michael – *The Different Drone Sizes and Their Uses*. [s.l.]: Droneblog, 2016.

⁵⁰ U.S. AIR FORCE – **MQ-9 Reaper**. [s.l.]: U.S. Air Force, 2015.

Revelando uma influência preponderante nas capacidades e tipos de trabalhos que estes equipamentos conseguem realizar, o formato e o tamanho destes equipamentos tornam-se características relevantes não apenas no que respeita à sua estética. Espelhando esta correlação, a morfologia destes veículos torna-se fundamental na sua definição enquanto objetos tecnológicos. Podendo apresentar-se tipicamente com dois tipos de morfologia – veículo aéreo de asa fixa e veículo aéreo de asa giratória –, o VARP pode assumir características específicas determinantes para o tipo de uso a que se destina.

“(…) The most common morphologies for flying robots include more conventional fixed-wing and rotary-craft (rotorcraft) design as well as bio-inspired designs based on flapping wings. Each of these platform types has pros and cons. (…)”⁵¹

Apesar de a asa fixa e a asa giratória serem as morfologias mais comuns, o VARP surge noutras formas. O “balão de hélio com câmara fotográfica e emissor vídeo” é um destes exemplos menos comuns, utilizado pelo professor Luís Miguel Mateus da faculdade de Arquitectura da Universidade de Lisboa.⁵²

– **Autonomia energética**

Um outro aspeto técnico bastante relevante nesta tecnologia é a “autonomia energética”. Neste campo, tanto a morfologia como a escala destes veículos tornam-se características preponderantes. O intenso gasto energético produzido pelo “voo” torna os veículos mais pequenos potencialmente menos eficientes – principalmente devido ao pouco espaço disponível que estes assumem ter. Assim, a escala destes veículos revela-se como a característica que mais condiciona a sua capacidade de reservar energia. A espectável proporção direta entre o tamanho destes veículos e o seu nível de autonomia é um dos desafios que a sua indústria de

⁵¹ FLOREANO, Dario; WOOD, Robert J. – *Science, technology and the future of small autonomous drones*. Nature, Volume 521. Data: 28 de Maio, 2015. P. 460

⁵² MATEUS, Luís M. C. – **Contributo para o Projecto de Conservação, Restauro e Reabilitação: Uma Metodologia Documental baseada na Fotogrametria e no Varrimento Laser 3D Terrestres – VOLUME 2**. Lisboa: Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, 2012. Tese de Doutoramento. P. 392

desenvolvimento e produção enfrenta atualmente, procurando tirar partido de um equilíbrio entre a sua portabilidade e capacidade operativa.

*“(...) The impacts of scaling challenges are that smaller drones have less endurance, and that the overall flight times range from tens of seconds to tens of minutes – unfavourable compares with human-scale vehicles. (...)”*⁵³

A bateria presente nestes equipamentos é o único elemento capaz de armazenar energia, tornando-se uma peça central no desempenho destes veículos e permitindo a implementação de componentes que os tornam mais inteligentes e capazes. Os *drones* de uso civil apresentam atualmente uma autonomia média de 31 min, porém, em alguns modelos, a possibilidade de a bateria ser substituída adquire vantagens por permitir a substituição imediata das baterias descarregadas por outras que estejam ainda com a carga completa. Alguns modelos que possuem uma autonomia maior podem integrar no seu corpo mais do que uma bateria, como é o caso do “*Matrice 600 Pro*” que utiliza um total de 6 baterias em simultâneo.



Fig. 35
Matrice 600 Pro
Drone profissional de asa giratória

A dicotomia entre prós e contras relativa aos dois tipos de morfologia do VARP – asa fixa e asa giratória – também definem aquele que se pode tornar o modelo de veículo mais eficiente no que diz respeito ao tempo de voo. Os veículos aéreos de asa fixa apresentam uma

⁵³ FLOREANO, Dario; WOOD, Robert J. – *Science, technology and the future of small autonomous drones*. *Nature*– Volume 521, 2015. P. 461

maior autonomia de voo quando comparados com os veículos de asa giratória, apesar deste facto, uma série de características, como a maior versatilidade de trajetórias de voo, torna os veículos aéreos de asa giratória mais eficazes e eficientes em determinadas operações.

*“(...) fixed-wing aircraft are capable of fast and efficient flight, but typically cannot hover. Rotorcraft can hover and are highly manoeuvrable, but are generally less efficient in forward flight than fixed-wing vehicles. (...)”*⁵⁴

Aspetos relacionados com o design e a aerodinâmica são essenciais na definição do VARP enquanto objeto voador, porém, hoje a amplitude da sua realidade tecnológica é cada vez mais complexa – fruto do seu contínuo e ambicioso processo de aperfeiçoamento.

– ***Hardware e software***

Englobando dois grandes grupos tecnológicos – *hardware* e *software* –, a realidade técnica do VARP torna-se um produto resultante desta combinação, possuindo uma variedade específica de *hardware* e *software* tão distinta quanto a função para a qual foi construído necessita.

*“Estes novos objectos/espacos altamente reactivos serao projectados de forma a disporem da capacidade de “vacilacao”. (...) o telefone e disso um exemplo simples, como e a maquina virtual do computador – uma maquina que pode transformar-se em outras maquinas, numa calculadora, numa maquina de escrever e num ecrã de video. (...) os objectos vacilarao cada vez mais (...)”*⁵⁵

A familiaridade entre o VARP e a ideia de “vacilação” introduzida por Spiller resulta como potência da versatilidade que este demonstra ter.

⁵⁴ FLOREANO, Dario; WOOD, Robert J. – *Science, technology and the future of small autonomous drones*. *Nature* – Volume 521, 2015. P. 460

⁵⁵ SPILLER, Neil – **Corpos, espacos e reflexividade**. Em AFONSO, Rui; FURTADO, Gonçalo – “Arquitectura: Máquina e Corpo”. (Porto: FAUP, 2006. ISBN: 9789729483806). P. 87

A usual integração de motores eletromagnéticos e hélices é uma das características primárias que permite a ação de voo destes veículos. Podendo variar em quantidade e forma, estes componentes são facilmente identificáveis principalmente na morfologia do veículo aéreo de asa giratória, onde o seu número de motores designa os termos “*quadcopter*” e “*hexacopter*” – ao possuir, respetivamente, 4 e 6 motores.

O voo destes veículos é condicionado por fatores que lhe são intrínsecos e outros que manifestamente se apresentam como externos à sua tecnologia. Entendidos como fatores externos – a meteorologia (vento, chuva e radiação ultravioleta), o tipo de tarefas executadas em voo ou as sobrecargas (pesos externos) podem influenciar profundamente as trajetórias e a autonomia energética destes veículos. Contudo, é o desempenho do seu *hardware* e *software* que permite minimizar a influência de fatores como estes no seu período de atuação aérea.

As distâncias máximas relativas ao voo de um VARP podem depender do modelo e legislação aérea a aplicar. Apesar disto, o valor indicado por Nick Heath sobre o raio máximo de distância de voo destes veículos é 50 quilómetros⁵⁶. Sobre a altitude máxima, o limite de 500 metros é estabelecido pela aplicação “DJI GO 4” – pertencente a uma das mais importantes empresas de venda de *drones* civis (“SZ DJI Technology Co., Ltd.”). Recentemente, a velocidade máxima de 263,1 km/h foi registada como recorde mundial – estabelecida por um *drone* desenvolvido por um conjunto de engenheiros da “*Drone Racing League*”.⁵⁷

A gerência de voo feito por estes veículos tem como base um conjunto de informações adquiridas através de sensores e por via satélite (*GPS* - “*global positioning system*”).

“Convencional unmanned drones the fly at high altitudes regulate their attitude (roll, pitch and yaw) and their position (x, y, z) by continuously monitoring and merging data from an inertial measurement unit (IMU), which contains three-axis accelerometer and gyroscopes, and from a global positioning system (GPS). This technology, which is necessary for sensory-

⁵⁶ HEATH, Nick – *The long-range drone that can keep up with a car and fly for an hour*. [s.l.]: TechRepublic, 2015.

⁵⁷ TECH, Canal: *Drone mais rápido do mundo alcança velocidade surpreendente*. [s.l.]: Canaltech, 2017.

motor autonomy, is now also available in small drones for recreational or professional use.
(...) ⁵⁸

Em ambientes de grande densidade construída, ou onde se verifica uma presença muito elevada de obstáculos, a ausência de um sinal *GPS* eficiente é suportada pelo *hardware* capaz de recolher dados sobre a realidade tridimensional do espaço onde o voo decorre. Estabilizando o voo através do cruzamento dos dados registados por acelerómetro, giroscópio e sensores óticos, o *firmware e software* instalados nestes veículos facultam uma maior segurança e estabilidade naquele que é o seu controlo passivo – aplicado pelo utilizador – e controlo ativo – aplicado automaticamente pelo sistema da aeronave.⁵⁹

“(…), small autonomous drones flying at low altitude will need more complex levels of control autonomy and additional sensors to detect distances from the surrounding environment and perform safe and stable trajectories. Vision is a promising sensor modality for small drones because compared with other distance sensors such sonar, infrared and laser range finders used in terrestrial vehicles, it does not require energy to interrogate the environment, and for comparable mass it can gather richer information and span wider fields of view.” ⁶⁰

⁵⁸ FLOREANO, Dario; WOOD, Robert J. – *Science, technology and the future of small autonomous drones*. *Nature* – Volume 521, 2015. Disponível na internet:
<URL:<https://infoscience.epfl.ch/record/208757/files/nature14542.pdf?version=1>>. P. 462

⁵⁹ Idem, ibidem. P. 462

⁶⁰ Idem, ibidem. P. 462

A capacidade de “reação automática” dos veículos aéreos remotamente pilotados tem-se ampliado até mesmo no uso civil. Através da introdução de inteligência artificial nestes veículos, empresas como a “*SZ DJI Technology Co., Ltd.*” disponibilizam já veículos capazes de reconhecer e perseguir objetos e corpos em andamento, através da ativação de uma função designada “*Follow me*”. Paralelamente, veículos como estes demonstram já alguma capacidade de “voo reativo” automático. Como exemplo, o modelo “*DJI Mavic 2 Pro*” disponibiliza um recurso que, reconhecendo através de sensores omnidirecionais os obstáculos que surgem, corrige e “redesenha” as suas trajetórias de voo – contornando obstáculos sem interromper a sua ação. Outra função relevante presente em modelos como este é o “*return home*”, permitindo ao operador do *drone* um voo automático de regresso à coordenada de início do voo e a consecutiva aterragem.⁶¹



Fig. 36
Mavic 2 Pro
Sensores omnidirecionais

⁶¹ DJI SUPPORT – *How to use DJI’s Return to Home (RTH) Safely*. [s.l.]: DJI, 2017.

*“Many vision-based insect capabilities have been replicated with small drones. For example, it has been shown that small fixed-wing drones and helicopters can regulate their distance from the ground using ventral optic flow while GPS was used to maintain constant speed and an IMU was used to regulate roll angle. The addition of lateral optic flow sensors also allowed a fixed-wing drone to detect near-ground obstacles. Optic flow has also been used to perform both collision-free navigation and altitude control of indoor and outdoor fixed-wing drones without a GPS. (...)”*⁶²



Fig. 37
“Collision-free navigation”
Reconhecimento de obstáculo



Fig. 38
“Follow me”
Identificação e perseguição de um objecto

⁶² FLOREANO, Dario; WOOD, Robert J. – *Science, technology and the future of small autonomous drones. Nature* – Volume 521, 2015.

A existência de uma câmara nestes veículos torna possível a aquisição, transmissão e armazenamento de dados na forma de fotografia e vídeo. Contendo um sistema de estabilização de imagem muito eficaz – baseado na integração de um “*gimbal*” – e resoluções de imagem tão altas como 4k e 8k, estes veículos tornam-se capazes de oferecer registos estáveis e de elevada qualidade. Para além da utilização habitual de câmaras fotográficas, a possibilidade de ter no lugar destas uma tecnologia que permita a captação de outro tipo de informação tem sido explorada. O modelo de *drone* “*Mavic 2 Enterprise Dual*”, lançado para um uso profissional, permite, através de uma câmara termográfica (“*Integrated Radiometric FLIR Thermal Sensor*”), a observação da temperatura de superfícies e o registo e análise dessa termografia.⁶³

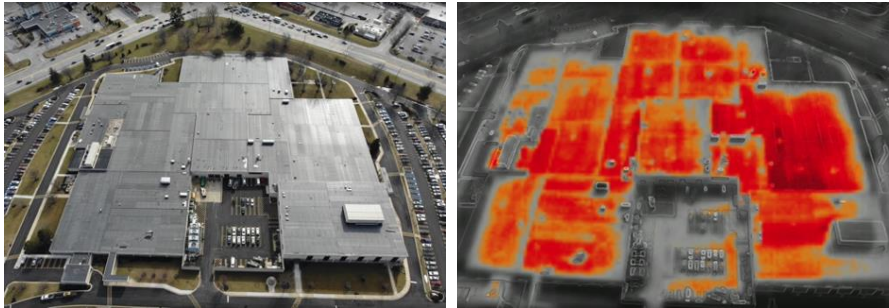


Fig. 39 e 40
Mavic 2 Enterprise Dual
Câmara termográfica



Fig. 41
Aplicação “DJI Go 4”
Interface

⁶³ DJI – *Mavic 2 Enterprise Series*. [s.l.]: DJI, 2018.

O armazenamento de todos os dados adquiridos pelo VARP é tipicamente feito numa memória externa, apesar de, em alguns modelos, existir a possibilidade de armazenamento numa memória interna do equipamento. A partir de um cartão de memória, o veículo armazena todos os dados recolhidos durante o voo, disponibilizando-os através da remoção do cartão introduzido dentro da unidade do equipamento.

A atualização periódica do *firmware drone* é requerida por algumas marcas como a “*SZ DJI Technology Co., Ltd.*”, com o objetivo de atualizar aqueles que são os parâmetros de ação do *drone*. A atualização de *firmware* garante o cumprimento de alguns regulamentos e políticas de utilização, para além de uma otimização do próprio equipamento. Com o objetivo de tornar a utilização aérea dos seus veículos mais responsável, a “*SZ DJI Technology Co., Ltd.*” desenvolveu o sistema “*No fly zone*” (“*DJI NFZ system*”) – um sistema revolucionário relativo à gestão da circulação aérea de *drones*.

– **“*Fly Safe*”**

“*No fly zone*” é um recurso de restrição ativa para voos *drone*, criado pela empresa “*SZ DJI Technology Co., Ltd.*” e aplicado em todos os seus equipamentos. Baseada naquelas que são as geo-localizações de aeroportos, heliportos ou áreas de gestão militar, este recurso limita e proíbe o voo em determinadas zonas do mundo.⁶⁴

Apresentando vários tipos de classificações e restrições, esta funcionalidade tem como objetivo minimizar os riscos associados ao voo destas aeronaves no espaço aéreo de todo o mundo. A partir deste recurso que recorre aos dados de localização GPS do *drone*, os operadores de equipamentos *DJI* vêm os seus voos limitados em altitude e latitude/longitude. De entre as restrições aplicadas pelo “*NFZ system*” surge a limitação, em determinadas zonas, de voos que excedam a altitude de 30 metros e a proibição total de voo em zonas de espaço aéreo classificadas como “*Restricted zones*”. Salvo estas restrições, a partir de um pedido de autorização especial, o voo em zonas como estas pode ser autorizado temporariamente através de um desbloqueio a partir do *software* de pilotagem da marca.

⁶⁴ DJI – *Fly Safe Geozone Map*. [s.l.]: DJI.

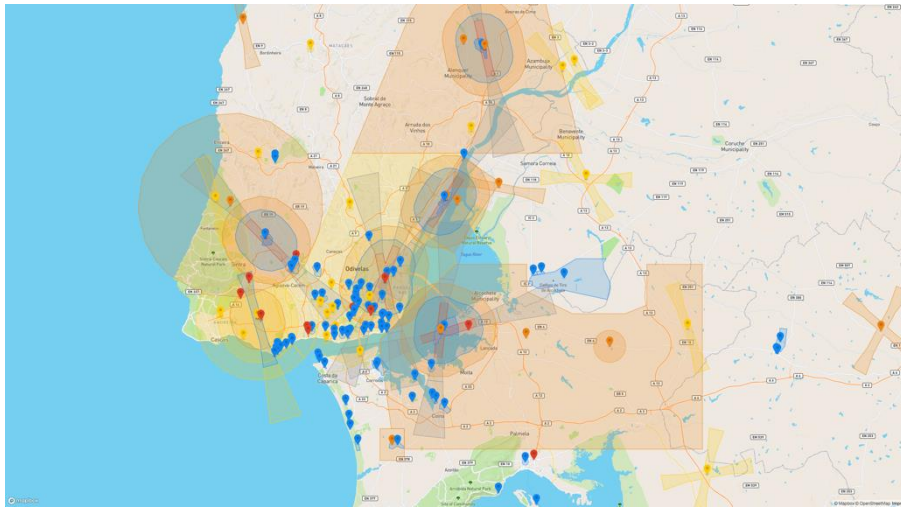


Fig. 42
Fly Safe
DJI, "Geo zone map"
Lisboa, Portugal

- Restricted Zones. In these Zones, which appear red the DJI GO app, users will be prompted with a warning and flight is prevented. If you believe you have the authorization to operate in a Restricted Zone, please contact flightsafe@dji.com or Online Unlocking.
- Altitude Zones: Altitude zones will appear in gray on the map. Users receive warnings in DJI GO, or DJI GO 4 and flight altitude is limited.
- Authorization Zones. In these Zones, which appear blue in the DJI GO map, users will be prompted with a warning and flight is limited by default. Authorization Zones may be unlocked by authorized users using a DJI verified account.
- Warning Zones. In these Zones, which may not necessarily appear on the DJI GO map, users will be prompted with a warning message. Example Warning Zone: Class E airspace
- Enhanced Warning Zones. In these Zones, you will be prompted by GEO at the time of flight to unlock the zone using the same steps as in an Authorization Zone, but you do not require a verified account or an internet connection at the time of your flight.
- Densely Populated Area: This area is shown in red on the map. Under normal circumstances, the population of this area is more concentrated, so please do not fly over this area. (Example: Commercial Block)
- Regulatory Restricted Zones: Due to local regulations and policies, flights are prohibited within the scope of some special areas. (Example: Prison)
- Recommended flight: This area is shown in green on the map. It is recommended that you choose these areas for flight arrangements.

– **Custos**

O desenvolvimento e quantidade de investigação associada ao VARP tem tornado este cada vez mais um objeto presente das dinâmicas de consumo tecnológico. Hoje os valores de aquisição destes equipamentos tornam-no, à semelhança de um *smartphone* ou *laptop*, um equipamento menos dispendioso (*tabela 1*).

*“(…) supported by the miniaturization and cost reduction of electronic components (micro- processors, sensors, batteries and wireless communication units), (…). These improvements have enabled the prototyping and commercialization of small (typically less than 1 kg) drones at smartphone prices.”*⁶⁵

Apesar desta aquisição se tornar cada vez mais acessível ao grande público, outros custos têm surgido nos últimos tempos – associados a novas legislações e a regulamentação da utilização destes veículos. Em Portugal, por exemplo, é já obrigatório o seguro de responsabilidade civil para aeronaves não tripuladas e/ou remotamente pilotadas que apresentem um peso superior a 900 gramas (*tabela 2*).⁶⁶

⁶⁵ FLOREANO, Dario; WOOD, Robert J. – *Science, technology and the future of small autonomous drones*. *Nature* – Volume 521, 2015. P. 460

⁶⁶ Decreto-Lei n.º 58/2018 de 23 de julho de 2018. Diário da República, 1.ª série - N.º 140.

Modelo	Fabricante	Morfologia	Custo
DJI Ryze Tello	SZ DJI Technology Co., Ltd.	Drone Asa Giratória	109,99€
PARROT Bepop 2	Parrot SA	Drone Asa Giratória	397,31€
DJI Spark Combo	SZ DJI Technology Co., Ltd.	Drone Asa Giratória	581,99€
PARROT Anafi	Parrot SA	Drone Asa Giratória	599,99€
DJI Mavic Air	SZ DJI Technology Co., Ltd.	Drone Asa Giratória	800,94€
PARROT Anafi Work 4k	Parrot SA	Drone Asa Giratória	1299,00€
DJI Mavic 2 Pro	SZ DJI Technology Co., Ltd.	Drone Asa Giratória	1499,00€
PARROT Anafi Thermal	Parrot SA	Drone Asa Giratória	2339,00€
DJI 2 Enterprise Dual	SZ DJI Technology Co., Ltd.	Drone Asa Giratória	2645,00€
PARROT Pack FPV	Parrot SA	Óculos “FPV”	347,99€
DJI Googles FPV	SZ DJI Technology Co., Ltd.	Óculos “FPV”	347,99€

Tabela 1 – Catalogação de custo de aquisição de um drone.⁶⁷

Modelo	Companhia	Tipo de Seguro	Custo (anual)
DJI Mavic 2 Pro	Fidelidade Mundial	Responsabilidade civil	80,24€

Tabela 2 – Catalogação de custo associado ao seguro de responsabilidade civil de um drone.

⁶⁷ Worten Online – *drones*. [s.l.]: Worten.

3.3 Áreas de aplicação e potencialidades

A quantidade de usos atribuídos à tecnologia do VARP tem aumentado nos últimos anos. Sendo atualmente utilizada em planeamento e construção de arquitetura, como veículo de transporte ou ferramenta de entretenimento e *marketing*, esta tecnologia tem-se adaptado a muitas das realidades profissionais, transformando estas e a sociedade onde se insere.

Surgindo pela primeira vez nos anos 30 do século XX, o VARP foi inicialmente utilizado como recurso militar. Em 1935, o aparecimento do “*Havilland DH82B Queen Bee biplane*” consagrou a criação do primeiro veículo aéreo militar não tripulado e remotamente pilotado. O uso militar deste tipo de veículos ocorreu durante todo o século XX, perdurando até à atualidade, onde, cada vez mais este veículo é utilizado como forma de tornar mais eficientes e eficazes as operações realizadas por exércitos ou outro tipo de forças táticas de segurança.

Fig. 43 e 44
Havilland DH82B ...
1935, 1º drone



Com base neste paradigma, o VARP tem sido cada vez mais utilizado como meio de substituição de outros tipos de atuação em cenários como a Síria ou outras realidades em conflito armado, permitindo um aumento da eficácia das operações e uma diminuição expectante das perdas humanas geradas pelos riscos associados a cenários como estes.

“Military drone use solidified in 1982 when the Israeli Air Force used UAVs to wipe out the Syrian fleet with minimal loss of Israeli forces. The Israeli UAVs acted as decoys, jammed communication and offered real-time video reconnaissance. (...) Drones have continued to be a mainstay in the military, playing critical roles in intelligence, surveillance

and force protection, artillery spotting, target following and acquisition, battle damage assessment and reconnaissance, as well as for weaponry.”⁶⁸

Com a empresa “3D Robotic Inc”, esta tecnologia foi introduzida pela primeira vez num contexto civil em 2012. Tirando partido da usual câmara fotográfica incorporada e de toda a tecnologia militar previamente desenvolvida, estes aparelhos passaram a ser utilizados por empresas de segurança privada, facilitando a observação e vigilância de pequenas e grandes áreas a partir de um ponto de vista facilitador.⁶⁹

– Transporte

Pouco tempo após a introdução desta tecnologia em usos civis, algumas empresas passaram a investigar novas oportunidades e potencialidades associadas às características destes veículos. Uma das inesperadas aplicações surgiu pelas mãos da empresa “*Amazon*”. Em 2013, Jeff Bezos, CEO da marca, anunciou um serviço inovador que consistia num novo método de entregas realizadas por *drone*. Tirando partido da rápida capacidade de deslocação destes veículos, esta empresa acabou por fundar uma companhia aérea própria, em 2015 – “*Amazon prime air*” –, disponibilizando a entrega de encomendas num curto período de tempo que se revela, em alguns casos, inferior a 30 minutos.⁷⁰ Após a criação deste conceito, outras empresas têm adotado este método de entrega com *drones*, tornando cada vez mais familiar esta nova forma de mobilidade aérea na cidade.

⁶⁸ ROUSE, Margaret – *drone (UAV)*. [s.l.]: *Techtarget*, 2009.

⁶⁹ SILVA, Nuno P. – **A construção robotizada em Arquitectura**. Lisboa: Departamento de Arquitectura e Urbanismo do Instituto Universitário de Lisboa, 2018. Dissertação de Mestrado. P. 56

⁷⁰ AIR, Amazon Prime – *Amazon Prime Air*. [s.l.]: Amazon.



Fig. 45
Amazon prime air
Drone de entregas

A potencialidade de descolar, voar e aterrar numa grande variedade de condições e ambientes torna este veículo aéreo uma potência de mobilidade urbana. Mesmo em territórios de difícil acesso, onde se verifica uma ausência de infraestruturas de mobilidade terrestre, estes veículos oferecem um conjunto de novas oportunidades, estabelecendo entre estes territórios e outros, porventura mais desenvolvidos, uma nova ligação. Sendo para transporte de medicamentos ou para outro tipo de entregas mais ou menos vitais, o VARP gera uma transformação da realidade a partir das interações espaciais que permite estabelecer.

“(…). Transportation drones that are capable of safely taking off and landing in the proximity of buildings and humans will allow developing countries — without a suitable road network — (…). Transportation drones will also help developed countries to improve the quality of service in congested or remote areas, and will enable rescue organizations to quickly deliver medical supplies in the field and on demand. (...)”⁷¹

⁷¹ FLOREANO, Dario; WOOD, Robert J. – *Science, technology and the future of small autonomous drones*. *Nature* – Volume 521, 2015. P. 460

Influenciando determinantemente o conceito de edifício com o qual a cidade se formou e consolidou, a habitual mobilidade terrestre da cidade tornou-se determinante na construção do conceito padrão de edifício a que nos habituámos, contudo, complementando a circulação urbana terrestre do automóvel ou da bicicleta, o VARP surge como elemento fundador da mobilidade aérea da cidade.

Com a realidade emergente de pequenos veículos aéreos, um conjunto de novas e inesperadas interações vão ocorrer cada vez mais com maior afluência. Tal como evidenciado por Paula Melâneo no “J–A”, estas novas dinâmicas de mobilidade urbana poderão influenciar a própria conceção dos edifícios. Levantando inúmeras questões relativas à acessibilidade e à privacidade das atuais e futuras construções que terão de se adaptar a esta nova mobilidade aérea emergente.

*“Perante as transformações que a robótica — universo ao qual pertencem os drones — pode vir a trazer na quotidianidade futura, novas questões se podem colocar ao arquétipo da edificação, à construção e ao planeamento urbano. Um espaço aéreo povoado de objectos voadores, de transporte de pessoas ou bens, vem transformar as vias e infra-estruturas comunicantes e de circulação urbana, alterar a localização dos acessos às edificações (...)”*⁷²

⁷² MELÂNEO, Paula – **Ferramentas para a arquitectura na 4.ª revolução industrial**. J–A, nº 259 (2019).

– **Agricultura**

Outra área exemplar onde as potencialidades associadas a estes veículos se tornam notórias é a agricultura. Aplicando esta tecnologia aos processos de produção e monitorização da produção agrícola contemporânea, estes veículos são cada vez mais utilizados em prol de uma maior eficácia e eficiência da atuação do agricultor sobre a produção. Dependendo dos sensores utilizados, o registo com base na posição aérea destes veículos torna possível ao produtor agrícola realizar avaliações que anteriormente não eram possíveis. O planeamento de interação entre o produtor agrícola e a sua produção torna-se mais eficiente ao informar-se com dados de mapeamentos aéreos feitos através do VARP. No tratamento e análise destes mapeamentos, *software* específico torna os dados recolhidos em informação útil e mais fácil de interpretar. No caso de uma “simples” fotografia aérea, *software* de apoio pode analisar a composição fotográfica automaticamente e identificar as zonas menos verdes – correspondendo a zonas mais secas e a precisar de uma rega suplementar. A identificação de áreas de stresse hídrico (ausência de rega) ou de falhas de fertilização em produções de cultivo são dois exemplos onde esta tecnologia facilitadora disponibiliza uma maior rapidez e competência sobre os processos e métodos agrícolas contemporâneos.

Um dos modelos utilizados nesta prática é o “DJI MG-1P”. Desenvolvido objetivamente para trabalhos como aqueles que sucedem na agricultura, este VARP específico integra um sistema de *spray*, designado “*Agricultural Spraying*”, permitindo a rega e a fertilização de grandes áreas de produção, em tempos reduzidos e economicamente mais vantajosos. No caso específico deste modelo, a possibilidade de operar cinco aeronaves com um só controlo remoto e o radar omnidirecional de obstáculos torna a ação do operador ainda mais ágil e facilitada. Ainda a segurança e distância entre o operador, a produção agrícola e este VARP acaba por anular alguns riscos de saúde associados a reações alergias comuns – resultantes do contato direto dos produtores com as substâncias utilizadas nestes trabalhos agrícolas.⁷³

⁷³ *DJI MG-1P – Agricultural Spraying Drone*. Canal de Youtube: DJI, 2017. (3 min., 52 seg.).



Fig. 46
DJI MG-1P
"Agricultural Spraying"



Fig. 47
DJI MG-1P (2)

– **Arquitectura**

No caso específico da Arquitectura, a utilização destes veículos surge em duas realidades indissociáveis – o projecto e a construção.

Ao possibilitarem a recolha de um conjunto de dados sobre o território e locais de intervenção, estes veículos tornam-se uma ferramenta útil à prática de projeto de arquitetura. O mapeamento digital de grandes áreas é um dos recursos mais ambiciosos associados a esta tecnologia. Para a realidade operacional do arquiteto, a possibilidade de, num curto espaço de tempo, fazer um registo quase integral do ambiente com o qual vai interagir, representa uma mudança de paradigma onde a autonomia do arquiteto e a sua facilidade de simulação e manipulação digital do território se transformam.

Tal como reconhecido por Paul Clark, “Technical Director of Intelligent Infrastructure” da *AECOM Technology Corporation*:

*“Drones reduce the need to place staff and resources in position of risk, allow repeatability to surveys, examinations and assessments, and offer a rapid and economical way of acquiring data. We are capable of shooting 4k or HD videos, 16 MP photos and can achieve $\pm 40\text{mm}$ accuracy from photogrammetry data.”*⁷⁴

Através de software de composição fotogramétrica, as imagens aéreas registadas através destes equipamentos tornam possível a reconstituição de modelos bidimensionais e tridimensionais. Com base nestes, uma quantidade elevada de informação pode informar o projecto e a própria consciência do arquiteto enquanto agente responsável pela intervenção no território. Recorrendo a um VARP e a um software como a aplicação “*DroneDeploy*”⁷⁵, o arquiteto torna-se capaz de registar o território através de uma metodologia automatizada e eficientemente rápida, incluindo nesses registos dados da zona mapeada como: cores, sombras, altimetria ou materialidades (tal como retratado adiante neste ensaio). Ao reunir este conjunto

⁷⁴ BROZDANIC, Lidija – *How Drone Can Be Used in Architecture (And How To Use Them Without Breaking the Law)*. [s.l.]: Archdaily, 2018.

⁷⁵ *DroneDeploy: Drone & UAV Mapping Platform*. [s.l.]: Dronedeploy.

amplo de informações, o arquiteto torna-se o agente responsável pela gestão e seleção de todas as informações que se tornam úteis à análise e interpretação do local, bem como ao seu próprio projeto de arquitetura.

Mesmo após a concepção de todo o projeto de arquitetura, esta tecnologia mostra competências no que diz respeito à sua verificação *in situ*. Tirando partido do processo rápido de registo e mapeamento, a confirmação gradual da realidade do projecto com base na comparação da realidade construída pode ajudar a minimizar incoerências entre o projeto de arquitetura e a sua construção, através de uma monitorização de obra mais rápida e eficiente.

Este mapeamento baseado em fotogrametria aérea revoluciona aquilo que são os métodos atuais de levantamento de arquitetura e parece integrar-se no conjunto de ferramentas essenciais ao arquiteto, contudo, apesar da existência de sistemas cada vez mais automatizados, como a aplicação “*DroneDeploy*”, o arquiteto continua a assumir-se como o principal agente ativo de interpretação de toda a informação reunida através desta tecnologia.

– **Construção robotizada**

No âmbito construtivo da arquitetura, o VARP também tem ganho destaque. Através da adoção desta tecnologia pela área da construção robótizada, os *drones* têm sido testados em tarefas onde a sua mobilidade aérea e agilidade de movimento se tornam uma vantagem potencialmente revolucionária dos processos construtivos atuais.

*“Como qualquer outro robot, os drones são exímios na execução de tarefas no processo construtivo, com a vantagem de serem aéreos: transporte de material de construção; realização de trabalho pesado ou complexo; montagem de estruturas tensionadas; pulverizações por spray; acções de recolha/colocação de peças; etc.”*⁷⁶

Nesta área têm surgido um número considerável de experiência onde o VARP tem revelado capacidades reais de realizar tarefas úteis à prática construtiva da arquitetura.

⁷⁶ MELÂNEO, Paula – **Ferramentas para a arquitectura na 4.ª revolução industrial**. J–A, nº 259 (2019).

O projecto “*Flight assembled architecture*”, resultado de uma colaboração entre *Gramazio Kohler Research*, Raffaello D’ Andrea e a ETH de Zurique, é uma das experiências mais consideradas nesta temática. Realizado em 2012, este exercício consistiu no empilhamento de um conjunto de “tijolos” de poliestireno, por forma a construir uma estrutura de 1500 elementos, com 6 metros de altura e 3 de diâmetro. Recorrendo a um sistema de programação, tornou-se possível utilizar em simultâneo um conjunto de *drones*, permitindo uma cooperação eficiente entre estes durante todo o decorrer da tarefa.⁷⁷ Já em 2015, *Gramazio Kohler Research*, realizou uma outra experiência. Consistindo na criação de uma estrutura leve de fios tensionados, este segundo exercício revelou a eficiência do voo no processo de entrelaçar e intersejar o conjunto de fios nos quais a estrutura consistia.

Outra experiência elucidativa sobre a aplicação do VARP em tarefas associadas à construção de arquitetura é a que Carlo Ratti desenvolveu em 2017. Consistindo num sistema de pintura complexa de fachadas utilizando *drones* – “*Paint by Drone system*” –, esta experiência revelou a utilidade da aplicação direta deste método de pintura em situações como planos de fachada de grandes dimensões onde normalmente se recorre à colocação estruturas como andaimes, etc.⁷⁸ Em 2018, Stephanie Chantiel utilizou *drones* para um processo de construção, desta vez para a conceção de um método rápido de construção de abrigos de terra para campos de refugiados ou zonas de desastre. Utilizando *drones* para a tarefa de pulverização de argila em abrigos de terra, Chantiel demonstrou, à semelhança de Ratti, a competência que os *drones* têm em tarefas associadas à prática de “Spray”.⁷⁹

⁷⁷ ETHERINGTON, Rose – **Flight Assembled Architecture by Gramazio & Kohler and Raffaello d’Andrea**. [s.l.]: DEZEEN, 2011.

⁷⁸ TUCKER, Emma – *Carlo Ratti designs graffiti-painting drones to safely make multistorey artworks*. [s.l.]: DEZEEN, 2017.

⁷⁹ DEZEEN, **Stephanie Chantiel** + MELÂNEO, Paula – Ferramentas para a arquitectura na 4.ª revolução industrial. **J–A** [Em linha] n° 259 (2019)

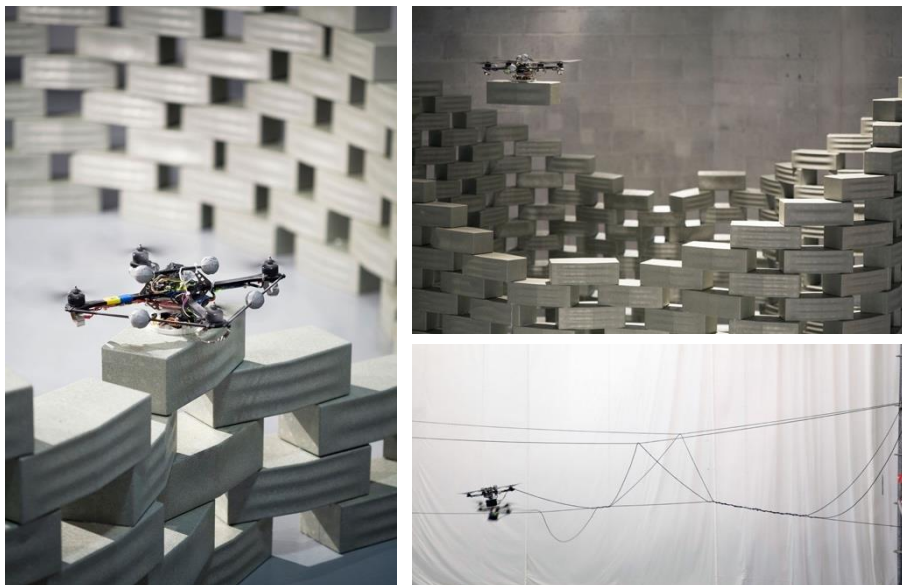


Fig. 48 e 49
ETH Zurique [et.al.]
 2012, experiência de empilhamento
 de um conjunto de "tijolos"

Fig. 50
Gramazio Kohler Research
 2015, estrutura leve de fios

Tarefas como o cálculo de volumetrias ou a inspeção térmica de fachadas e coberturas também se tornam trabalhos facilitados a partir da utilização do VARP e dos seus mapeamentos rápidos. A utilidade do VARP destaca-se ainda noutros cenários onde a visão térmica se torna um fator importante – como na avaliação e diagnóstico de deficiências de sistema de painéis fotovoltaicos ou em condições de visibilidade reduzida, como emergências de incêndio ou ambientes noturnos de resgate de vidas humanas. O modelo “DJI Zenmuse XT2” é um exemplo de um *drone* com características específicas para este tipo visão, análise e registo térmico, possuindo ainda capacidade de identificar e marcar automaticamente zonas de oscilações bruscas de temperatura.⁸⁰

As relações que se têm criado entre VARP e a indústria audiovisual têm gerado um conjunto de novos enquadramentos fotográficos e videográficos que se têm repercutido nas

⁸⁰ *DJI – Introducing the Zenmuse XT2*. Canal de Youtube: DJI, 2018. (4 min., 18 seg.).

telas de cinema, porém, também nas mais recentes fotografias de arquitetura. Assumindo o *drone* como uma nova ferramenta de trabalho, alguns fotógrafos de arquitetura, como Fernando Guerra e João Morgado, têm usufruído da versatilidade de enquadramentos que esta tecnologia pode disponibilizar.

“(…), architectural photographers are pushing the boundaries of drone technology in order to find new meaning.”⁸¹

O uso desta tecnologia tem transformado a fotografia de arquitetura nos últimos tempos, oferecendo novas perspectivas sobre os objetos arquitetônicos, muitas das vezes já visitados pela grande maioria de nós inúmeras vezes. Os enquadramentos aéreos inesperados capturados por fotógrafos de arquitetura como Fernando Guerra e João Morgado têm destacado o poder desta tecnologia de disponibilizar a percepção e o reconhecimento da realidade a partir das posições inusitadas que esta pode assumir no espaço aéreo. A cumplicidade instalada entre o VARP e estes fotógrafos é reveladora de uma complementaridade entre “tecnologia” e “sentido crítico”.

“(…). Unlike a drawing, aerial photographs capture perfect shadows, unexpected patterns of weather, worn ground surfaces and roofscapes, as well as the traces of people, animals and vehicles that elevate architectural scenes into ‘reality’. Most importantly, they provide glimpses into extended urban settings and powerful natural conditions which are not idealised or inflated as part of a designer’s vision, thereby splicing the gap between the tangible and intangible.”⁸²

⁸¹ TAYLOR-FOSTER, James – *The Power Of The Plan: Drones And Architectural Photography*. [s.l.]: Archdaily, 2015.

⁸² Idem, ibidem.



Fig. 51
(c) **Fernando Guerra**
China, arq. Siza Vieira



Fig. 52
(c) **João Morgado**
Porto, Casa de Chá, arq. Siza Vieira

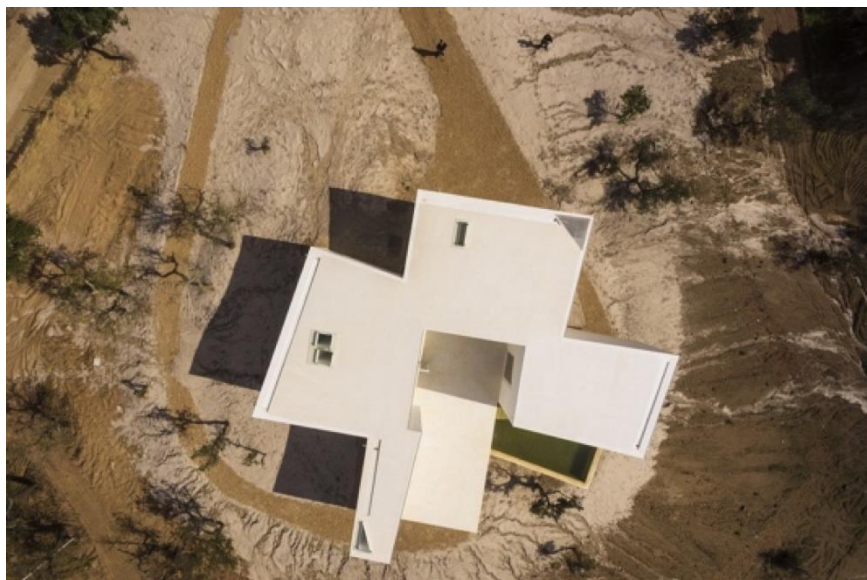


Fig. 53
(c) **Fernando Guerra**
Monsaraz, arq. Aires Mateus

Métodos e processos de levantamento em Architectura

A forma como se regista e representa a arquitetura têm-se continuamente vindo a transformar, desde a Antiguidade até aos dias de hoje. O surgimento de novas ferramentas, enquanto principal causa desta transformação, desde sempre, tem influenciado a forma como o registo e a apreensão do espaço e das construções de arquitetura se estabelecem.

Auxiliando o levantamento e a representação arquitetónica desde épocas a.C., invenções como o dispositivo geodésico do matemático grego Heron de Alexandria (10-75 d.C.), contribuíram para a ampliação da capacidade de controlo do espaço arquitetónico. Criações como esta tornaram possível o registo e a representação de espaços e áreas de maior escala como a que se concretizou no ano 200 d.C., quando a cidade de Roma foi representada num grande mapa – *Pianta Marmorea* –, uma peça de mármore com uma dimensão original de 18 metros de largura por 13 metros de altura, onde a noção e consciência das localizações espacial evidenciavam já um grau de precisão satisfatório.

No decorrer da história, a evolução dos métodos e processos de levantamento em arquitetura determinou um conjunto de simbologias e convenções sobre a representação de arquitetura, contudo, foi com o nascimento da geometria descritiva de Gaspard Monge (1746-1818) que um conjunto de convenções úteis à observação e estudo do espaço surgiram. Nesta altura, o estudo e a comunicação do espaço passou a fazer-se através de composições como a planta, o corte e o alçado que, até hoje, são reconhecidos convencionalmente como as principais representações de um objeto arquitetónico. Constituindo numa representação bidimensional, a geometria descritiva iniciou um conjunto de métodos de projeções planimétricas que tornavam possível a apreensão de objetos através de vistas ortogonais e secções verticais e horizontais. O desenvolvimento da geometria descritiva permitiu ainda representações em perspetiva mais rigorosas e próximas da apreensão tridimensional do espaço. Nesta altura, também a expressão da representação ganhou uma maior importância. Enquanto elemento da linguagem visual, a “linha” passou a assumir espessuras distintas, atribuindo às composições gráficas uma

expressão que tornava mais clara a leitura da posição espacial dos elementos representados. Um dos clássicos exemplos associados a esta transformação da representação que se deu no século XVIII são o conjunto de gravuras do arquiteto italiano Giovanni Battista Piranesi (1720-78), obtendo, através do controlo da luz e do claro-escuro, a produção de ambientes e perspetivas com uma expressão ímpar.⁸³

Ao acompanhar a evolução dos instrumentos de medição e de levantamento de arquitetura, os métodos e processos de levantamento em Arquitetura foram sofrendo um conjunto de transformações, evoluindo conceptualmente até à materialização de ferramentas como a fita métrica. Enquanto instrumento de medição, esta ferramenta acabaria por assumir uma presença consolidada nos processos de levantamento de arquitetura, contudo, a contínua evolução tecnológica acabaria por disponibilizar novos e mais eficientes instrumentos de medição, como o medidor de distâncias laser ou tecnologias automatizadas como a fotogrametria digital ou o varrimento laser 3D – aprofundadas adiante.

4.1 Métodos terrestres

– Ferramentas tradicionais

Ao consistir num processo de recolha de dados baseada na correlação e distância entre elementos construtivos, a fita métrica e o medidor laser tornaram-se durante muito tempo os principais instrumentos de auxílio em trabalhos de levantamento métrico de objetos e edifícios. Fazendo parte dos métodos e processos tradicionais de levantamento de arquitetura, hoje, estes instrumentos apresentam uma série de “fragilidades” quando comparados com as mais recentes tecnologias e ferramentas de recolha de informação espacial.

Baseando-se numa recolha manual de um conjunto de dados métricos destinados a informar uma representação que habitualmente se revela planimétrica e bidimensional, os métodos de levantamento de arquitetura associados a estas ferramentas apresentam uma

⁸³ GOMES, Joana – **Do Laser Scan à modelação 3D – Experiências e testemunhos**. Lisboa: Departamento de Arquitectura e Urbanismo do Instituto Universitário de Lisboa, 2018. Dissertação de Mestrado. P. 71-74

eficiência reduzida e um conjunto de características que tornam os seus dados recolhidos mais subjetivos e incompletos. Congestionamentos como a recolha de dados em zonas de difícil acesso são uma das condicionantes mais predominantes associadas ao processo manual de utilização destas ferramentas tradicionais. O recurso a instrumentos de levantamento como a fita-métrica ou medidor laser, tornam algumas tarefas mais difíceis, como o alcance e medição de elementos situados em zonas altas ou de difícil acesso. Em situações como esta, em que não se torna possível fazer o levantamento métrico efetivo de um ou mais elementos arquitetónicos, os dados métricos em falta são normalmente deduzidos de elementos arquitetónicos semelhantes – aumentando a subjetividade da recolha e promovendo uma perda de rigor das peças gráficas que se informam a partir desta.

Por tornar o processo de levantamento mais demorado, a utilização destas ferramentas tradicionais torna espectável a necessidade de compreender a recolha de dados em mais de uma sessão de levantamento. Algumas motivações como a necessidade de recolha de mais dados sobre a realidade levantada ou a verificação de medidas motivadas por incompatibilidades surgidas na produção das peças desenhadas, são responsáveis pela baixa eficiência da utilização destas ferramentas.

Ao imprimir uma simplificação da realidade, as representações geradas por processos de recolha como estes podem contribuir para uma maior imprecisão da informação gerada. A interpretação espacial responsável pela recolha manual destes dados pode gerar uma leitura pouco concisa da realidade, promovendo a produção de elementos gráficos que, normalmente bidimensionais, podem tornar-se ambíguos e parciais. Influenciando o tipo de dados que são recolhidos, as escolhas tomadas durante esta recolha afetam o grau de subjetividade e imparcialidade de todo o processo de levantamento.

Uma das disfuncionalidades dos métodos tradicionais é também a sua pouca eficiência na produção de restituições tridimensionais. As metodologias apoiadas no uso destas ferramentas tornam a documentação gerada mais ínfima – ao ser composta por linhas e simbologias simplificadoras da realidade. No caso do projecto de arquitetura, a consequência de uma documentação demasiado simplificada pode traduzir-se no insucesso do próprio

projecto – tomando em conta o facto de este se informar sobre a realidade a partir de documentos como estes.

Nos métodos mais recentes de levantamento de arquitetura, a recolha de dados sobre uma matriz tridimensional tem diminuído a perda de informação e aumentado o domínio e consciência das realidades arquitetónicas. Por via do desenvolvimento tecnológico, o surgimento destas ferramentas mais otimizadas, relativas à recolha e registo de dados sobre construções e espaços de arquitetura, tem gerado um conjunto de mudanças e oportunidades, disponibilizando novos métodos e processos de levantamento em Arquitectura que possibilitam hoje um maior controlo da realidade e interação entre esta e o processo de projecto.

Tendo como principal intuito o aumento do conhecimento sobre as realidades que se documentam, a adoção de métodos baseados em fotogrametria digital terrestre (FDT) ou varrimento laser 3D (VL3D) constitui a mais valia de, por contrapartida aos métodos tradicionais de levantamento, fornecer uma informação mais completa e com um menor grau de interpretação.

– **Fotogrametria Digital Terrestre (FDT)**

Cada vez mais se tem verificado o uso da tridimensionalidade e, em particular, da aplicação de nuvens de pontos 3D nos processos de trabalho das mais variadas áreas. A “democratização” deste tipo de tecnologia, através de aplicações que permitem, a partir da câmara de um *smartphone*, fazer um modelo 3D de um objeto, têm ajudado no processo de familiarização destes novos sistemas tecnológicos.

Durante muito tempo, a linguagem CAD foi utilizada como ferramenta principal de registo e representação, principalmente em arquitetura e nas engenharias, mas, nos últimos tempos, esta tem vindo a perder relevância para linguagens como o BIM ou a modelação 3D em geral. O maior controlo das realidades 3D e a facilidade de reproduzir volumetrias tridimensionais tem levado a que os métodos mais tradicionais de representação, como os que recorriam à fita métrica, tenham vindo a perder bastante protagonismo. Como alternativa, a adoção da tecnologia laser, da fotogrametria e o seu uso combinado tem potenciado uma maior

variedade de abordagens no reconhecimento e registo de objetos e espaços, tirando partido das vantagens de cada um destes métodos de levantamento.

Os critérios de classificação da fotogrametria digital variam, podendo

“(...) ser classificada de acordo com vários critérios: i) a relação e distância entre a câmara e o objecto, ii) o número de imagens utilizadas, iii) o princípio operativo, iv) pelo tempo de disponibilização dos resultados da medição, e v) a área disciplinar de aplicação (...)”. Neste ensaio, a classificação baseada na *“relação e distância entre a câmara e o objecto”* torna-se mais conveniente, tendo como exemplos a *“fotogrametria de satélite, a fotogrametria aérea, a fotogrametria terrestre, a fotogrametria próxima, a fotogrametria microscópica e a fotogrametria aquática”*.⁸⁴

Nos processos mais antigos e manuais da fotogrametria, o trabalho com um número elevado de fotografias tornava-se complexo. Devido à dificuldade de sobrepor e retificar um número elevado de registos fotográficos, a partir de duas fotografias (par fotogramétrico), posicionadas paralelamente e sobrepostas numa percentagem mínima de 60%, tornava-se possível a restituição da zona comum entre os dois registos fotográficos. Neste “par fotogramétrico”, a justa relação do posicionamento espacial das duas fotografias revelava-se preponderante para o sucesso deste processo fotogramétrico. Tirando partido desta técnica, a “estéreo-fotogrametria” tornou-se um dos exemplos demonstrativos onde a restituição de uma determinada geometria se associava ao registo de características construtivas como texturas, juntas ou nervuras.

O auxílio de *software* mais recentes permitiu que a fotogrametria deixasse de ser feita apenas partir da sobreposição de duas imagens. Ao basearem-se num “método por convergência”, estes *software* tornaram possível o cruzamento de múltiplas fotografias. Através da intersecção de um conjunto de pontos determinados, com o objetivo de realizar uma

⁸⁴ MATEUS, Luís M. C. – **Contributo para o Projecto de Conservação, Restauro e Reabilitação: Uma Metodologia Documental baseada na Fotogrametria e no Varrimento Laser 3D Terrestres - VOLUME 1.** Lisboa: Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, 2012. Tese de Doutoramento. P. 132

restituição planimétrica ou tridimensional – na forma de nuvem de pontos (“*point cloud*”) –, este processo tornou a fotogrametria um método ainda mais rápido e automatizado.

Enquanto modelo de trabalho, as nuvens de pontos resultantes destes métodos de levantamento (fotogrametria digital e varrimento laser 3d) são cada vez mais um instrumento importante na atividade de projecto em arquitetura. O facto de se poderem extrair rapidamente plantas, cortes e alçados de uma forma expedita, ainda numa fase de estudo prévio do projecto, revoluciona os processos convencionais de intervenção. A acrescentar a isto, o facto de nestes modelos se verificarem pistas sobre texturas, cores e estados de conservação, revoluciona também a capacidade de importar para o âmbito digital dos nossos computadores uma realidade cada vez mais próxima do mundo real – alterando a forma como vemos e reconhecemos as coisas que nos rodeiam.

Nestas nuvens de pontos, a densidade é um fator relevante na qualidade e definição da modelo 3D resultante. Na sua visualização é de notar que, devido à existência de uma densidade finita associada ao número de pontos destas nuvens, o aumento da escala de visualização do modelo corresponde a um decréscimo da sua opacidade visual. O resultado final destes modelos torna-se dependente de fatores como o número de fotografias utilizadas, o ângulo destas face ao objeto registado e a própria dimensão do objeto ou realidade que se regista – influenciando diretamente o detalhe e qualidade final da nuvem.

Ao dependerem exclusivamente do tipo de trabalho ou finalidade a que se destinam, estas nuvens de pontos tornaram-se úteis também em áreas como a arqueologia ou a engenharia. Permitindo ao utilizador a definição da escala e o detalhe da representação, a liberdade de manipulação destes modelos torna possível a concretização das representações, análises ou diagnósticos mais úteis.

Um fator preponderante nestes processos de restituições fotogramétricas é a “orientação”, podendo ser considerada de três tipos:

- i) orientação interna – relativa ao posicionamento das fotografias no espaço no momento do registo;

- ii) orientação relativa – relativa ao posicionamento das fotos uma em relação às outras, usando como referência para esta correspondência a identificação de pontos específicos e comuns ao conjunto mínimo de duas fotografias.
- iii) orientação externa – após a restituição e obtenção do modelo 3D, consiste no processo de dimensionamento da geometria resultante. Nesta orientação, introduzem-se alguns dados de pontos topográficos recolhidos no local por forma associar ao modelo um conjunto de coordenadas.

Na reconstrução fotogramétrica, a utilização de pontos topográficos introduz uma maior precisão no processamento do levantamento, associando a esta um fator de escala e orientação. Sobretudo em sistemas construtivos mais complexos, como construções em pedra, a partir do registo de todas as nervuras e juntas entre outras características construtivas como revestimentos, a recolha destas informações auxilia e contribui, por exemplo, para a avaliação de anomalias e planeamentos de conservação. Associado ao elevado rigor que este tipo de levantamentos possui, a obtenção de curvas de nível através destes levantamentos pode possibilitar ainda a realização de análises de deformações de superfícies entre outros problemas estruturais.

Das potencialidades práticas da fotogrametria digital, destacam-se:

- i) a caracterização geométrica;
- ii) o registo de materiais;
- iii) o registo de sistemas de construção;
- iv) a análise de anomalias em edifícios;
- v) o tipo de intervenção não intrusiva – útil sobretudo em trabalhos de reabilitação.

O uso destes métodos tem aumentado, adquirindo cada vez mais pertinência nos diferentes tipos e fases do projeto – desde o “programa preliminar” ao “pós-obra”:

- i) programa preliminar (dono de obra);
- ii) estudo prévio;
- iii) projecto base;

- iv) projecto de execução;
- v) obra;
- vi) pós-obra.

Por oposição aos métodos tradicionais de representação baseados no levantamento manual, o avanço tecnológico de métodos como a fotogrametria digital e o varrimento laser 3D possibilitam hoje processos de trabalho bastante mais eficazes, rigorosos e rápidos – ajudando na economia de tempo para outras fases do projecto como a “interpretação” e a “análise”.

Na arqueologia, a economia de “tempo” torna-se essencial na relação que se estabelece entre as mais recentes tecnologias de levantamento e os seus processos de trabalho. Ao permite que o processamento dos registos fotográficos possa ser realizado numa altura posterior à recolha, a fotogrametria torna possível a restituição das realidades estudadas por esta disciplina, mesmo em situações onde o território, por motivos ambientais, esteja em constante mutação. A precisão da modelação fotogramétrica revela-se útil também como auxílio na comparação de realidades registadas de forma continuada, permitindo a esta disciplina um reconhecimento mais completo e uma monitorização mais exaustiva dos locais e elemento em estudo que, na maioria das vezes, se revelam sobre a forma de estruturas danificadas e em risco de desaparecer.

Desta forma, muitas das vantagens, quer da fotogrametria, quer do VL3D, são pertinentes no âmbito de atuação da arqueologia. Em sítios arqueológicos, a fotogrametria torna-se especialmente útil por motivos como:

- i) portabilidade do hardware, em áreas de difícil acesso;
- ii) eficácia no registo de texturas complexas;
- iii) registo de altimetrias variadas;
- iv) eficácia na recolha de dados mais completos em curtos períodos de tempo.

O conceito de “conservação pelo registo” torna-se um paradigma indissociável destas tecnologias mais recentes. Ao conservar uma memória através de um registo digital que, de outra maneira, não seria possível conversação, estas metodologias recentes tornam-se na grande maioria das vezes o único processo útil e eficaz. É nesta “conservação pelo registo” que a

fotogrametria desempenha cada vez mais um importante papel, quer no campo da arqueologia, da arquitetura ou noutras áreas que trabalhem direta ou indiretamente com o património.

A título de curiosidade, estas técnicas de levantamento são também adotadas no mapeamento de ambientes subaquáticos, onde através de uma representação modelada se consegue produzir conhecimento sobre realidades submersas – ajudando no planeamento de trabalhos de cientistas ou investigadores.

– *Hardware*

A aquisição e o processamento de dados em fotogrametria estão dependentes da utilização de um conjunto de equipamentos e acessórios que tornam possível a recolha e o tratamento de dados durante este processo. Dependendo do tipo de fotogrametria que sucede, as máquinas fotográficas, enquanto hardware principal, podem assumir suportes, posições e características diferenciadas. A resolução dos seus registos é uma das principais características que definem a qualidade do resultado final da fotogrametria, porém, fatores como a quantidade das fotos adquiridas, as condições de iluminação da realidade fotografada e a dimensão e complexidade do objeto registado também têm influência na restituição tridimensional fotogramétrica.

No caso da fotogrametria digital terrestre, o hardware associado à recolha de dados é a máquina fotográfica digital de mão, o tripé e uma unidade de armazenamento de dados como um cartão de memória. Porém, noutro tipo de fotogrametrias como a fotogrametria de satélite, aquática ou microscópica, o hardware utilizado para a aquisição de dados adequa-se ao tipo de registo associado, utilizando correspondente o satélite, câmaras resistentes à água ou o microscópico para a aquisição do conjunto de dados necessários.

Para além do tipo de equipamento utilizado, um conjunto de recomendações técnicas estão também associadas a uma correta aquisição de dados, influenciando diretamente a qualidade da nuvem de pontos gerada. A utilização de uma configuração de ISO mais baixa e a estabilidade da câmara durante o disparo fotográfico podem ajudar na redução de ruído e no aumento da nitidez das fotográficas adquiridas. Para além da utilização de um apoio de tripé, o uso de um controlo remoto de disparo pode igualmente ajudar a reduzir movimentos residuais da câmara durante a obtenção fotográfica. Durante o processo de aquisição de dados torna-se

ainda relevante que o equipamento utilizado e as suas configurações não variem, de forma a minimizar a ocorrência de desvios e incompatibilidades durante a fase de processamento de todas as fotografias e ajudando no cruzamento fotogramétrico das mesmas.

Relativamente ao processamento e tratamento dos dados, a posse de um computador com as especificações mínimas recomendadas de um sistema operativo Win-64 com 16GB de memória RAM pode ajudar no processamento automático de grandes quantidades de dados, possibilitando uma razoável economia de tempo e uma maior fluidez no processo de trabalho.

O baixo custo do *hardware* necessário para se realizar este tipo de levantamentos pode ser encarado como uma vantagem em trabalhos onde o orçamento reduzido se torna uma condicionante. O facto de hoje qualquer *smartphone*, de média ou baixa gama, possuir uma câmara fotográfica integrada acentua este custo reduzido associado aos métodos de levantamento por fotogrametria.

– *Software*

Grande parte do *software* utilizado hoje no processamento e leitura de fotogrametria digital terrestre apresenta já uma interface acessível a realidades profissionais como a arquitetura. Ao revelarem-se ferramentas digitais cada vez mais acessíveis no que respeita à sua aprendizagem e compreensão, o *software* de fotogrametria digital disponíveis podem ser classificados com base em dois tipos de funcionalidades:

- i) gerar modelos de nuvens de pontos
- ii) editar modelos de nuvens de pontos

Embora exista *software* ambivalente que permite a criação e a edição de nuvens de pontos (*PCM – Point Cloud Model*), os de acesso gratuito tendem a disponibilizar apenas a função de visualização e edição destas nuvens. As capacidades destes programas de acesso livre tornam-se insuficientes em trabalhos onde se verifique um grande volume de dados associados a nuvens de pontos maiores e mais complexas. Já nos programas profissionais, capazes de gerar e editar nuvens de pontos num fluxo de trabalho contínuo, os custos de subscrição podem tornam-se um inconveniente em trabalhos que não rentabilizem este investimento, apesar de permitirem

o processamento e manipulação de conjuntos de dados mais extensos e pesados. Atualmente, vários *software* são utilizados para metodologias de fotogrametria em arquiteturas. A sua adoção poderá depender de fatores económicos – no caso dos *software* de subscrição paga –, do sistema operativo utilizado ou até mesmo do conhecimento e capacidade técnica da pessoa que realiza o trabalho. De entre os *software* profissionais, o *MeshLab* é o que apresenta uma maior complexidade operativa, tornando-se o menos recomendado para usuários menos experientes. Em ambientes académicos, o *software Autodesk Recap 360* torna-se uma opção viável devido ao acesso gratuito disponibilizado através de licenças educacionais – apesar da compatibilidade reservada ao sistema operativo Windows.

A baixo, na *tabela 3*, são apresentados os principais *software* e as suas características mais relevantes como preços, capacidades e compatibilidades operativas.

<i>Software</i>	<i>Fabricante</i>	<i>Preço (anual)</i>	<i>Sistema Operativo</i>	<i>Gera PCM</i>	<i>Edita PCM</i>
Pix4D	Pix4D SA	2600 €	Windows, MacOS e Linux	Sim	Sim
Visual SFM	Changchang Wu	Grátis (não utilizável para fins comerciais)	Windows, MacOS e Linux	Sim	Sim
Autodesk Recap 360	Autodesk	399 €	Windows	Sim	Sim
CloudCompare	Open Source	Grátis	Windows, MacOS e Linux	Não	Sim
MeshLab	ISTI-CNR	Grátis	Windows, MacOS e Linux	Não	Sim
Agisoft PhotoScan Pro	Agisoft LLC	3000 €	Windows, MacOS e Linux	Sim	Sim

*Tabela 3 – Catalogação de software aplicáveis à fotogrametria digital terrestre.*⁸⁵

⁸⁵ GOMES, Joana – **Do Laser Scan à modelação 3D – Experiências e testemunhos**. Lisboa: Departamento de Arquitectura e Urbanismo do Instituto Universitário de Lisboa, 2018. Dissertação de Mestrado. P. 80

– **Varrimento Laser 3D Terrestre (VL3DT)**

Como o registo através de fotogrametria se baseia em levantamentos fotográficos, a dependência de uma boa iluminação torna este método pouco eficaz em determinados contextos menos iluminados. Neste âmbito de ação, os levantamentos realizados a partir de varrimento laser 3D terrestre (VL3DT) tornam-se mais convenientes.

Revelando-se uma fonte de energia autónoma, o varrimento laser torna-se capaz de dispensar qualquer tipo de iluminação natural ou artificial – demonstrando uma capacidade superior no registo de ambientes escuros como compartimentos em caves.

Considerada uma das tecnologias mais poderosas de entre os métodos de levantamento de arquitetura, o VL3DT torna-se capaz de realizar recolhas de dados bastante precisas, tornando-se versátil em registos de pequena e grande escala. A utilização de uma estação de scan laser com um nível de alcance maior pode permitir a captação de dados relativos a componentes espaciais posicionados a quilómetros de distância. Ao refletir-se na dimensão e nível de detalhe da nuvem de pontos gerada, o processamento deste conjunto de dados assume uma matriz tridimensional (X, Y, Z) onde, à semelhança da fotogrametria digital, se torna possível a análise de um conjunto de características bastante completas sobre os objetos e construções registadas por este levantamento laser 3D.

Em Abril de 2018, após deflagrar um incêndio da Catedral de Notre Dame, em Paris, um conjunto de estruturas saíram afetadas, descaracterizando o edifício e criando uma necessidade de o reabilitar. Através de um modelo de pontos tridimensional obtida através de um processo de VL3DT, tornou-se possível consultar um conjunto de informações da catedral, úteis à sua reconstrução fidedigna. Produzido por Andrew Tallon, em 2015, este modelo revelou ser o levantamento mais completo alguma vez realizado da Catedral, incluindo um grau de pormenor apenas possível devido à grande capacidade de restituição tridimensional que esta tecnologia apresenta.

“Tendo como base um modelo 3D bastante detalhado, a reconstrução da Catedral poderá ser mais simples e rápida. Segundo as informações, são 100 GB de dados digitalizados a laser que armazenam o mapa digital 3D mais detalhado da catedral de Notre Dame de Paris,

onde constam 5 000 milhões de pontos. Para se ter uma ideia, o detalhe é tanto que, segundo Tallon, há estruturas ocultas que quase não se conseguem ver a olho nu.”⁸⁶

– *Hardware*

Ao processo de recolha de dados do VL3DT, estão associados um conjunto de componentes essenciais à sua eficiência e eficácia operativa. A utilização de estações de scan laser dispensam a utilização de outros instrumentos de medição, porém, componentes como tripés, baterias e cartões de memória também constam no conjunto de acessórios anexos a este método de levantamento.

Permitindo um processamento dos dados mais rápido e facilitado, a recolha de dados realizada pela estação scâner socorre-se da referência de pontos homólogos presentes da realidade levantada. Identificáveis através de elementos presentes no espaço ou de alvos previamente colocados na realidade registada, estes pontos facilitam todo o processamento dos dados adquiridos por scan, associando-lhes determinadas referências espaciais úteis ao processo de composição da nuvem de pontos tridimensional. Estes pontos possibilitam na maioria das vezes um processamento automatizado de todos os dados, facilitando a sua interpretação em *software*.

A versatilidade de sensores associada a este método de levantamento, permite ainda a captação de diferentes comprimentos de onda (térmica, infravermelhos, etc.). Em consonância com o tipo de análise, esta tecnologia torna possível o acesso a informações que dificilmente se obteriam a partir de uma observação a “olho nu”.

Apesar das capacidades promissoras desta tecnologia, o seu hardware ainda não é tão acessível como no caso da fotogrametria digital. O conjunto reduzido de fabricantes que se dedicam ao desenvolvimento desta tecnologia tornam a aquisição de um sistema de VL3DT consideravelmente mais cara que a maioria das máquinas fotográficas disponíveis no mercado.

⁸⁶ PINTO, Pedro – **Modelo 3D ajudará a reconstruir a Catedral de Notre Dame de Paris**. [s.l.]: PPLWARE, 2019.

Marcas como a *Leica* e a *Faro* tornam-se as principais distribuidoras desta tecnologia – a *Leica* com modelos como o *BLK 360* e a *ScanStation P50* e a *Faro* com o *Focus S 350*.⁸⁷

– *Software*

Estabelecendo semelhanças com o processo de fotogrametria digital, o VL3DT recorre a um conjunto de software que possibilita gerar, visualizar e transformar as nuvens de pontos tridimensionais. A associação de um conjunto de recursos a cada software disponível no mercado pode tornar necessária a utilização de diferentes *software* durante este processo (*tabela 4*).

Em ambiente de software, a manipulação virtual da nuvem de pontos torna possível a sua compartimentação. O isolamento de regiões específicas da nuvem de pontos facilita a interação do usuário com esta composição tridimensional virtual. Este recurso permite ainda, na área da arquitetura, o seccionamento do modelo por forma a gerar cortes, plantas e alçados, bem como o desenho e a modelação de pormenores específicos.

⁸⁷ GOMES, Joana – **Do Laser Scan à modelação 3D – Experiências e testemunhos**. Lisboa: Departamento de Arquitectura e Urbanismo do Instituto Universitário de Lisboa, 2018. Dissertação de Mestrado. P. 83

<i>Software</i>	<i>Fabricante</i>	<i>Importação do Scan</i>	<i>Processo</i>	<i>Preço (anual)</i>	<i>Sistema Operativo</i>
<i>Leica Cyclope</i>	<i>Leica GeoSystem</i>	<i>Sim</i>	<i>Introdução</i>	<i>Grátis</i>	<i>Windows</i>
<i>Autodesk Recap Pro</i>	<i>Autodesk</i>	<i>Sim</i>	<i>Introdução Transformação Visualização</i>	<i>299 €</i>	<i>Windows</i>
<i>Leica TruView</i>	<i>Leica GeoSystem</i>	<i>Sim</i>	<i>Transformação Visualização</i>	<i>Grátis</i>	<i>Windows</i>
<i>MeshLab</i>	<i>ISTI-CNR</i>	<i>Sim</i>	<i>Transformação Visualização</i>	<i>Grátis</i>	<i>Windows, MacOS, Linux</i>
<i>AutoCad</i>	<i>Autodesk</i>	<i>Não</i>	<i>Modelação</i>	<i>2075 €</i>	<i>Windows, MacOS</i>
<i>Revit</i>	<i>Autodesk</i>	<i>Não</i>	<i>Modelação</i>	<i>2970 €</i>	<i>Windows</i>
<i>ArchiCad</i>	<i>Graphisoft</i>	<i>Não</i>	<i>Modelação</i>	<i>2214 €</i>	<i>Windows, MacOS</i>

*Tabela 4 – Catalogação dos software aplicáveis ao VL3DT.*⁸⁸

⁸⁸ Groetelaars – Tecnologia 3D Laser Scanning : Características , processos e ferramentas para manipulação de nuvens de pontos. XV Congreso SIGRADI, 1–5. Cit. por GOMES, Joana – **Do Laser Scan à modelação 3D – Experiências e testemunhos**. Lisboa: Departamento de Arquitectura e Urbanismo do Instituto Universitário de Lisboa, 2018. Dissertação de Mestrado. P. 84

4.2 Métodos aéreos

– Fotogrametria Digital Aérea (FDA)

“Pensar e desenhar arquitectura nesta 4.ª revolução industrial em que hoje vivemos implica uma atitude multidisciplinar, assentando contaminações vindas de outras áreas, como a indústria militar ou a ficção científica. Se de um lado herdamos utopias urbanas e especulações tecnológicas, do outro emerge um mundo de experiências financiadas, que permitem o avanço de novas tecnologias que podem ter outro propósito que não a sua utilização em contextos de guerra... Da clássica perspectiva militar napoleónica às visualizações em realidade aumentada de Minority Report, muitas destas experiências podem hoje ser usadas na (ou transpostas para a) arquitectura.”⁸⁹

Na fotogrametria digital, a existência de novos métodos que recorrem à utilização de plataformas aéreas tem-se mostrado uma mais valia, permitindo uma maior rapidez e eficácia em situações de grandes áreas urbanas ou ambientes exteriores de difícil acesso e registo. Facilitando trabalhos onde a necessidade de se fazer um conjunto de fotografias aéreas se torna significativa, o VARP torna possível enquadramentos fotográficos favoráveis a uma recolha mais completa de dados sobre uma determinada realidade. As restituições tridimensionais e bidimensionais realizadas a partir destes registos aéreos alteraram o tipo de escalas suportadas pela fotogrametria digital, criando nuvens de pontos de grandes áreas urbanas e facilitando a relação entre o arquiteto e o território – passando este a ser registado através de um processo mais fácil, rápido e completo.

Quando ainda o VARP não era um recurso tecnológico tão acessível como hoje, os registos fotográficos a partir de uma altitude mais elevada tornava-se uma dificuldade técnica para a fotogrametria digital terrestre. Em registos maiores e mais amplos, esta necessidade era colmatada recorrendo a instrumentos extraordinários ao processo habitual de fotogrametria digital terrestre como gruas ou mastros de mão. Ao substituir a utilização destes instrumentos,

⁸⁹ MELÂNEO, Paula – **Ferramentas para a arquitectura na 4.ª revolução industrial**. J–A, nº 259 (2019).

estes novos veículos aéreos remotamente pilotados tornaram uma ferramenta facilitadora, auxiliando em grande medida as metodologias mais atuais de fotogrametria.

Os aspectos técnicos e capacidades tecnológicas do VARP têm influência nos resultados fotogramétricos, gerando novos processos de trabalho e modelos de fotogrametria que dificilmente se conseguiam obter antes do surgimento destes veículos. A documentação gerada especificamente partir da fotogrametria digital aérea facilita procedimentos como o cálculo e medição de volumetrias urbanas e a análise de topografia que permite a interpretação e representação de altimetria.

– *Hardware*

Na fotogrametria digital aérea, tal como a designação indicia, a utilização de um conjunto de plataformas aéreas torna possível a recolha de dados de uma determinada realidade a partir de uma posição espacial privilegiada. As plataformas utilizadas, como drones, aviões, balões de ar quente ou balões de hélio, passaram a auxiliar a captação de pontos de vista mais convenientes a estes levantamentos, consistindo, como referido antes, numa vantagem relevante em trabalhos de difícil acesso ou maior escala.

Ao possuírem uma tecnologia mais avançada, estes veículos permitem gerar nuvens de pontos de maior qualidade, possibilitando a congregação de uma maior quantidade de informação nos modelos bidimensionais ou tridimensionais obtidos. A estabilidade do voo ou a resolução e configuração adequada da câmara fotográfica integrada nestes veículos tornam as fotografias obtidas mais otimizadas à produção fotogramétrica. Apesar disto, outras características técnicas destes veículos podem ter influência no processo de fotogrametria digital aérea, tornando-se úteis para esta avaliação as “especificações técnicas” do VARP – apresentadas anteriormente neste ensaio.

A compatibilidade limitada de alguns modelos VARP com *software* mais otimizado torna marcas como a *DJI* e a *Parrot* opções mais viáveis, permitindo o recurso a programas e funcionalidade de automatização do processo de fotogrametria digital aérea. Como indicado na *tabela 1*, os custos de aquisição de um VARP podem variar, contudo, é de notar que o processo de democratização desta tecnologia tem-na tornado mais acessível, disponibilizando-a por um

custo cada vez mais reduzido. Face a outras tecnologias de levantamento, como o varrimento laser 3D, o VARP torna o processo de levantamento e registo de grandes áreas uma tarefa menos dispendiosa, permitindo aos profissionais de arquitetura uma maior autonomia no processo de registo e análise das zonas de intervenção.

– *Software*

O desenvolvimento e disponibilização comercial de software de fotogrametria aérea têm tornado os processos de recolha de fotografias aéreas mais automatizados e rápidos. Aplicações como a DroneDeploy permitem hoje que o processo de fotogrametria digital aérea de torne mais acessível à grande maioria dos usuários menos especializados. A partir de um sistema intuitivo e uma interface acessível, esta aplicação disponibiliza a criação de um projecto de fotogrametria aérea digital associado ao local específico em estudo, permitindo antecipadamente a realização de um planeamento de voo do VARP. Ao esclarecer o usuário de uma quantidade de fatores associados ao seu trabalho de levantamento, como a altitude recomendada de voo durante a recolha fotográfica ou o tempo que esta demora tendo em conta as opções de voo definidas pelo mesmo, esta aplicação revela potencialidades bastante promissoras, principalmente em realidades como as qual a arquitetura dialoga – ambientes urbanos ou grandes áreas de intervenção. Disponibilizando uma plataforma online para este planeamento de voo – em dispositivos móveis e computadores – esta aplicação torna o trabalho de campo mais expedito e incisivo.

Sistemas inteligentes como este têm tornado os processos de fotogrametria digital aérea mais rápidos, diminuindo a quantidade de tempo despendido na recolha de dados *in loco*. De uma forma automática, o VARP torna-se capaz de realizar a aquisição de um conjunto de fotografias relativas á realidade que se pertente restituir. Através de uma programação por software, é realizada uma otimizando do voo através do cálculo das trajetórias que o veículo aéreo adota durante o processo de aquisição de todos os dados. Durante o decorrer deste processo, o usuário passa a intervir sobretudo numa perspectiva de averiguação e monitorização através da transmissão de imagens feita entre o drone e a aplicação *mobile*.

Apesar da pertinência da existência de software cada vez mais avançado, como a aplicação DroneDeploy, a recolha de fotografias para fotogrametria digital aérea pode também ser realizada a partir de um processo manual. Tirando partido precisamente do recurso de controlo remoto destes veículos aéreos, a possibilidade de realizar manualmente um conjunto de registos específicos pode tornar-se uma necessidade durante o processo de fotogrametria. A mais valia de combinar uma recolha automatizada com uma recolha manual pode reunir um conjunto de dados mais completos sobre a realidade em estudo. Habitualmente, a recolha automática de fotografias assume um enquadramento fotográfico ortogonal ao plano do solo, gerando, em determinadas realidades, falhas de informação devido a “ângulos mortos” – associados à interseção do conjunto de fotos adquiridas. Anulando estes “ângulos mortos”, causados pela ortogonalidade da recolha automatizada de fotografias, a recolha manual torna-se capaz de corrigir estas falhas de informação, através de registos fotográficos mais livres e oblíquos ao plano do solo.

As configurações introduzidas pelo usuário na aplicação DroneDeploy, relativas ao voo e ao tipo de registos fotográficos, podem também ajudar a minimizar as falhas de informação associadas a esta aquisição automatizada de dados. Dentro da aplicação de planeamento de voo, o usuário adquire a liberdade de definir parâmetros como:

- i) a altitude de voo;
- ii) a direção predominante da trajetória de voo;
- iii) a velocidade de voo;
- iv) o ponto inicial do processo do registo fotográfico;
- v) as percentagens de sobreposição entre as fotografias adquiridas;
- vi) a ativação/desativação de sensores de proximidade da aeronave (no caso de existirem);
- vii) e o controlo das definições de foco e exposição da câmara fotográfica.

De forma a estudar os planeamentos de voo da aplicação DroneDeploy, foram realizadas algumas simulações onde se assumiu como referência fixa um determinado território com aproximadamente 24 hectares de área. Nestas simulações verificou-se que, a partir da definição

da altitude a que o voo se realiza, o usuário obtém um conjunto de outros parâmetros como a resolução final da nuvem de pontos (in/px) e a duração do trabalho de levantamento fotográfico (minutos). Ao aumentar a altitude de voo, o usuário diminui a resolução da futura nuvem de pontos gerada e a duração do processo de recolha. Um voo realizado a uma altitude maior resulta numa diminuição da quantidade de fotos recolhidas, devido à perspectiva e enquadramento alargado que uma fotografia registada num ponto mais alto adquire sobre o território. Em baixo, as simulações de levantamento por fotogrametria aérea (aplicação DroneDeploy):

Plano de voo scan (1):

Duração: 11:27 minutos

Área: 24 hectares

Resolução: 1,3 in/px

Altitude: **75,5 metros**

Direção de voo: 0°

Plano de voo scan (2):

Duração: 8:58 minutos

Área: 24 hectares

Resolução: 2 in/px

Altitude: **120 metros**

Direção de voo: 0°

Após a aquisição do conjunto de fotografias aéreas, as mesmas são introduzidas no serviço de *cloud* da aplicação, onde o modelo tridimensional – nuvem de pontos – é gerado. Associando de forma automática parâmetros como escala e orientação, o processamento em *cloud* de todas as fotografias recolhidas *in loco* permite uma georreferenciação automática de todas as fotografias e da nuvem de pontos resultante. Este tipo de serviço em *cloud* torna-se útil para usuários que não possuem um sistema operativo com capacidade suficiente de gerar modelos como este, onde um grande volume de dados é processado. Ao disponibilizar online todos os resultados, este serviço de *cloud* torna ainda possível a visualização da nuvem de pontos gerada através de uma navegação dentro do *website*.

Uma quantidade de ferramentas otimizadas permite ainda ao usuário converter esta nuvem de pontos numa superfície contínua (“*mesh*”) e, a partir de uma análise automática realizada pela aplicação, visualizar:

- i) mapas altimétricos (“*Elevation*”);
- ii) mapas de saúde/qualidade do solo (“*Plan Health*”).

Para além destes modos de visualização, outras informações habitualmente suportadas pelos registos de fotogrametria também se verificam – sombras, cores e texturas explicitam o rigor e fiabilidades destes registos.

Sendo um software pago, a aplicação DroneDeploy torna-se um sistema voltado para uma realidade profissional – utilizada principalmente em áreas como a Arquitectura e a Agricultura. Tal como a DroneDeploy, outras aplicações como a DJI Ground Station Pro, o SkyDrones, o Precision Flight e o Pix4D Capture, são igualmente indicadas para este tipo de fotogrametria aérea automatizada.

<i>Software</i>	<i>Fabricante</i>	<i>Preço (mês)</i>	<i>Sistema Operativo</i>
<i>DroneDeploy</i>	<i>DroneDeploy</i>	149 US\$ (aprox. 135 €)	<i>Android, IOS</i>
<i>DJI Ground Station PRO</i>	<i>SZ DJI Technology Co., Ltd</i>	Grátis	<i>IOS</i>
<i>SkyDrones</i>	<i>SkyDrones</i>	Grátis	<i>Android, IOS</i>
<i>Precision Flight</i>	<i>PRECISIONHAWK</i>	Grátis	<i>Android, IOS</i>
<i>Pix4D Capture</i>	<i>Pix4D SA</i>	260 €	<i>Android, IOS</i>

Tabela 5 – Catalogação de software aplicáveis à fotogrametria digital aérea.

4.3 Ponderação entre métodos

“As simulações disponibilizadas pelos novos suportes e tecnologias significam, pela primeira vez na história da representação arquitectónica, a possibilidade de ter um projecto, de modo integral, passível de experimentação na escala 1:1 (em lugar da construção de uma maquete/protótipo à escala real).”⁹⁰

Apesar das diferenças entre os métodos apresentados, a variedade de escalas – da fotografia microscópica à fotografia aérea ou de satélite –, torna a adoção destes cada vez mais comum. Para além da “escala”, ao registarem com grande facilidade geometrias complexas, atualmente estes métodos de levantamento tornam-se um conhecimento técnico útil e necessário numa grande variedade de áreas profissionais.

Se por um lado a fotogrametria a partir de drones permite uma maior versatilidade e a aplicação de inteligência artificial no processo de registo aéreo, o laser, como anteriormente referido, possibilita registos mais detalhados e completos – mesmo em situações onde não existe iluminação. A complementaridade entre os métodos tradicionais e as mais recentes tecnologias de levantamento mostra-se uma vantagem, tornando possível a adequação dos métodos a diferentes necessidades.

A fita métrica, embora já pouco eficiente, continua a demonstrar alguma eficácia e viabilidade, complementando as tecnologias mais avançadas de levantamento de arquitetura em situações onde lacunas de informação nos modelos digitais são colmatadas através do levantamento métrico convencional dessas regiões.

A conciliação das tecnologias de levantamento mais recentes com outros programas e sistemas de modelação 3D mais avançados, como “*Building Information Modeling*” (BIM), é cada vez mais uma realidade predominante – abrindo novas possibilidades e permitindo a integração de uma maior inteligência nas restituições de modelação tridimensional. Apesar disto, a transversalidade dos métodos mais recentes com os processos mais tradicionais de

⁹⁰ MELÂNEO, Paula – **Ferramentas para a arquitectura na 4.ª revolução industrial** [Em linha]. J–A, nº 259 (2019). [Consult. 1 Agosto 2019].

levantamento continua a estabelecer-se em sistemas convencionais como o CAD (“*Computer Aided Design*”).

Muito embora as restituições tridimensionais realizadas a partir da fotogrametria ou do varrimento laser não tenham ainda associadas uma inteligência artificial direcionada para a análise dos registos, algumas marcas de software têm tentado desenvolver algoritmos capazes de realizar uma interpretação automática destas nuvens de pontos. Uma das ambições é que, no futuro, o *software* consiga introduzir informações em alguns segmentos de nuvem – indicando a existência de paredes, corredores, compartimentos, etc.

Apesar da ainda pouco inteligência artificial aplicada nestes modelos tridimensionais, a integração destes com a realidade aumentada (*AR* – “*Augmented reality*”) e a realidade virtual (*VR* – “*Virtual Reality*”) revela hoje um conjunto de possibilidades inovadoras.

“Se no início se pôs em causa a utilidade destas tecnologias no âmbito da arquitectura — pelo distanciamento da realidade que a VR nos incute, ao introduzir-nos num ambiente virtual, ou a utilidade da AR, que pode ser um filtro condicionante e nocivo/enganador na apreensão do real — hoje está provado que elas vieram para ficar e que podem ter, num futuro próximo, um uso generalizado de consequências disruptivas, tal como aconteceu com a internet.”⁹¹

Na arquitetura, o menor rigor e os erros implícitos aos métodos tradicionais de levantamento acabam hoje suprimidos pela tecnologia e pela precisão da “máquina”, rentabilizando o tempo disponível para tarefas de interpretação e criatividade, onde a disponibilização de uma documentação mais interativa e informativa ganha sentido e utilidade.

Hoje, cada vez mais faz menos sentido fazer projecto com um levantamento de uma preexistência que não está certo. “Num contexto onde se faz projecto com um levantamento que não está certo, as decisões que se tomam, que significado têm?”⁹². Apesar de todas as novas

⁹¹ MELÂNEO, Paula – **Ferramentas para a arquitectura na 4.ª revolução industrial**. J–A, nº 259 (2019).

⁹² MATEUS, Luís – **Seminário e Workshop de Fotogrametria e Varrimento Laser**. Lisboa: Instituto Universitário de Lisboa, 11 Dezembro 2018.

tecnologias emergentes serem promissoras, é importante a consciência de que os métodos de representação tradicionais, como o desenho á mão, continuam a ser fundamentais. A grafite e a folha de papel continuam a ser elementares nos processos de intervenção e interpretação da arquitetura – “Há coisas que não se conseguem ver a não ser através do lápis e do papel (...)”⁹³.

⁹³ MATEUS, Luís – **Seminário e Workshop de Fotogrametria e Varrimento Laser**. Lisboa: Instituto Universitário de Lisboa, 11 Dezembro 2018.

Especulação futura

5.1 Evolução e sucessão

O desenvolvimento do VARP tem marcado a atualidade tecnológica dos últimos anos, afetando a realidade e promovendo um conjunto de novas possibilidades e paradigmas sociais, económicos e técnico profissionais. Esta evolução tecnológica e a sua promissora aplicação em áreas distintas promove hoje um espírito de especulação sobre a relevância destas tecnologias na sucessão das dinâmicas e contextos sociais atuais.

A relevância que esta tecnologia tem no “processo de representação e produção de Arquitectura”, tal como tratado em “*Elevation documentary: how drones will change cities*”⁹⁴, é uma das significantes influências identificadas como geradoras de uma transformação da forma como se observa e se passará a imaginar e conceber a arquitetura. A nova “cidade visível” torna-se um dos gatilhos de adaptação da cidade à circulação aérea do VARP, porém, a criação de novas interações entre os edifícios e o seu meio envolvente, através da possibilidade de novos acessos aéreos nos planos da fachada e cobertura dos edifícios, poderá caracterizar outras transformações na relação entre o VARP, a Arquitectura e a Cidade. De entre estas adaptações, a cada vez maior existência de entregas comerciais aéreas feitas com recurso a estes veículos poderá tornar imperativa a necessidade de criar “*droneports*”, facilitando a aterragem destes veículos em cidades bastante densificadas.

A constante evolução e reformulação do conceito e capacidade destes veículos aéreos é um dos fatores que mais alimenta a especulação sobre a sucessão desta tecnologia. Uma das especulações mais abordadas sobre estes veículos é a probabilidade de estes poderem no futuro combinar capacidades de locomoção – aéreas, terrestres e aquáticas (“*multi-modal drones*”).

⁹⁴ *Elevation documentary: how drones will change cities*. Canal de Youtube: Dezeen, 2018. (17 min., 43 seg.).

“(…). *Perching mechanisms could allow drones to land on walls and power lines in order to monitor the environment from a high vantage point while saving energy. Agile drones could move on the ground by using legs in conjunction with retractable or flapping wings. (...) In the future, we may also deploy drones in semi-aquatic environments by using design principles inspired by aquatic birds, (...)*”⁹⁵

Como consequência de uma grande quantidade de pesquisas e investigações sobre esta temática, a margem de avanço e transformação de tecnologias como estas parece revelar-se cada vez maior, tornando cada vez mais variada a quantidade de funções assumidas pelo VARP – no uso lúdico ou profissional.

Participando ativamente no desenvolvimento e evolução desta tecnologia, a aplicação de algum conhecimento na área da neurociência tem-se fundindo com as atuais formas de controlo destes veículos aéreos. Na Universidade da Flórida, um núcleo de engenharia tem trabalhado sobre a possibilidade de controlar e pilotar estes veículos através de estímulos cerebrais. A partir de uma monitorização avançada da atividade cerebral, este grupo de investigadores tem desenvolvido e demonstrado a possibilidade de comandar e emitir ordens de pilotagem através de sensores instalados na região da cabeça.⁹⁶

O controlo e interação entre o Homem, o VARP e o meio envolvente tem sofrido vários desenvolvimentos positivos. A capacidade de reconhecimento e análise destes veículos aéreos sobre o meio onde atuam é um dos fatores essenciais que tem sido aprimorado nos últimos anos. Ambicionando uma cada vez maior segurança no que diz respeito à presença destes veículos nas cidades, no futuro, a existência de um sistema geográfico mais completo poderá ajudar a tornar a circulação e autonomia de voo destes veículos menos dependentes de uma pilotagem humana manual.

⁹⁵ FLOREANO, Dario; WOOD, Robert J. – *Science, technology and the future of small autonomous drones*. *Nature* – Volume 521, 2015. . P. 462

⁹⁶ DEAREN, Jason – *Mind-controlled drones race to the future*. Florida: *Herbert Wewtheim College of Engineering*, 2016.



Fig. 54
Pilotagem drone
Flórida, estímulos cerebrais

“(...) in order to identify obstacle-free trajectories. However, digital maps, such as those used in car navigation systems, are restricted to traversable roads, do not include three-dimensional information (the height of natural structures, buildings, and bridges, and the presence of cables, poles, and so on) (...)”

A automação da tecnologia é um dos pontos importantes associados à evolução e sucessão dos drones. À semelhança do que já acontece com os sistemas de condução autónoma de veículos automóveis, a ambição de uma cada vez maior autonomia relativa à circulação aérea destes veículos tem mostrado algumas aplicações surpreendentes de inteligência artificial aos voos destas aeronaves. O auxílio da inteligência artificial na análise e previsão de obstáculos entre outros imprevistos tem como objetivo diminuir cada vez mais a margem de erro humano e por sua vez os acidentes que daí decorrem. Sobre esta temática, o conjunto de sensores que se têm associado ao *hardware* deste tipo de veículos aéreos também têm tornado cada vez mais estável e acessível a pilotagem destas aeronaves, tornando a sua utilização cada vez mais simples e democratizada.

As aplicações inesperadas em que estas aeronaves têm sido utilizadas têm revelado um conjunto de possibilidades rizomáticas, abrindo um leque de oportunidades ainda por descobrir. Equipamentos como estes, capazes de incorporar uma grande variedade de sensores e câmaras, têm revelado um elevado potencial no modo como algumas tarefas são desempenhadas – alguns fatores como a elevada mobilidade e sustentabilidade energética tornam a utilização destes economicamente mais eficiente.

“(…) the UAVs on the aerial network can form a flying fog computing platform, providing flexible and resilient services to IoT devices with limited processing capabilities.”⁹⁷

Na área das telecomunicações, a utilização destes veículos também tem sido equacionada. Revelando-se uma das aplicações mais ponderadas por investigadores e empresas deste ramo, a integração de drones em novos serviços de rede e dados é hoje um paradigma. Ao disponibilizar um serviço de dados inovador, estes veículos poderão no futuro funcionar verdadeiramente em rede, proporcionando uma partilha de dados baseada na sincronização de um conjunto vasto de aeronaves e permitindo uma maior flexibilidade e portabilidade na recolha e partilha destes.

“(…) to deal with the dynamic traffic demands. The drone-cells can be dispatched to specific areas in designed time periods to offer cost-effective radio access to heavy data traffic. (…), a flexible drone-cell deployment scheme is designed to cope with the “flash crowd traffic” resulted by a crowded event such as parades and concerts.”⁹⁸

A conjuntura de especulação sobre o futuro e repercussões que estes veículos aéreos têm e terão na vida quotidiana que conhecemos é promovida sobretudo pela atual democratização crescente do seu acesso. A intensificação do uso destas aeronaves no espaço aéreo das cidades

⁹⁷ CHENG, Nan; XU [et al.] – *Air-Ground Integrated Mobile Edge Networks: Architecture, Challenges and Opportunities*. arXiv, 2018. P. 4

⁹⁸ Idem, ibidem. P. 3

ditará a adaptação destas a uma nova realidade onde o poder político e a regularização legislativa têm especial importância.

Num paradigma onde cada vez mais estes equipamentos são utilizados para fins lúdicos, um conjunto de comportamentos têm comprometido o normal funcionamento do espaço aéreo, prejudicando a segurança da circulação de aeronaves tripuladas e elevando a urgência de regulação desta realidade. Através da criação de normas relativas aos pilotos e este tipo de veículos, autoridades aéreas de inúmeros países têm demonstrado uma especial preocupação sobre esta temática. No caso dos Estados Unidos e da União Europeia, em 2013, a criação de um mapa de restrições de voo direcionado à pilotagem destas aeronaves iniciou um período importante de educação e adaptação a esta realidade tecnológica com a qual as autoridades dos espaços aéreos ainda não se tinham confrontado.

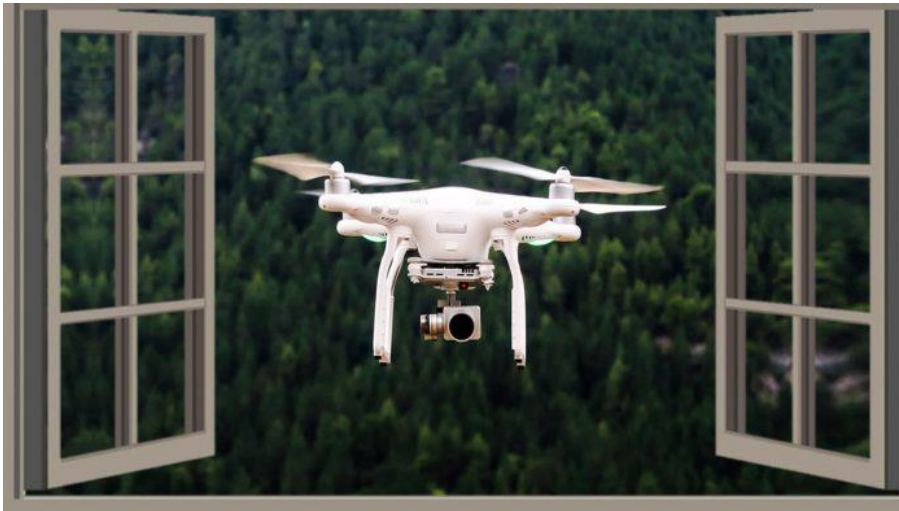


Fig. 55
Drone
Invasão?

Em 2018, Portugal aprovou o *decreto-lei n.º 58/2018*, atualizando o conjunto de regras direcionadas tanto a estas aeronaves como aos seus usuários. De entre estas regras, ganham destaque: a necessidade de registo do piloto, da sua aeronave e a criação de um seguro de responsabilidade civil para aeronaves com peso superior a 900 gramas. No futuro, as contínuas atualizações destas normas de utilização poderão tornar mais equilibrada a coabitação entre o VARP, a cidade (pessoas, construções, veículos, etc.) e o restante espaço aéreo (aeronaves tripuladas, etc.)

Refletindo sobre a crescente facilidade de aquisição e utilização deste tipo de veículos de pequena escala, os sistemas de privacidade que hoje conhecemos também serão afetados. O uso “livre” destas aeronaves e a possibilidade de observar e alcançar sítios indevidos poderá constituir um problema na forma como as cidades hoje estão pensadas. Tornando-se possível a observação do interior de qualquer casa a partir de uma janela, mesmo que situada no 10º andar, os sistemas de privacidade tornam-se fraudáveis. Em pontos como este, os arquitetos desempenharão um importante papel, repensando e equacionando as novas formas de interação de que a arquitetura será alva.

5.2 Ética e tecnologia

*“(…), trust in an emerging technology is required for it to be accepted and more fully integrated in society. Without trust, it is difficult for society to accept the technology.”*⁹⁹

Na avaliação ética relativa à disponibilização e utilização de novos recursos tecnológicos, a relação que se estabelece entre a tecnologia e a sociedade evidencia-se como um dos grandes tópicos relevantes. A hesitação da sociedade sobre as inovações tecnológicas e particularmente sobre o potencial que estas têm de alterar as circunstâncias onde ocorrem, torna-se um importante ponto de discussão, sobretudo quando a utilização da tecnologia denuncia a sua capacidade de violar liberdades individuais, entre outros direitos estabelecidos.

Fundamentada pela ambição social de aumentar a qualidade de vida por via da mobilidade, segurança, higiene/poluição urbana, entre outros fins, as inovações tecnológicas sempre se relacionaram com os grandes avanços da sociedade, contudo, o seu questionamento filosófico revela-se importante e necessário na evidência dos seus desequilíbrios. A ponderação entre os aspetos positivos e negativos ou os riscos e benefícios da tecnologia na sociedade faz parte desta avaliação relativa às tecnologias emergentes, onde tópicos como a “segurança pública”, a “privacidade”, a “lei” e a “proteção de dados” se mostram ameaçados.¹⁰⁰

Na ponderação sobre o que está certo/errado ou o que é bom/mau na tecnologia, as mudanças que esta potencia na sociedade são o principal aspeto tido em conta. Profundamente influenciada pela interpretação que sofre, a tecnologia torna-se sobretudo avaliada pela forma e contexto onde é utilizada. Neste processo, para além do ponto de vista ético, algumas outras áreas como a etologia, antropologia, as ciências sociais ou o planeamento urbano, tornam-se essenciais na avaliação dos paradigmas de transformação e inovação tecnológica.¹⁰¹

⁹⁹ NELSON, Jake; GORICHANAZ, Tim – *Trust as an ethical value in emerging technology governance: The case of drone regulation*. London: Trilateral Research Ltd, 2016. P. 1

¹⁰⁰ Idem, ibidem. P. 3

¹⁰¹ SALVINI, Pericle – *Urban robotics: Towards responsible innovations for our cities*. Pisa: The BioBiotics Institute, Scuola Superiore Sant’Anna, 2017. P. 279

Na discussão sobre ética e tecnologia são habitualmente abordadas temáticas relativas à forma como a tecnologia interage com os sistemas quotidianos. Neste processo de interação entre a tecnologia, o ser humano e a sociedade, um conjunto de aspetos éticos, legais e princípios e normas sociais tornam-se determinantes no juízo e aceitação social destas inovações. Desta forma, a concordância da realidade tecnológica com um conjunto de âmbitos sociais torna-se tão ou mais significativa que as capacidades técnicas intrínsecas à tecnologia.¹⁰²

Marcando uma presença na sociedade essencialmente através das transformações que a sua utilização promove, o tipo de relação que se estabelece entre o utilizador e a tecnologia torna-se fundamental no panorama social sobre a disponibilização de uma tecnologia. Fatores como as características físicas e cognitivas dos utilizadores ou a natureza da tecnologia tornam-se preponderantes na consciência e capacidade de interação entre a sociedade e um recurso tecnológico. Partindo do princípio de que é a natureza da tecnologia que determina a sua forma e materialidade, esta torna-se crucial na avaliação sobre as alterações que a tecnologia potencia em temáticas sociais como a privacidade ou a segurança. No caso específico dos drones, a sua natureza formal e a forma de atuação distante do operador tornam-se questões pertinentes e potencialmente problemáticas.¹⁰³

“(...) pilots operating drones at a distance may be infected by a “Playstation” mentality and violate acceptable ethical practice, especially on particularly dangerous missions (...)”¹⁰⁴

A desresponsabilização do utilizador baseada na distância física entre este e estas aeronaves tornam necessária a existência de sistemas otimizados para a identificação e responsabilização de utilizadores que ajam fora dos pressupostos éticos e legais.

Enquanto mediadores da interação entre a tecnologia e o ser humano, os fabricantes deste tipo de tecnologia assumem um importante papel em âmbitos como a responsabilização legal,

¹⁰² SALVINI, Pericle – *Urban robotics: Towards responsible innovations for our cities*. Pisa: The BioBiotics Institute, Scuola Superiore Sant’Anna, 2017. P. 283

¹⁰³ Idem, ibidem. P. 279

¹⁰⁴ FINN, Rachel L.; WRIGHT, David – *Privacy, data protection and ethics for civil drone practice: A survey of industry, regulators and civil society organisations*. London: Trilateral Research Ltd, 2016. P. 578

adequação da tecnologia, e educação/formação dos seus utilizadores. O desenvolvimento consciente e responsável de uma tecnologia adaptada ao utilizador torna-se significativa na avaliação ética sobre a sua disponibilização social – impedindo interações negativas entre esta e a sociedade.

*“Responsible Research and Innovation is a transparent, interactive process by **which societal actors and innovators** become mutually responsive to each other with a view on the (ethical) acceptability, sustainability and societal desirability of the innovation process and its marketable products (in order to allow a proper embedding of scientific and technological advances in our society)”*¹⁰⁵

A fabricante de drones *DJI* tem adotado este tipo de política, aplicando através de software um conjunto de regras a todos os utilizadores que voem com um equipamento *drone* – algumas limitações como o voo a uma altitude máxima de 500 metros ou a restrição de voo em determinadas zonas aéreas protegidas fazem parte das regras adotadas pela fabricante.

No debate sobre a regulação da tecnologia e a normalização do seu uso sobre um ponto de vista ético, a privacidade e a segurança relevam-se como as duas problemáticas fundamentais que, principalmente no caso específico do VARP, se tornam predominantes.

*“(...). Drones disrupt the expectations of reasonable privacy since they are operated in a public place, yet can capture images and sound from that aren't traditionally available to the public. (...)”*¹⁰⁶

¹⁰⁵ SCHOMBERG, René Von – Towards Responsible Research and Innovation in the Information and Communication Technologies and Security Technologies Fields, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2011. Em SALVINI, Pericle – ***Urban robotics: Towards responsible innovations for our cities***. Pisa: The BioBiotics Institute, Scuola Superiore Sant’Anna, 2017. P. 270

¹⁰⁶ RAO, Bharat; GOPI, Ashwin G.; MAIONE, Romana – ***The social impact of commercial drones***. New York: NYU Tandon School of Engineering, 2016. P. 87

Enquanto “robô”, o veículo aéreo remotamente pilotado torna-se um elemento tecnológico capaz de disponibilizar um conjunto alternativo de interações sociais, testando a realidade “tradicional” e o seu habitual funcionamento. Ao potenciar um conjunto de eventos imprevisíveis, a tecnologia do VARP torna evidente a vulnerabilidade da sociedade e dos seus organismos a novos contextos potenciados por inovações tecnológicas tão disruptivas como esta¹⁰⁷. O impacto que os drones têm na privacidade, segurança e proteção de dados de todos é revelador de uma mudança de paradigma onde a presença destes equipamentos disponibiliza novas formas de registo e interação. O impacto na privacidade torna-se claro com o surgimento de uma grande quantidade de registos que, intencionais ou involuntários, caracterizam na grande maioria dos casos uma recolha abusiva de informação. Em diferentes contextos, o registo de informação por via de hardware como os sensores e câmaras *drone* podem caracterizar a invasão de propriedades privadas ou o armazenamento de informação pessoal – baseada em sistemas de reconhecimento facial. A facilidade de invadir propriedades privadas ou recolher informações pessoais de alguém poderá configurar, consoante o contexto, uma realidade positiva ou negativa. De um ponto de vista ético, a utilização destes recursos sem fundamento legal torna-se negativa, porém, no caso de investigações policiais, como a localização ou perseguição de um suspeito, estes recursos tecnológicos tornam-se, dentro dos parâmetros legais, necessários e positivos. Apesar desta visão otimista, a possibilidade hipotética do uso abusivo de drones para ataques ou atos de vandalismo caracterizam um dos desafios atuais relativos à regulação e redução do risco derivado do destas aeronaves.

Uma das vulnerabilidades presentes hoje nos sistemas usados pelos drones são a segurança reduzida que os sinais GPS apresentam. A possibilidade de um sinal GPS falhar ou ser atacado aumenta exponencialmente o risco de acidente. Graças à obrigatoriedade de registo e certificação de aeronaves e pilotos, a identificação e responsabilização dos utilizadores torna-se cada vez mais fácil, contudo, a dificuldade de provar a origem do sinal de navegação continua a existir – principalmente em situações como ataques ou “sequestros” de sinal GPS. Tendo em conta este facto, algumas empresas têm criado sistemas mais seguros de navegação GPS.

¹⁰⁷ SALVINI, Pericle – *Urban robotics: Towards responsible innovations for our cities*. Pisa: The BioBiotics Institute, Scuola Superiore Sant’Anna, 2017. P. 279

Destinadas principalmente para um uso militar ou governamental, existem hoje sistemas de sinal GPS encriptado que aumentam a segurança de navegação e a proteção dos dados recolhidos. Em contextos como prisões, aeroportos ou outras áreas de maior restrição, têm sido adotados ainda alguns sistemas de detecção e controlo de drones, procurando uma resposta efetiva na sua detecção e apreensão.¹⁰⁸



Fig. 56
Segurança
Espaço aéreo, drone e avião

As utilizações militares destas aeronaves têm levantado algumas questões éticas e deontológicas. Apesar dos benefícios claros que equipamentos como estes demonstram num contexto de guerra, como a substituição do homem em tarefas mais ariscadas e a consequente diminuição de baixas humanas em contextos como esses, alguns pontos têm sido debatidos sobre a utilização de robôs (como drones) por forças militares. A autonomia e capacidade de

¹⁰⁸ RAO, Bharat; GOPI, Ashwin G.; MAIONE, Romana – *The social impact of commercial drones*. New York: NYU Tandon School of Engineering, 2016. P. 86-88

programação que estes equipamentos suportam determinam a possibilidade de realizar tarefas autonomamente, o que num contexto de guerra significa, em situações de conflito: espiar, recolher informação ou até mesmo destruir regiões povoadas.¹⁰⁹

A ética exerce a sua influência nas decisões do poder político e legislativo, questionando e elevando a consciência sobre temáticas como as inovações tecnológicas e a forma como estas interagem com os contextos sociais. A criação de regulamentos sobre a utilização de tecnologias (como os drones) torna-se fulcral para a aprovação ética do seu uso, tornando mais otimista a confiança que a sociedade tem na tecnologia.



Fig. 57
Ataque
Disparo militar de um drone

¹⁰⁹ SILVA, Nuno P. – **A construção robotizada em Arquitectura**. Lisboa: Departamento de Arquitectura e Urbanismo do Instituto Universitário de Lisboa, 2018. Dissertação de Mestrado. P. 52

Caso de estudo – Trafaria, Almada

6.1 Objetivos

Decorrido na freguesia da Trafaria, em Almada – zona de intervenção da vertente prática de Projecto Final de Arquitectura (PFA) –, este exercício estabelece uma ponte entre a vertente teórica e a vertente prática de PFA.

A obtenção de uma experiência de utilização de um veículo aéreo remotamente pilotado útil à atividade de um arquiteto é a premissa principal da realização deste caso de estudo. Ao transportar as capacidades tecnológicas deste tipo de veículos para um contexto de atuação profissional em arquitetura, este exercício procurou ensaiar as valências destes veículos aéreos numa metodologia de registo de uma realidade urbana.

Tratando-se de um exercício prático de fotogrametria digital aérea (FDA), o caso de estudo adotado neste trabalho teórico coloca em evidência os meios tecnológicos, uma metodologia de trabalho e os resultados que se obtêm através desta.

O propósito de criar um modelo de nuvem de pontos tridimensional atendeu a possibilidade de disponibilizar uma base digital de informação sobre a realidade registada – com a capacidade de gerar um conjunto de peças gráficas útil a uma metodologia de projecto em Arquitectura.

Essencial na fundamentação de alguns dos conceitos expostos no decorrer deste trabalho teórico, esta interação direta com a tecnologia drone procurou ainda testemunhar as potencialidades operativas destes veículos aéreos num processo de representação e produção de arquitetura, evidenciando um conjunto de fenómenos caracterizadores das reais potencialidade e fragilidades desta tecnologia.

6.2 Metodologia

A metodologia adotada neste exercício assumiu três fases essenciais que estruturaram todas as etapas deste levantamento. Inicialmente, o reconhecimento do *hardware* e *software* necessário ao exercício que se pertencia realizar, tornou evidente a necessidade de aquisição de alguns equipamentos e a ativação de um serviço de *software* especializado em fotogrametria aérea. Nesta primeira fase foi adquirido um equipamento *drone* (com uma câmara fotográfica integrada), alguns componentes extra (incluindo hélices e duas baterias substitutas) e uma unidade de armazenamento de dados. A utilização de equipamentos pessoais dispensou a aquisição dos restantes equipamentos necessários que foram utilizados neste exercício (*smartphone* e computador). A oportunidade de utilizar de três baterias durante o processo de registo permitiu uma maior autonomia no tempo total de voo do *drone*, tornando exequível a aquisição de todas as fotografias aéreas que se revelaram necessárias. Para o uso consciente da aeronave, foi ainda feito um seguro de responsabilidade civil (*tabela 2*), salvaguardando qualquer dano resultante do voo do *drone* no espaço aéreo nacional.

<i>Equipamento/componente</i>	<i>Empresa</i>	<i>Preço</i>	<i>Descrição</i>
<i>DJI Mavic 2 Pro</i>	<i>SZ DJI Technology Co., Ltd</i>	1499€	Drone de asa giratória
<i>Fly More Kit</i>	<i>SZ DJI Technology Co., Ltd</i>	379€	Componentes drone
Micro SD 128GB	<i>SanDisk</i>	79,99 €	Unidade de memória
<i>Xiaomi Mi6</i>	<i>Xiaomi</i>	–	Smartphone <i>Android</i>
Computador portátil/desktop	–	–	–

Tabela 6 - Catalogação dos equipamentos/componentes utilizados no caso de estudo.



Fig. 58
Mavic 2 Pro
Drone utilizado no caso de estudo

Numa segunda fase, após proporcionadas as circunstâncias adequadas para o processo de fotogrametria, através do *software* de fotogrametria *DroneDeploy*, iniciou-se o projeto de levantamento da zona que se pretendia restituir. Em ambiente de *software* foram programados alguns parâmetros que determinaram toda a autonomia do processo de registo das fotografias aéreas. Nesta etapa tornou-se possível programar o tipo de voo do *drone*, o tipo de registo fotográfico, o perímetro da área que se ambicionava levantar entre outros parâmetros correlacionados como: o tempo de voo, a velocidade de voo, o número de registos fotográficos ou a densidade da nuvem de pontos que resultou do processo.

No local do levantamento, deu-se início à recolha de todos os dados necessários para a construção fotogramétrica. Com a aplicação *mobile DroneDeploy*, acedida através do *smartphone*, o carregamento de toda a programação feita anteriormente para o levantamento possibilitou uma autonomia em todo o procedimento da recolha fotográfica através do *drone*. Servindo-se da ligação entre o *smartphone* e o controlo remoto da aeronave, a aplicação realizou autonomamente o controlo das trajetórias de voo do *drone* e o registo de todas as fotografias previstas no projecto de levantamento. Após finalizar a recolha fotográfica, o *drone*

iniciou automaticamente a manobra de aterragem – utilizando como ponto de referência a coordenada de onde tinha descolado.

<i>Software</i>	<i>Empresa</i>	<i>Preço (mês)</i>	<i>Sistema Operativo</i>
<i>DroneDeploy</i>	<i>DroneDeploy</i>	149 US\$ (aprox. 135 €)	<i>Android, IOS</i>

Tabela 7 - Software de fotogrametria aérea utilizado no caso de estudo.

Nesta fase de operação do *drone*, alguns fatores como a meteorologia ou a presença de aves no espaço aéreo da zona deste registo tornaram-se condicionantes relevantes, impedindo uma recolha segura dos dados em dias onde o vento, a chuva ou a presença de gaivotas no espaço aéreo se tornaram inviáveis para o exercício da recolha fotográfica.

Outros fatores também condicionaram o tipo de registo que se realizou. A presença de uma “zona de autorização militar” condicionou a atuação aérea do *drone* e, por sua vez, o levantamento fotográfico de parte da zona de intervenção. Ainda a presença de um conjunto denso de habitações ilegais (Bairro do 2º Torrão), tornou pertinente que não se realizasse o voo do *drone* por cima deste aglomerado de casas. Deste modo, o perímetro da área registada foi desenhado salvaguardando políticas relativas à circulação de *drones* no espaço aéreo nacional e evitando invasões de privacidade ou conflitos entre a presença do *drone* e os habitantes locais.

Após a recolha no local de todos os dados necessários, deu-se início à fase de processamento dos mesmos. Recorrendo a um serviço online disponibilizado pela mesma aplicação (*DroneDeploy*), a fase de processamento também se mostrou automatizada. O *upload* de todas as fotografias no site da aplicação permitiu que num prazo de 5-20 horas o modelo fosse disponibilizado para visualização e/ou exportação.

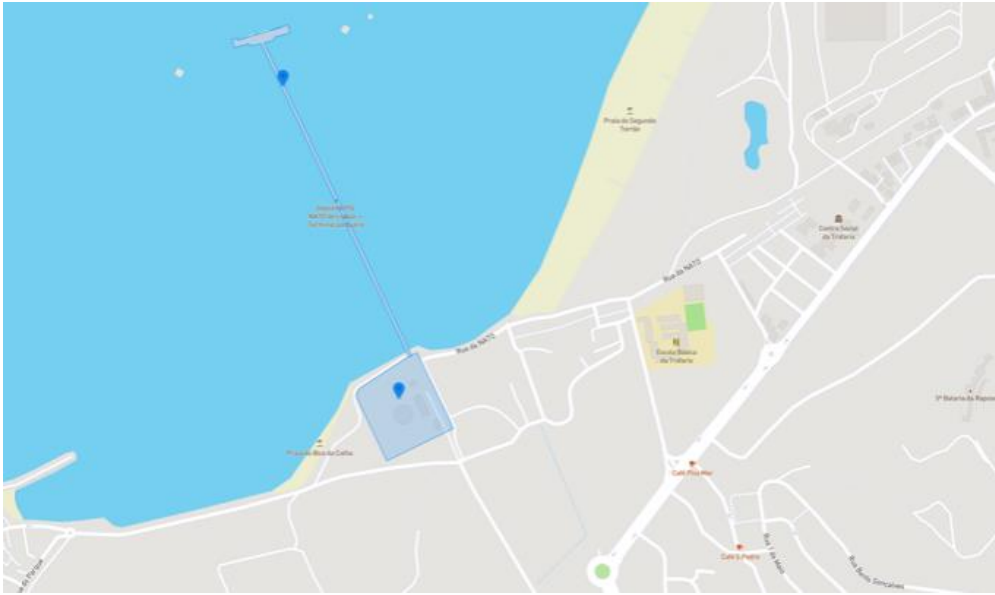


Fig. 59
DJI, "Geo zone map"
 Zona do caso de estudo, zona de voo restrito
 (rectângulo azul)

Fig. 60
Mapeamento
 Geolocalizações dos registos fotográficos (pontos azuis)



6.3 Resultados

Recorrendo ao VARP e com o auxílio de *software* automatizado, o resultado final deste método de levantamento confirmou a interação cada vez mais acessível que este e outro tipo de tecnologias suportam. A forma como grande parte de todo o processo decorreu confirmou a forma democratizada como o VARP pode ser adquirido e utilizado.

A disponibilização do modelo da nuvem de pontos tornou evidentes as valias que estes tipos de registos podem assumir em trabalhos de Arquitectura. Elementos gráficos como plantas, alçados ou cortes ou a própria interpretação do território pode informar-se através do conjunto de informação que estes modelos gerados congregam.

Revelando a eficácia e rapidez que os levantamentos por fotogrametria aérea possuem, o modelo final apresentou um elevado rigor e um conjunto de características consequentes do *hardware* utilizado e da programação – fazendo valer a importância que o utilizador assume neste processo. Um conjunto de escolhas tomadas na programação do projeto de levantamento condicionaram o resultado final. Na *tabela 8* estão apresentados os parâmetros utilizados no processo de fotogrametria aérea auxiliada pela aplicação *DroneDeploy*.

<i>Tempo de voo decorrido</i>	<i>Altura do voo</i>	<i>Área levantada</i>	<i>Imagens capturadas</i>	<i>Densidade da nuvem de pontos</i>	<i>Baterias drone utilizadas</i>
33:05 min.	60 metros	40,2 hectares	587	1,3 cm/px	2

Tabela 8 - Parâmetros utilizados durante o levantamento fotográfico.

Uma das vantagens identificadas neste levantamento foi a georreferenciação automática do modelo gerado. De forma automatizada, o *software* identificou o local correto de cada elemento capturado, situando o modelo da nuvem de pontos nas coordenadas correspondentes.

Na plataforma *online* de visualização do modelo, um conjunto de análises automáticas demonstraram as potencialidades que estes métodos de trabalho podem ter – complementando o grau de informação que um arquiteto possui sobre um determinado território e rentabilizando o seu tempo de análise. No ambiente da aplicação, a análise automática e instantânea de solos

e altimetrias constituem parte desta inteligência artificial – baseada em dados como a cor ou a volumetria dos elementos. Desta forma, tornou-se possível obter e exportar uma variedade de mapas como:

- i) ortofotomapa;
- ii) mapa de elevações (“*elevation*”);
- iii) mapa de qualidade dos solos (“*plant health*”);
- iv) o modelo tridimensional (“*point cloud*”).

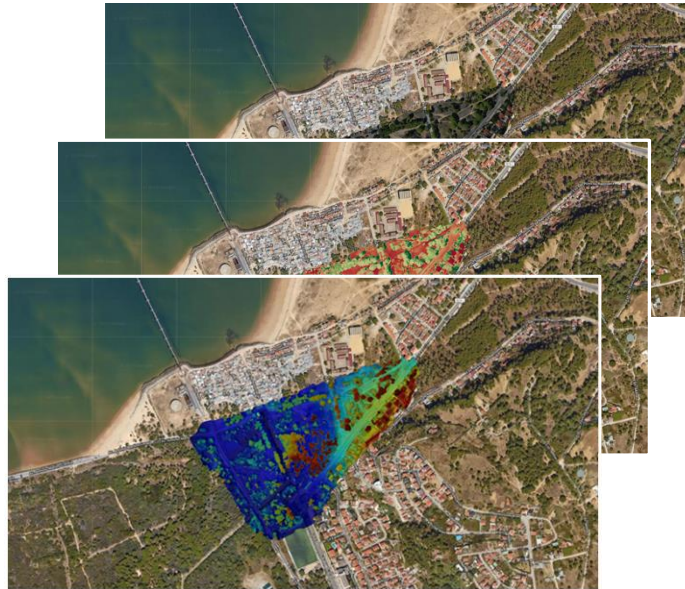


Fig. 61
Mapas
Camadas de análise

A concretização tardia deste caso de estudo limitou a sua relação com a metodologia adotada na vertente prática de PFA que, no período de concretização do caso de estudo, já se mostrava avançada. Apesar disto, o contacto direto com este método de levantamento de arquitetura desenvolveu e estabeleceu valências úteis à atividade profissional de um arquiteto.



Fig. 62
Mapa
Ortofotomapa



Fig. 63
Mapa
Qualidade dos solos ("plant health")

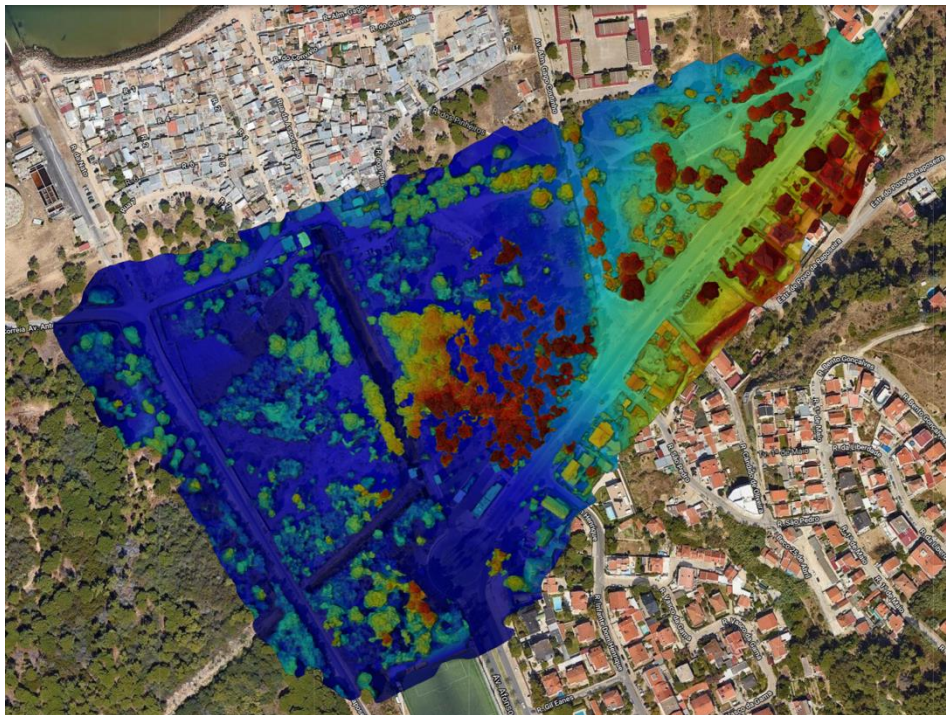


Fig. 64
Mapa
Elevações/altimetrias ("elevation")

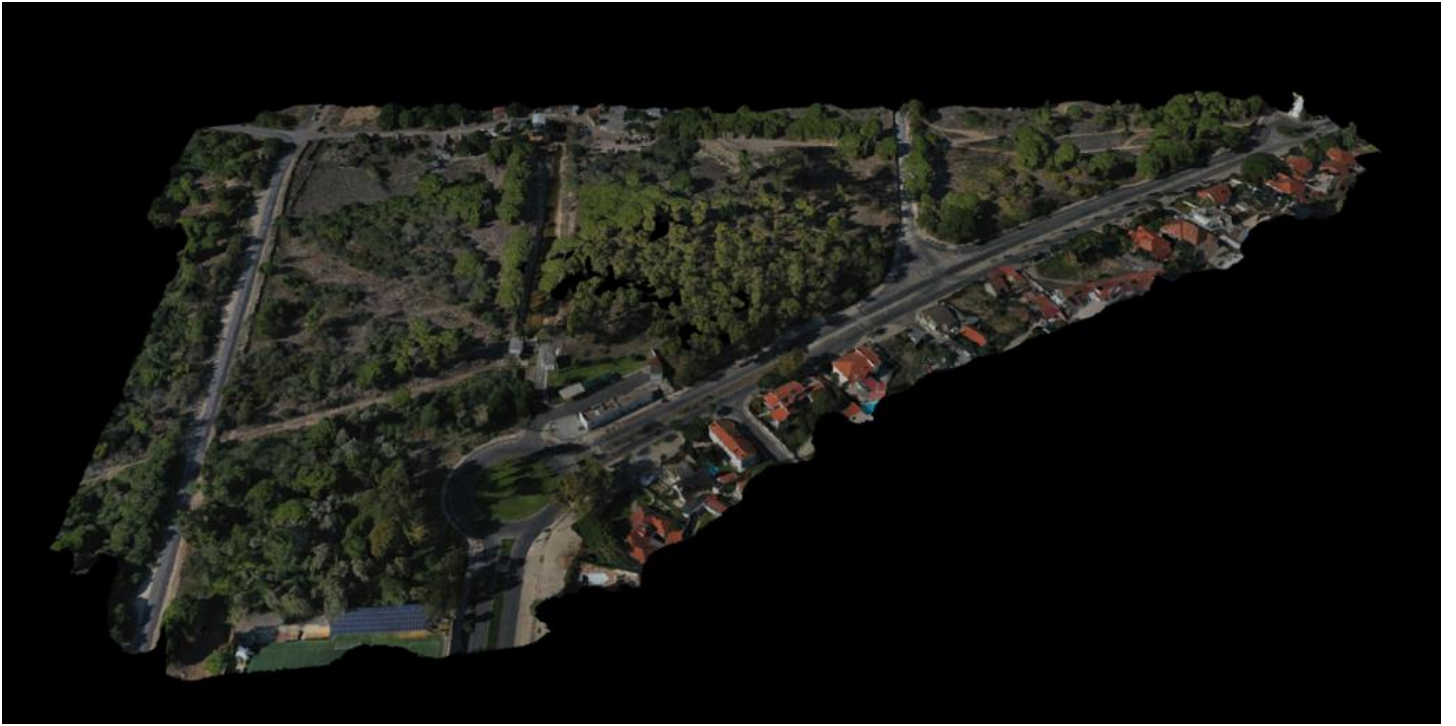


Fig. 65
Modelo tridimensional final
Nuvem de pontos



Fig. 66
Modelo tridimensional
Região aproximada, vala localizada na zona de estudo

6.4 Considerações finais

Constituída maioritariamente por massas arbóreas e estradas, a composição urbana da zona do levantamento influenciou em grande medida a qualidade do modelo gerado. Em situações como copas de árvores, a dificuldade de registar as zonas inferiores (em sombra) produziu algumas lacunas na restituição tridimensional, embora, no geral, a qualidade do modelo se tenha mostrado elevada. Pode-se concluir que o tipo de ambiente da zona de levantamento pode implicar uma maior atenção e algumas estratégias de complementação dos dados obtidos através do registo aéreo automatizado.

O registo complementar de fotografias, através de uma recolha manual de fotografias específicas, tornará a quantidade de dados mais rica e por sua vez o modelo mais completo e pormenorizado, porém, o tempo gasto nesta recolha manual torna o processo menos rápido quando comparado uma recolha totalmente automatizada – realizada unicamente através de uma programação em *software*. No caso de estudo realizado, o levantamento fotográfico foi realizado unicamente através da programação automática da aplicação *DroneDeploy*, excluindo qualquer tipo de levantamento fotográfico aéreo manual. Este método revelou a ausência da restituição de algumas zonas – tais como as zonas inferiores de copas de árvores indicadas anteriormente.

Apesar disto, a rapidez e a riqueza dos modelos criados com base nestas metodologias parecem fazer sentido atendendo ao seu processo rentável onde uma grande quantidade de informação é registada – altimetrias, sombras, cores, texturas, etc.

Atendendo a possibilidade de combinar técnicas de fotogrametria, a fotogrametria terrestre pode tornar-se um complemento útil para a riqueza e detalhe destas restituições tridimensionais. Com o desenvolvimento desta tecnologia, a inteligência artificial poderá ajudar a refinar os processos de fotogrametria aérea. O aumento das capacidades destas aeronaves influenciará diretamente os métodos e processos deste tipo de exercícios, permitindo uma interação maior dos drones com ambientes interiores – auxiliada por sensores e/ou inteligência artificial.

Na etapa de exportação dos mapas e do modelo criado pela aplicação *DroneDeploy*, a variedade de opções revelou uma agilidade na interação entre os ficheiros exportados e outros

software de visualização ou edição destes modelos. Ainda a específica compatibilidade destas restituições tridimensionais com software CAD ou BIM aumenta a prospeção do seu uso nas práticas profissionais de Arquitectura – onde estes dois tipos de *software* são amplamente utilizados.

Na comparação entre os resultados obtidos neste caso de estudo e outras bases de informação geográfica como o *Google Maps*, o modelo criado no caso de estudo revelou uma maior densidade de pontos por unidade (cm/px). Na visualização ortofotomapa, a elevada definição das cores e de elementos como a vegetação tornou o resultado obtido mais completo e atualizado face à data da sua realização. A desvantagem das bases de informação geográfica, como o *Google Maps*, não permitirem a exportação de modelos tridimensionais também tornou o método de fotogrametria utilizado neste caso de estudo mais conveniente – onde a possibilidade de exportar ou analisar *online* todos os dados recolhidos se torna uma das grandes vantagens.

A utilização de um VARP equipado com uma câmara *Hasselblad* de 20 megapixéis aumentou a qualidade final do modelo, ampliando a quantidade de informação registada em cada um dos registos fotográficos. A segurança de todo o processo do registo fotográfico foi ampliada pelos sensores omnidirecionais presentes no corpo do *drone* que analisaram em tempo real os obstáculos imprevistos e a própria estabilidade do *drone*.

Conclusão

Neste estudo, a analogia entre o surgimento dos primeiros veículos aéreos e a transformação do olhar do Arquiteto sobre o território contextualiza o veículo aéreo remotamente pilotado (VARP) como o produto de uma evolução contínua relativa aos veículos aéreos desde o século XIX. Promovendo um enquadramento histórico sobre o posicionamento específico desta tecnologia na área disciplinar da Arquitectura, este trabalho revela os principais pontos onde os veículos aéreos efetivam uma mudança de paradigma, configurando uma transformação da atividade conceptual do arquiteto através de uma circunstância de locomoção e observação aérea.

Como sucessão desta cultura de veículos aéreos, no século XXI, o surgimento do veículo aéreo remotamente pilotado num contexto civil transforma a forma como o espaço aéreo é utilizado. Possibilitando uma transformação dos métodos de trabalho em arquitetura, a tecnologia *drone* torna o arquiteto um agente ativo mais completo e capaz, potenciando as suas capacidades de interpretação do território por via de um ponto de vista aéreo acessível e facilitador.

Podendo assumir-se como parte integrante da metodologia de trabalho em Arquitectura, a utilização de equipamentos como este poderão generalizar-se ainda mais nos próximos anos, assumindo uma importância cada vez maior na secretária de um profissional de arquitetura ou noutras áreas como a Fotografia ou o Cinema.

A rapidez do processo de levantamento aéreo através de fotogrametria é reveladora da elevada eficiência que os drones podem ter no desempenho de tarefas que se poderiam tornar à partida economicamente e temporalmente mais dispendiosas. Configurando um conjunto de possibilidades, a versatilidade e utilidade desta tecnologia é em grande parte promovida pela competência do próprio utilizador – responsável pela forma como utiliza e aplica as capacidades destes equipamentos à sua atuação profissional.

Apesar desta tecnologia se revelar cada vez mais autónoma, no caso da aplicação do VARP à Arquitectura, o Arquitecto continua a assumir-se como principalmente agente, determinando a forma como esta tecnologia é aplicada e a capacidade de adequação desta às diferentes metodologias de projecto. No caso da fotografia aérea de arquitectura, o “olho” do arquitecto ou do fotógrafo de arquitectura torna-se essencial na comunicação fotográfica do projeto ou do contexto que se pretenda retratar – tal como sucede em metodologias de levantamento, onde a identificação de alguns aspetos do local e a sua interpretação se torna imprescindível.

Útil à atividade do arquitecto, toda a tecnologia utilizada nestas aeronaves é complementada pela experiência do utilizador que, antecipando cenários de aplicação desta, torna o seu uso mais adequado e eficaz.

A aparente ausência de contraste entre os registos históricos de representação urbana datados e os levantamentos aéreos realizados por via desta tecnologia emergente pode questionar a verdadeira utilidade destes equipamentos, porém um dos fatores relevantes a considerar é a forma como os processos se transformaram. Hoje, a democratização desta tecnologia revela-a como uma ferramenta exponencialmente mais acessível, promovendo processos de trabalho mais rápidos e com resultados surpreendentes onde o registo e análise de informação útil com um elevado rigor se torna mais fácil de obter, interpretar e comunicar.

A conciliação da liberdade de interpretação com o rigor tecnológico de tecnologias como o VARP pode assumir novas metodologias de trabalho em Arquitectura, desenvolvendo novas formas de conceber e comunicar o projecto. Uma das áreas em maior evidencia neste processo de comunicação de arquitectura por via do VARP é a Fotografia, dando destaque à vista aérea como um dos modos basilares de representação realizada atualmente por estes veículos.

Premiado com um Leão de Ouro em 2018, Eduardo Souto de Moura socorreu-se de duas fotografias aéreas para representar um dos seus projetos de arquitectura localizado no Alentejo – uma fotografia da sua pré-existência e outra do projecto já concluído. A sua premiação refletiu a simplicidade adotada na representação do projecto, cingindo-se ao ponto de vista aéreo como

leitura total do edifício em que interveio¹¹⁰. Souto de Moura afirmou a eficácia da vista aérea na apreensão do seu projeto e do território onde o mesmo se insere – conjugando a simplicidade formal da representação com a apreensão totalizadora do projecto apresentado.

¹¹⁰ SALEMA, Isabel – **Bienal de Veneza atribui Leão de Ouro a Souto de Moura pela radicalidade de um gesto simples**. Veneza: Público, 2018.



Fig. 67
Arq. Eduardo Souto de Moura
2018, Prémio Leão de Ouro

Referências

Secção 1

- AFONSO, Rui; FURTADO, Gonçalo – **Arquitectura: Máquina e Corpo**. Porto: FAUP, 2006. ISBN: 9789729483806.
- AIR, Amazon Prime – **Amazon Prime Air** [Em linha]. [s.l.]: Amazon. [Consult. 15 Junho 2019]. Disponível da internet: <URL:https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011>.
- ALVAREZ, Marcelo P. – **Relevamiento con drones; el caso Real de San Carlos. Drone mapping; case study: Real de San Carlos** [Em linha]. Montevidéo: Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República, 2014. [Consult. 20 Fevereiro 2019]. Disponível na internet: <URL:http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/sigradi2014_271>.
- BARBOSA, Margarida – **As-built building information modeling (BIM) workflows: from point cloud data to BIM**. Lisboa: Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, 2018. Tese de Doutoramento. Disponível na internet: <URL:https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/16380>.
- BLOCK, India – **Mud-spraying drones build prototype for emergency homes** [Em linha]. [s.l.]: DEZEEN, 2018. [Consult. 22 Agosto 2019]. Disponível na internet: <URL:https://www.dezeen.com/2018/10/02/stephanie-chaltiel-mud-shell-southbank-spraying-drones-emergency-homes-architecture-ldf/>.
- BROZDANIC, Lidija – **How Drone Can Be Used in Architecture (And How To Use Them Without Breaking the Law)** [Em linha]. [s.l.]: Archdaily, 2018. [Consult. 02 Março 2019]. Disponível na internet: <URL:https://www.archdaily.com/886743/how-drones-can-be-used-in-architecture-and-how-to-use-them-without-breaking-the-law>.
- CHENG, Nan; XU [et al.] – **Air-Ground Integrated Mobile Edge Networks: Architecture, Challenges and Opportunities** [Em linha]. arXiv, 2018. [Consult. 15 Junho 2019]. Disponível na internet: <URL:https://arxiv.org/pdf/1804.04763.pdf>.
- CORBUSIER, Le – **Aircrafts**. Marseille: Parenthèses, DL 2017 (1ª edição: 1935). ISBN: 9782863643037.

- CORBUDIER, Le – *L'art décoratif d'aujourd'hui*. [s.l.]: [s.n.], 1925. ISBN: 9782081220621.
- CORBUSIER, Le – **Vers une architecture**. 11^a edição. Paris: Crès, 1923. [Consult. 20 Maio 2019]. Disponível na internet: <URL:https://www.mondotheque.be/wiki/images/d/d4/Corbusier_vers_une_architecture.pdf>. ISBN: 9780711228085.
- DAINESE, Elisa – *Le Corbusier, Marcel Griaule, and the Modern Movement: exploring the habitat from the airplane*. **EAEA-11 conference** [Em linha], 2013. [Consult. 18 Janeiro 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://elisadainese.com/wp-content/uploads/2015/11/Dainese-Le-Corbusier-Marcel-Griaule-and-the-Modern-Movement.pdf>>.
- DEAREN, Jason – *Mind-controlled drones race to the future* [Em linha]. Florida: *Herbert Wewtheim College of Engineering*, 2016. [Consult. 24 Agosto 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://www.eng.ufl.edu/newengineer/news/mind-controlled-drones-race-to-the-future/>>.
- Decreto-Lei n.º 58/2018 de 23 de julho de 2018. Diário da República, 1.ª série - N.º 140.
- DERIU, Davide – *The Photogenic City: Aerial Photography and Urban Visions In Europe, 1914-1945*. London: Faculty of the Built Environment University College London, 2004. Tese de Doutoramento. Disponível na internet: <URL:<http://discovery.ucl.ac.uk/1383522/1/407470.pdf>>.
- DETHIER, Jean; GUIHEUX, Alain – *Visiones Urbanas Europa 1870-1993: La ciudad del artista, La ciudad del arquitecto*. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona, Madrid, Electra, 1994. ISBN: 8481560537.
- DJI – *Fly Safe Geozone Map* [Em linha]. [s.l.]: DJI. [Consult. 1 Outubro 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://www.dji.com/pt/flysafe/geo-map>>.
- DJI – *Mavic 2 Enterprise Series* [Em linha]. [s.l.]: DJI, 2018. [Consult. 15 Outubro 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://www.dji.com/pt/mavic-2-enterprise>>.
- DJI SUPPORT – *How to use DJI's Return to Home (RTH) Safely* [Em linha]. [s.l.]: DJI, 2017. [Consult. 15 Outubro 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://store.dji.com/guides/how-to-use-the-djis-return-to-home/>>.

- DroneDeploy: Drone & UAV Mapping Platform** [Em linha]. [s.l.]: Dronedeploy. [Consult. 24 Agosto 2019]. Disponível na internet: <URL: <https://www.dronedeploy.com/>>.
- DroneDeploy – **Pricing and plans** [Em linha]. San Francisco: Dronedeploy. [Consult. 18 Junho 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://www.dronedeploy.com/pricing.html>>.
- ETHERINGTON, Rose – **Flight Assembled Architecture by Gramazio & Kohler and Raffaello d'Andrea** [Em linha]. [s.l.]: DEZEEN, 2011. [Consult. 22 Agosto 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://www.dezeen.com/2011/11/24/flight-assembled-architecture-by-gramazio-kohler-and-raffaello-dandrea/>>.
- FINN, Rachel L.; WRIGHT, David – **Privacy, data protection and ethics for civil drone practice: A survey of industry, regulators and civil society organisations** [Em linha]. London: Trilateral **Research** Ltd, 2016. [Consult. 2 Setembro 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://daneshyari.com/article/preview/467426.pdf>>.
- GIEDION, Siegfried – **Mechanization takes command**. New York: W.W. Norton, 1969. ISBN: 0393004899.
- FLOREANO, Dario; WOOD, Robert J. – *Science, technology and the future of small autonomous drones*. **Nature** [Em linha] – Volume 521, 2015. [Consult. 20 Fevereiro 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://infoscience.epfl.ch/record/208757/files/nature14542.pdf?version=1>>.
- FORTY, Adrian – **Objectos de desejo**. Paris: CosacNaify, 2007. ISBN: 9788575035368.
- GENIN, Soraya [et al.]– **Seminário e Workshop de Fotogrametria e Varrimento Laser**. Lisboa: Instituto Universitário de Lisboa, 11 Dezembro 2018.
- GOMES, Joana – **Do Laser Scan à modelação 3D – Experiências e testemunhos**. Lisboa: Departamento de Arquitectura e Urbanismo do Instituto Universitário de Lisboa, 2018. Dissertação de Mestrado.
- HEATH, Nick – **The long-range drone that can keep up with a car and fly for an hour** [Em linha]. [s.l.]: TechRepublic, 2015. Disponível na internet: <URL:<https://www.techrepublic.com/blog/european-technology/the-long-range-drone-that-can-keep-up-with-a-car-and-fly-for-an-hour/>>.
- HEIDEGGER, Martin – **Serenidade** [Em linha]. Lisboa: Instituto Piaget, 2000 (1ª edição: 1955). ISBN: 972-771-142-1.

- HEIGHT TECH - *Frequently asked questions on drone technology* [Em linha]. [s.l.]: HEIGHT TECH GmbH & Co. KG. [Consult. 12 Março 2019]. Disponível na internet: <URL:<http://heighttech.com/en/faq/>>.
- HERRICK, Shawn – *What's the difference between a drone, UAV and UAS?* [Em linha]. [s.l.]: Botlink, 2017. [Consult. 5 Janeiro 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://botlink.com/blog/whats-the-difference-between-a-drone-uav-and-uas/>>.
- KARP, Michael – *The Different Drone Sizes and Their Uses* [Em linha]. [s.l.]: Droneblog, 2016. [Consult. 5 Junho 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://www.droneblog.com/2016/09/29/the-different-drone-sizes-and-their-uses/>>.
- MATEUS, Luís M. C. – **Contributo para o Projecto de Conservação, Restauro e Reabilitação: Uma Metodologia Documental baseada na Fotogrametria e no Varrimento Laser 3D Terrestres - VOLUME 1.** Lisboa: Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, 2012. Tese de Doutoramento. Disponível na internet: <URL:http://home.fa.utl.pt/~lmmateus/inv_cons/VOLUME_1_web.pdf>.
- MATEUS, Luís M. C. – **Contributo para o Projecto de Conservação, Restauro e Reabilitação: Uma Metodologia Documental baseada na Fotogrametria e no Varrimento Laser 3D Terrestres – VOLUME 2.** Lisboa: Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, 2012. Tese de Doutoramento. Disponível na internet:<URL:http://home.fa.utl.pt/~lmmateus/inv_cons/VOLUME_2_web.pdf>.
- MELÂNEO, Paula – **Ferramentas para a arquitectura na 4.ª revolução industrial** [Em linha]. J–A, nº 259 (2019). [Consult. 1 Agosto 2019]. Disponível na internet: <URL:<http://www.jornalarquitectos.pt/pt/jornal/projeccoes-de-futuro/ferramentas-para-a-arquitectura-na-4-revolucao-industrial>>.
- NELSON, Jake; GORICHANAZ, Tim – *Trust as an ethical value in emerging technology governance: The case of drone regulation* [Em linha]. London: Trilateral Research Ltd, 2016. [Consult. 2 Setembro 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160791X18301854?via%3Dihub>>.
- PINTO, Pedro – **Modelo 3D ajudará a reconstruir a Catedral de Notre Dame de Paris** [Em linha]. [s.l.]: PPLWARE, 2019. [Consult. 26 Agosto 2019]. Disponível na internet: <URL:https://pplware.sapo.pt/informacao/modelo-3d-notre-dame/?fbclid=IwAR3FuDIT-TCQHAZvDu4WMBR3ifPDbccmj1Mk_TokT3io_2HRwtm9F8CaMko>.

- RAO, Bharat; GOPI, Ashwin G.; MAIONE, Romana – *The social impact of commercial drones* [Em linha]. New York: NYU Tandon School of Engineering, 2016. [Consult. 2 Setembro 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://daneshyari.com/article/preview/375153.pdf>>.
- RAWN, Evan – *The Three-Dimensional City: How Drones Will Impact the Future Urban Landscape* [Em linha]. [s.l.]: *Archdaily*, 2015. [Consult. 02 Dezembro 2018]. Disponível na internet: <URL:<https://www.archdaily.com/583398/the-three-dimensional-city-how-drones-will-impact-the-future-urban-landscape/>>.
- ROUSE, Margaret – *drone (UAV)* [Em linha]. [s.l.]: *Techtarget*, 2009. [Consult. 15 Agosto 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/drone/>>.
- SALEMA, Isabel – **Bienal de Veneza atribui Leão de Ouro a Souto de Moura pela radicalidade de um gesto simples** [Em linha]. Veneza: Público, 2018. [Consult. 20 Maio 2019]. Disponível na internet: <URL:https://www.publico.pt/2018/05/26/culturaipsilon/noticia/bienal-de-veneza-atribui-leao-de-ouro-a-souto-de-moura-1832236?fbclid=IwAR08jESOHaiNn_fhIiinVBQ_B16hI1lwIBCfE0atAmwAalpGO43uF2DguSg>.
- SALVINI, Pericle – *Urban robotics: Towards responsible innovations for our cities* [Em linha]. Pisa: The BioBiotics Institute, Scuola Superiore Sant’Anna, 2017. [Consult. 2 Setembro 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://www.sciencedirect.com/sdfe/pdf/download/eid/1-s2.0-S0921889016303505/first-page-pdf>>.
- SILVA, Nuno P. – **A construção robotizada em Arquitectura**. Lisboa: Departamento de Arquitectura e Urbanismo do Instituto Universitário de Lisboa, 2018. Dissertação de Mestrado.
- SOLLAZZO, Aldo; TRENTO, Armando; BASETA, Efilena – *Machinic Agency: Implementing aerial robotics and machine learning to map public space* [Em linha]. eCAADe 35 – Space performance – Volume 2, 2017. [Consult. 22 Fevereiro 2018]. Disponível na internet: URL:http://papers.cumincad.org/data/works/att/ecaade2017_202>.
- STEWART, Will – *Russia has turned its T-90 tank into a robot – and plans to hire gamers to fight future wars* [Em linha]. Moscow: *Dailymail*, 2015. [Consult. 5 Janeiro 2019].

Disponível na internet: <URL:<http://www.dailymail.co.uk/news/article-3271094/Russia-turned-T-90-tank-robot-plans-hire-gamers-fight-future-wars.html>>.

TAYLOR-FOSTER, James – *The Power Of The Plan: Drones And Architectural Photography* [Em linha]. [s.l.]: *Archdaily*, 2015. [Consult. 02 Dezembro 2018]. Disponível na internet: <URL:<https://www.archdaily.com/591341/the-power-of-the-plan-drones-and-architectural-photography/>>.

TECH, Canal: **Drone mais rápido do mundo alcança velocidade surpreendente** [Em linha]. [s.l.]: Canaltech, 2017. [Consult. 15 Junho 2019]. Disponível da internet: <URL:<https://canaltech.com.br/drones/drone-mais-rapido-do-mundo-alcanca-velocidade-surpreendente-97310/>>.

TEYSSOT, Georges – *The mutante Body of architecture*. Em DILLER, Elisabeth; SCOFIDIO, Flesh – *Architectural Probes*, Princeton Architectural Press, 1994.

TUCKER, Emma – *Carlo Ratti designs graffiti-painting drones to safely make multistorey artworks* [Em linha]. [s.l.]: DEZEEN, 2017. [Consult. 22 Agosto 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://www.dezeen.com/2017/05/15/carlo-ratti-graffiti-painting-drones-multistorey-artworks-design-products-technology-robots/>>.

U.S. AIR FORCE – **MQ-9 Reaper** [Em linha]. [s.l.]: U.S. Air Force, 2015. [Consult. 17 Janeiro 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104470/mq-9-reaper/>>.

Worten Online – **Drones** [Em linha]. [s.l.]: Worten. [Consult. 24 Julho 2019]. Disponível na internet:<URL:<https://www.worten.pt/search?sortBy=relevance&hitsPerPage=24&page=1&query=Drones>>.

Secção 2 - vídeos

Power of ten's [Registo vídeo]. Realização de Ray Eames e Charles Eames, 1977. Canal de Youtube: Eames Office, 2010. (9 min.). [Consult. 10 Novembro 2018]. Disponível na internet: <URL:<https://www.youtube.com/watch?v=0fKBhvDjuy0>>.

BIG's proposal for the Audi Urban Future Awar [Registo vídeo]. Realização de Stu Philips e Glen Larson. Canal de Youtube: Archdaily, 2018. (1 min., 16 seg.). [Consult. 10 Novembro 2018]. Disponível na internet: <URL:<https://www.youtube.com/watch?v=PvV4FdHThbg>>.

- Meet the DJI Smart Controller*** [Registo vídeo]. Canal de Youtube: DJI, 2019. (1 min., 7 seg.). [Consult. 10 Novembro 2018]. Disponível na internet: <URL:<https://www.youtube.com/watch?v=x4Y2zVscTq4>>.
- DJI FlySafe - AeroScope: Orchestrating the Sky*** [Registo vídeo]. Canal de Youtube: DJI, 2018. (2 min., 50 seg.). [Consult. 10 Novembro 2018]. Disponível na internet: <URL:<https://www.youtube.com/watch?v=aYp9UrY75EI>>.
- DJI – Introducing DJI Government Edition*** [Registo vídeo]. Canal de Youtube: DJI, 2019. (2 min., 40 seg.). [Consult. 10 Novembro 2018]. Disponível na internet: <URL:https://www.youtube.com/watch?v=6HZwQ2vt_38>.
- Elevation documentary: how drones will change cities*** [Registo vídeo]. Canal de Youtube: Dezeen, 2018. (17 min., 43 seg.). [Consult. 10 Novembro 2018]. Disponível na internet <URL:<https://www.youtube.com/watch?v=Z0osJnSWxt8>>.
- DJI - Spark - Possibilities*** [Registo vídeo]. Canal de Youtube: DJI, 2017. (2 min., 57 seg.). [Consult. 01 Agosto 2018]. Disponível na internet <URL:https://www.youtube.com/watch?v=a_KVQAcMZc4>.
- DJI MG-1P – Agricultural Spraying Drone*** [Registo vídeo]. Canal de Youtube: DJI, 2017. (3 min., 52 seg.). [Consult. 10 Novembro 2018]. Disponível na internet: <URL:https://www.youtube.com/watch?v=IH_kGijV8so>.
- DJI - Introducing the DJI Digital FPV System*** [Registo vídeo]. Canal de Youtube: DJI, 2017. (3 min., 2 seg.). [Consult. 01 Agosto 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://www.youtube.com/watch?v=PKggf17m4SE>>.
- DJI – Introducing the Zenmuse XT2*** [Registo vídeo]. Canal de Youtube: DJI, 2018. (4 min., 18 seg.). [Consult. 01 Agosto 2019]. Disponível na internet: <URL:https://www.youtube.com/watch?v=JOWgSrQXY_E>.
- Laser Scanning Reveals Cathedral's Mysteries | National Geographic*** [Registo vídeo]. Canal de Youtube: *National Geographic*, 2015. (4 min., 10 seg.). [Consult. 01 Agosto 2019]. Disponível na internet: <URL:<https://www.youtube.com/watch?v=jAi29udFMKw>>.

Índice de figuras

- Fig. 1** – Leonardo da Vinci 1488, "Flying Machine" P. 62
(<https://www.leonardodavinci.net/images/drawings/design-for-a-flying-machine.jpg>)
- Fig. 2** – Leonardo da Vinci Auto-retrato P. 63
CORBUSIER, Le – Aircrafts. Marseille: Parenthèses, DL 2017 (1ª edição: 1935). ISBN: 9782863643037. Ilustração 67
- Fig. 3, 4 e 5** – Flying Machine Models 1842, 1848, 1896. P. 63
Idem, ibidem. Ilustração 69, 70, 71.
- Fig. 6** – Irmãos Montgolfier 1783, 1º balão de ar quente P. 64
(<http://en.chateauversailles.fr/discover/history/key-dates/first-hot-air-balloon-flight>)
- Fig. 7** – Gaspard-Félix Tourmachon 1868, fotografias aéreas de Paris P.65
(http://www.all-art.org/history658_photography6.html)
- Fig. 8** – Gaspard-Félix Tourmachon À esquerda – autorretrato; À direita ... P.65
(<https://www.flickr.com/photos/32357038@N08/27874233021>)
(<https://flashbak.com/fabulous-19th-century-photographer-felix-nadar-reveals-how-to-be-brilliant-and-make-money-from-art-368313/>)
- Fig. 9** – Otto Lillienthal 1889, desenho de estudo P.66
LILLIENTHAL, Otto – Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst. Berlin: [s.n.],1889. Disponível na internet:<URL: https://www.zobodat.at/pdf/MON-V-AVES_0038_0001-0187.pdf>. P. 228
- Fig. 10 e 11** – Santos Dumont “14 Bis” P.67
(<https://acervo.oglobo.globo.com/incoming/19213041-144-f73/materia/20160502-154419.jpg>)
(https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Voo_do_14_bis.jpg>.
- Fig. 12 e 13** – Irmãos Wright “Flyer III” P.67
(http://www.wright-brothers.org/Information_Desk/Just_the_Facts/Airplanes/Flyer_III.htm)
(<https://lasercutkits.com.au/product/wright-flyer-iii-112-plans-gm/>)

- Fig. 14** – Walter Hahn 1945, "Después del bombardeo (...)" P.69
 DETHIER, Jean; GUIHEUX, Alain – Visiones Urbanas Europa 1870-1993: La ciudad del artista, La ciudad del arquitecto. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona, Madrid, Electra, 1994. ISBN: 8481560537. P. 273
- Fig. 15** – Reggie Speller 1940, "(...) bombardeos de Londres" P.70
 Idem, ibidem. P. 272
- Fig. 16** – Le Corbusier 1929, "Two sketches made during a flight (...)" P.72
 CORBUSIER, Le – Aircrafts. Marseille: Parenthèses, DL 2017 (1ª edição: 1935). ISBN: 9782863643037. Ilustração 112
- Fig. 17** – "Rio de Janeiro" P.72
 Idem, ibidem. Ilustração 111
- Fig. 18** – Le Corbusier 1936, Rio de Janeiro, perspectiva P.73
 DETHIER, Jean; GUIHEUX, Alain – Visiones Urbanas Europa 1870-1993: La ciudad del artista, La ciudad del arquitecto. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona, Madrid, Electra, 1994. ISBN: 8481560537. P. 292
- Fig. 19** – (à direita) Le Corbuser 1929, Buenos Aires P.73
 Idem, ibidem. P. 292
- Fig. 20** – Le Corbusier 1933, Argel, "el plan Obus" P.73
 Idem, ibidem. P. 296
- Fig. 21** – "Italian Airplanes Tracing Smoke Rings" P.74
 CORBUSIER, Le – Aircrafts. Marseille: Parenthèses, DL 2017 (1ª edição: 1935). ISBN: 9782863643037. Ilustração 83
- Fig. 22** – "Vertical View of the Lake of Ôo (French Pyrenees)" P.75
 Idem, ibidem. Ilustração 117
- Fig. 23** – Le Corbusier Esboço P.75
 Idem, ibidem. Ilustração 116
- Fig. 24** – Pablo Picasso 1937, estudo preparatório para Guernica P.78
 DETHIER, Jean; GUIHEUX, Alain – Visiones Urbanas Europa 1870-1993: La ciudad del artista, La ciudad del arquitecto. Barcelona: Centre

- de Cultura Contemporània de Barcelona, Madrid, Electra, 1994. ISBN: 8481560537. P. 274
- Fig. 25** – "Demolition in the Boulevard Haussmann after the War" P.78
CORBUSIER, Le – Aircrafts. Marseille: Parenthèses, DL 2017 (1ª edição: 1935). ISBN: 9782863643037. Ilustração 108
- Fig. 26** – Giambattista Noli 1748, Mapa iconográfico de Roma P.80
([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Giovanni_Battista_Nolli-Nuova_Pianta_di_Roma_\(1748\)_01-12_cropped.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Giovanni_Battista_Nolli-Nuova_Pianta_di_Roma_(1748)_01-12_cropped.jpg))
- Fig. 27** – Capitán Alfred Buckman 1926, "The Heart of The Empire" P.81
DETHIER, Jean; GUIHEUX, Alain – Visiones Urbanas Europa 1870-1993: La ciudade del artista, La ciudade del arquitecto. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona, Madrid, Electra, 1994. ISBN: 8481560537. P. 108
- Fig. 28** – Tullio Crali 1939, "En piqué sur la ville" P.82
Idem, ibidem. 274
- Fig. 29** – Marcel Lods 1934, "Cité de la Muette (...)" P.83
Idem, ibidem. 325
- Fig. 30** – Mino Rosso 1939, "Il Paese degli aviatori", bronze P.83
Idem, ibidem. 208
- Fig. 31** – Irmãos Eames 1977, "Power of ten's" P.85
(<https://medium.com/@barryvacker/powers-of-ten-honoring-the-40th-anniversary-of-the-existential-masterpiece-5c5affa46249>)
- Fig. 32** – @Luvasslevitan 2019, ilustração, "Fun way of feeding" P.92
(https://www.instagram.com/p/BsaZ_0tHI9L/?igshid=ct1ejq7zydec)
- Fig. 33** – Drones P.98
(<https://cnnespanol.cnn.com/2013/12/17/opinion-cuando-tendre-mi-drone-personal/>)
- Fig. 34** – MQ-9 Reaper Drone militar de asa fixa P.103
(<https://thedefensepost.com/2019/03/22/netherlands-general-atomics-mq-9-reaper-drone-123-million/>)
- Fig. 35** – Matrice 600 Pro Drone profissional de asa giratória P.105

	(https://www.dji.com/pt/matrice600-pro)	
Fig. 36	– Mavic 2 Pro Sensores omnidirecionais (https://www.youtube.com/watch?v=7SembcsxrQw)	P.109
Fig. 37	– “Collision-free navigation” Reconhecimento de obstáculo Idem, Ibidem.	P.110
Fig. 38	– “Follow me” Identificação e perseguição de um objecto Idem, Ibidem.	P.110
Fig. 39 e 40	– Mavic 2 Enterprise Dual Câmara termográfica (https://www.dji.com/pt/mavic-2-enterprise)	P.111
Fig. 41	– Aplicação “DJI GO 4” Interface Idem, Ibidem.	P.111
Fig. 42	– Fly Safe DJI, “Geo zone map” Lisboa, Portugal (https://www.dji.com/pt/flysafe/geo-map)	P.113
Fig. 43 e 44	– Havilland DH82B ... 1935, 1º drone (https://hushkit.net/2013/10/01/ka-boom-a-gallery-of-target-drones/de-havilland-dh82b-queen-bee/) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Winston_Churchill_and_the_Secretary_of_State_for_War_waiting_to_see_the_launch_of_a_de_Havilland_Queen_Bee_radio-controlled_target_drone,_6_June_1941._H10307.jpg)	P.116
Fig. 45	– Amazon prime air Drone de entregas (https://eforum.es/news/drones-amazon-pierden-control-desintegraran/)	P.118
Fig. 46	– DJI MG-1P “Agricultural Spraying” (https://sprayers101.com/challenges-drone/)	P.120
Fig. 47	– DJI MG-1P (2) Idem, Ibidem.	P.120
Fig. 48 e 49	– ETH Zurich [et.al.] 2012, experiência de empilhamento ... (http://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/projekte/209.html)	P.125
Fig. 50	– Gramazio Kohler Research 2015, estrutura leve de fios	P.125

- (<http://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/forschung/240.html>)
- Fig. 51** – (c) Fernando Guerra China, arq. Siza Vieira P.127
(<https://www.archdaily.com.br/br/762431/o-poder-da-vista-aerea-drones-e-a-fotografia-de-arquitetura>)
- Fig. 52** – (c) João Morgado Porto, Casa de Chá, arq. Siza Vieira P.128
Idem, Ibidem.
- Fig. 53** – (c) Fernando Guerra Monsaraz, arq. Aires Mateus P.128
Idem, Ibidem.
- Fig. 54** – Pilotagem drone Flórida, estímulos cerebrais P.155
(<https://www.sagaratechnology.com/blog/2016/04/29/mind-controlled-drone-racing/>)
- Fig. 55** – Drone Invasão? P.157
(<https://makeamericathebest.com/2017/02/27/happy-drone-at-your-window-not-looking-for-anything-in-particular/>)
- Fig. 56** – Segurança Espaço aéreo, drone e avião P.163
(<https://www.dailyecho.co.uk/news/17313480.gatwick-airport-runway-reopens-after-drone-drama-say-airlines/>)
- Fig. 57** – Ataque Disparo militar de um drone P.164
(http://www.military-today.com/aircraft/mq9_reaper.htm)
- Fig. 58** – Mavic 2 Pro Drone utilizado no caso de estudo P.167
(<https://www.pcmag.com/review/365058/dji-mavic-2-pro>)
- Fig. 59** – DJI, "Geo zone map" Zona do caso de estudo, ... P.169
(<https://www.dji.com/pt/flysafe/geo-map>)
- Fig. 60** – Mapeamento Geolocalizações dos registos fotográficos (pontos azuis) P.169
Imagem produzidas pelo autor.
- Fig. 61** – Mapas Camadas de análise P.171
Imagem produzidas pelo autor.
- Fig. 62** – Mapa Ortofotomapa P.172
Idem, Ibidem.

Fig. 63 – Mapa Qualidade dos solos ("plant health")	P.173
Idem, Ibidem.	
Fig. 64 – Mapa Elevações/altimetrias ("elevation")	P.173
Idem, Ibidem.	
Fig. 65 – Modelo tridimensional final Nuvem de pontos	P.174
Idem, Ibidem.	
Fig. 66 – Modelo tridimensional Região aproximada, ...	P.175
Idem, Ibidem.	
Fig. 67 – Arq. Eduardo Souto de Moura 2018, Prémio Leão de Ouro	P.181
(https://www.artribune.com/progettazione/architettura/2018/05/biennale-architettura-venezia-freespace-leoni-oro-souto-de-moura-svizzera/attachment/fg_a_90_souto-moura_3759-1/)	